

# DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA REPRODUÇÃO DE MENSAGENS SONORAS

Antônio H. Souza<sup>1</sup>, Daniel L. Sebben<sup>1,2</sup>, Fábio R. D. L. Rocha<sup>1</sup>, Guilherme M. Zilli<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Departamento de Engenharia Elétrica, Campus universitário – Joinville – SC

<sup>2</sup> Grupo PET Engenharia Elétrica

heron@udesc.br, daniel.sebben@gmail.com, fabio.rocha@gmail.com,  
guilherme\_zilli@hotmail.com

**Resumo.** Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma tecnologia assistiva para uso por deficientes visuais. O sistema desenvolvido faz a interface entre um eletrodoméstico e o usuário do equipamento, facilitando assim sua operação por pessoas com alguma deficiência visual. Apresentamos um protótipo de um sistema embarcado para emissão de mensagens de áudio composto por um microcontrolador ARM7 e um codec de áudio PCM3060.

**Palavras-chave:** Tecnologia Assistiva, Sistema Embarcado, Síntese de Áudio.

## 1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho apresenta-se um protótipo de uma tecnologia assistiva voltada para pessoas com algum tipo de deficiência visual. O protótipo em questão é capaz de emitir mensagens de áudio em resposta a eventos num sistema de controle de um eletrodoméstico, tais como informar o *status* corrente de funcionamento de uma máquina de lavar, confirmação de comandos, etc.

O protótipo foi criado no âmbito de um projeto de automação de eletrodomésticos que, dentre outras funções detecta a cor da roupa inserida numa máquina de lavar e emite mensagens para guiar o uso do eletrodoméstico por portadores de necessidades especiais. Com esta tecnologia,

pretende-se melhorar a qualidade de vida e facilitar a inclusão social deste público alvo.

Além de representar um fator facilitador das tarefas cotidianas por portadores de necessidades especiais, esta tecnologia também representa um diferencial qualitativo em eletrônica de consumo. Por estas razões, vem sendo tema de pesquisas e desenvolvimento tecnológico.

O restante deste artigo está dividido da seguinte maneira: Seção 2 apresenta o aspecto de áudio do protótipo com alguns conceitos e fundamentos necessários para a compreensão dos métodos utilizados no processamento de áudio e ainda a descrição dos estágios de captura, conversão e reprodução do mesmo. Seção 3 apresenta a captura de áudio e desenvolvimento de um *software* para tratar o sinal de áudio. Seção 4 apresenta o sistema embarcado desenvolvido. Seção 5 apresenta alguns testes realizados e finalmente a seção 6 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

## 2. PROCESSAMENTO DE ÁUDIO

O processo de captura de áudio inicia com a transdução do sinal mecânico (gerado, por exemplo, pela vibração das cordas vocais) em um sinal elétrico. Este sinal apresenta-se na forma de uma onda analógica, com valores de tensão que variam de acordo com a intensidade e frequência do sinal de áudio.

Para utilizar este sinal em dispositivos eletrônicos digitais é necessário digitalizar o sinal. O processo de digitalização consiste basicamente em duas etapas principais: amostragem e quantização

## 2.1 Amostragem

A amostragem consiste na leitura periódica dos valores da amplitude de um sinal analógico em intervalos regulares de tempo. Denomina-se taxa de amostragem o número de amostras capturadas durante um determinado intervalo de tempo.

Para que um sinal possa ser reproduzido corretamente é necessário que o mesmo seja amostrado a uma frequência ao menos duas vezes maior que a maior frequência do sinal original. [1]

## 2.2 Quantização

Os valores obtidos no processo de amostragem ainda são valores analógicos. A conversão destes valores em valores digitais é feita através da quantização que faz uso de um conversor analógico/digital. O conversor A/D “aproxima a amplitude do sinal de entrada para um número inteiro” [2].

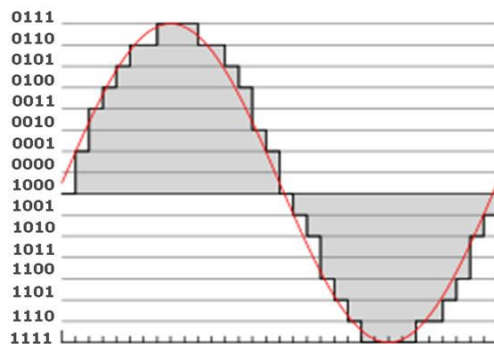


Figura 1 - Exemplo de quantização

O resultado desta quantização é uma seqüência de palavras binárias que informam a amplitude e magnitude do sinal digitalizado. Essa representação também é conhecida como PCM (Modulação por Código de Pulsos).

## 3. CAPTURA E TRATAMENTO DE ÁUDIO

A captura amostras de áudio é realizada através de um computador *desktop* com placa de áudio e do software LabVIEW®. Estes dados são tratados no computador antes de serem armazenados num microcontrolador ARM. Após este armazenamento de dados iniciais, o microcontrolador ARM executa independentemente do computador. O microcontrolador comunica-se com um dispositivo *codec* (PCM3060) que realiza a conversão digital/analógico. Após esta conversão, o sinal analógico passa por uma etapa de filtragem e amplificação antes de ser emitido (Fig. 2).

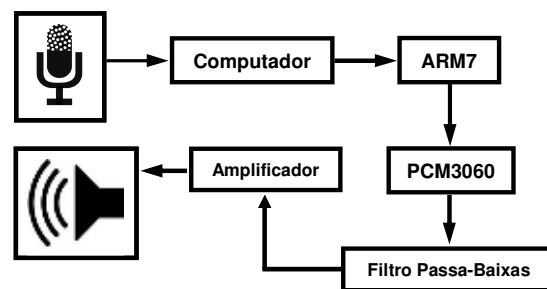


Figura 2 - Diagrama de blocos do sistema

O *software* desenvolvido em LabVIEW® (Figs. 3 e 4) é responsável pela captura e digitalização do sinal proveniente de um microfone conectado a placa de áudio. O sinal de áudio é amostrado com frequência de amostragem de 16 kHz (gerando 16 mil amostras compostas de 16 bits cada).

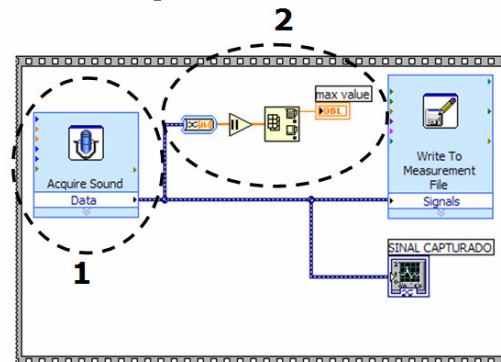


Figura 3 - Interface desenvolvida em LabVIEW®

Em (1), o sinal de áudio é capturado e amostrado com a frequência definida. Nesta etapa os valores amostrados são números reais com amplitudes entre -1 e 1 Volts.

Em (2), o programa faz uma análise e encontra o maior valor de amplitude existente na amostra. Este valor é armazenado e utilizado posteriormente para normalizar os valores das amostras, considerando o intervalo desejado.

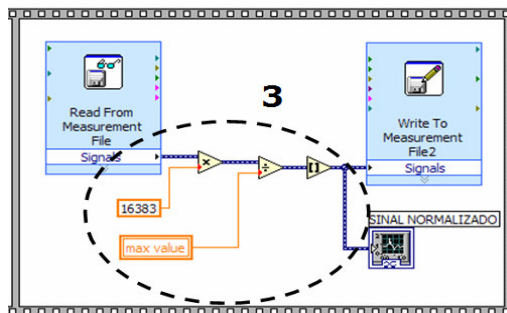


Figura 4 - Interface desenvolvida em LabVIEW®

Em (3) ocorre a normalização. Os valores são ajustados e arredondados, para pertencerem a resolução escolhida. Esta normalização é feita para enquadrar os valores na resolução da comunicação I<sup>2</sup>S (*Integrated Interchip Sound*) do *codec* de áudio PCM3060.

Nas Figs. 5 e 6 pode-se perceber o efeito da digitalização e normalização. A Fig. 5 apresenta a evolução no tempo do sinal captado pelo microfone ao pronunciarmos a palavra “azul”.

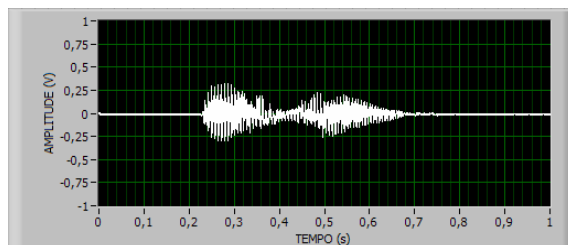


Figura 5 - Gráfico do sinal capturado pela placa de som.

Os valores resultantes da digitalização e normalização são armazenados em um arquivo de texto.

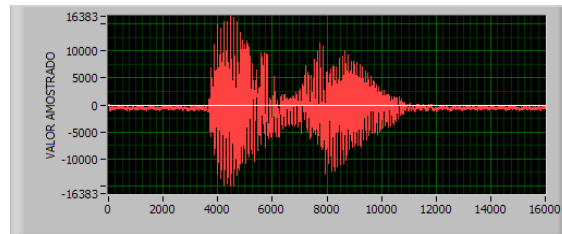


Figura 6 - Gráfico do sinal normalizado.

Em seguida, um outro programa, desenvolvido em linguagem C, converte o arquivo de texto contendo os valores das amostras de áudio em um arquivo de cabeçalho (C *header*) com inicialização estática de um vetor em C.

#### 4. SISTEMA EMBARCADO

O microcontrolador ST711FR0 ARM7, utilizado no desenvolvimento do protótipo é um microcontrolador RISC de 32 *bits*, com 256KiB de memória FLASH e 10 interfaces de comunicação, sendo duas SPI's. Nesta memória FLASH será armazenado o código que o microcontrolador deve executar, além das mensagens a emitir.

Para a reprodução do áudio através do microcontrolador, desenvolveu-se um algoritmo que lê sequencialmente, os valores armazenados em vetores estáticos na memória FLASH e os envia para o *codec* através do protocolo de comunicação I<sup>2</sup>S. O I<sup>2</sup>S é um protocolo padrão de comunicação entre dispositivos digitais de áudio, sendo o mais utilizado para a transmissão de sinais no formato PCM. O barramento de comunicação é constituído por três vias: *clock*, seleção de canal (*left/right*) e dados.

Como o microcontrolador ST711FR0 não possui periférico específico para comunicação I<sup>2</sup>S, adaptou-se o protocolo SPI disponível para transmitir dados em I<sup>2</sup>S.

A conversão do sinal digital novamente em um sinal de áudio foi realizada pelo *codec* PCM3060. Este dispositivo possui dois modos de operação: modo por *software* e por *hardware*. No modo *software*, o dispositivo é completamente configurado através do envio de comandos por protocolos seriais: SPI ou I<sup>2</sup>C. Neste modo

de funcionamento o dispositivo permite que sejam modificadas dinamicamente a taxa de amostragem de dados, quantidade de canais utilizados e quantidade de bits por amostra.

No modo *Hardware*, o dispositivo não pode ser configurado com tantos detalhes, mas permite que através da simples ligação dos pinos do *codec* em determinados valores lógicos este funcione com uma determinada configuração fixa. Em ambos os casos (*software/hardware*), o sinal de dados deve ser enviado do microcontrolador para o *codec* utilizando o protocolo *I<sup>2</sup>S*.

Em nossa implementação, foi utilizado o modo *hardware* por ser mais simples. Neste modo, o sinal de áudio precisa ser enviado respeitando a temporização do *clock* aplicado que no caso do sistema desenvolvido foi fixado em 1MHz (taxa de envio de bits de cada amostra de áudio).

Tendo novamente o sinal analógico, aplica-se um filtro passa-baixas para eliminar possíveis ruídos provenientes da conversão D/A. Finalmente o sinal é amplificado e segue para um alto-falante.

## 5 TESTES

Na etapa de testes verificou-se o correto funcionamento do sistema para algumas mensagens no quesito qualidade de áudio.

Nesta etapa também ficou aparente que o sistema é incapaz de armazenar mensagens longas ou mesmo uma grande quantidade de mensagens de áudio, visto que cada segundo das mensagens ocupa aproximadamente 32KiB de memória FLASH (2 *bytes* por amostra e 16 mil amostras por segundo). Sendo assim, optamos por utilizar uma memória FLASH externa AT45DB041B para armazenar as mensagens de áudio.

A memória AT45DB041B é um dispositivo SPI, assim, a interface entre a memória e o microcontrolador é simples. Com esta memória de 512KiB, pode-se expandir a capacidade de armazenamento para mais de 16 segundos de áudio.

Outra abordagem promissora seria utilizar algoritmos de compactação de áudio

para permitir mensagens maiores na memória. Porém, além de mais complexa no aspecto de software esta abordagem pode causar problemas na temporização do envio de dados para o *codec*, pois os dados precisariam ser descompactados da memória antes transmiti-los para o *codec*.

## 6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste artigo apresentamos um projeto de tecnologia assistiva para auxiliar pessoas com algum tipo de deficiência visual visando a melhoria da qualidade de vida e melhor integração à sociedade. Foi apresentada uma implementação, na forma de um sistema embarcado que é capaz de emitir mensagens de áudio em resposta a eventos ocorridos num eletrodoméstico.

Como trabalho futuro, deseja-se aumentar a quantidade de mensagens que podem ser armazenadas no dispositivo eletrônico e integrar este módulo de áudio com um outro módulo já desenvolvido que faz a identificação visual de cores das roupas colocadas numa lavadora de roupas.

## REFERÊNCIAS

- [1] J. G. Proakis e D. G. Manolakis, Digital Signal Processing, Principles, Algorithms and Applications, Pearson Education, 2007, p.28
- [2] H. C. Yehia e M. N. Vieira, "Processamento Digital de Sinais em Engenharia de Áudio," Primeiro Seminário Brasileiro de Engenharia de Áudio, 2002. Belo Horizonte
- [3] Texas Instruments (2008). PCM3060 *datasheet*, <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/pcm3060.html>
- [4] STMicroelectronics (2008). STR71xF *datasheet* <http://www.st.com/stonline/products/literature/rm/13691.htm>