

DOMÓTICA VIA DISPOSITIVOS MÓVEIS COM ARDUINO

Paulo Marcos Trentin*
Herculano Haymussi de Biasi**

Resumo

O presente trabalho apresenta um sistema domótico básico, baseado na plataforma Arduino. Com essa tecnologia, podem-se desenvolver soluções de baixo custo, de fácil adaptação e de excelente relação custo-benefício. Além disso, todo o produto gerado é open source hardware, permitindo que qualquer um com interesse possa adaptá-lo à sua necessidade e melhorá-lo, contribuindo para seu amadurecimento. A interação com o usuário é feita através da Internet via Web, ou pela rede pública de telefonia comutada, utilizando-se processamento digital de sinal com o algoritmo de Goertzel, para decodificar os sinais Dual-Tone Multi-Frequency (DTMF) gerados pelo telefone. Ao final, é apresentado um circuito elétrico (produto final), o qual poderá ser utilizado para aplicações em ambientes reais.

Palavras-chave: Domótica. Arduino. Dual Tone Multi-Frequency. Public Switched Telephone Network. Goertzel.

1 INTRODUÇÃO

A domótica, união do latim *domus*, que significa casa, e de robótica, permite a usuários controlar remotamente as suas casas, como fechar janelas, alterar a temperatura do ar condicionado dependendo da hora do dia, ligar e desligar luzes, abrir e fechar portões, entre outras possibilidades. Ela pode ser usada, por exemplo, por pessoas com necessidades especiais, que, por meio do acesso a um controle, podem exercer muitas das tarefas cotidianas de controle da casa. Seu funcionamento consiste em um ponto de controle central, que identifica comandos e aciona determinados dispositivos.

É possível programar determinadas tarefas, como travamento automático de portas e janelas, irrigação de jardim e acionamento de alarme. Casas dotadas de sistemas como estes são conhecidas como casas inteligentes. O custo de implementação de soluções atuais em domótica é demasiado alto, tornando essa prática viável para somente um número seletivo de pessoas. O controle de equipamentos simples, como os citados, pode ser feito de maneira simples e com custo reduzido.

O controle remoto para algum dispositivo deve ser feito de maneira simples, permitindo que qualquer usuário interaja facilmente com o sistema funcional, garantindo controle e segurança do que se está fazendo, além de garantir a preservação da identidade do agente acionador. Tal aparato deve se fazer presente em situações em que não é possível ter acesso ao dispositivo, seja por motivo de localização geográfica seja em decorrência de algum imprevisto.

A maioria dos dispositivos eletrônicos convencionais usados em casas e prédios não permite um controle personalizado e remoto, o que pode limitar suas funções e reduzir a comodidade do usuário. A exemplo disso, temos alarmes e portas e portões eletrônicos que são acionados apenas com a presença do usuário tendo em mãos o respectivo controle. Em casos de ausência de tal controle, fica restrita a possibilidade de interação com esses dispositivos, visto que eles não apresentam um segundo método de acionamento.

Atualmente, existem muitos meios de comunicação a distância, cabeados ou não, mas a telefonia foi a primeira tecnologia a permitir a comunicação de voz entre seres humanos através de sinais elétricos. Portanto, ela é o meio de comunicação mais difundido e com maior número de usuários. Uma vez tendo uma rede de telefonia instalada, ela pode ser usada para a comunicação entre o controle e o dispositivo a ser acionado.

O sistema de controle remoto dos dispositivos deve ser instalado de forma não invasiva, ou seja, deve funcionar de forma a permitir que a atual infraestrutura de telefonia, na qual o sistema será instalado, permaneça funcional, não havendo necessidade de adquirir uma nova linha de telefone para poder usá-lo. Ele deve ser capaz de criar uma interface entre o usuário que originou a chamada e os dispositivos físicos a serem controlados.

* Graduando do Curso de Ciência da Computação da Universidade do Oeste de Santa Catarina de Videira; paulo@paulotrentin.com.br

** Professor do Curso de Ciência da Computação da Universidade do Oeste de Santa Catarina de Videira; herculano.debiasi@unoesc.edu.br

Esse sistema utilizará dois módulos principais: um de processamento e outro de controle. Ambos são circuitos eletrônicos dotados de uma camada de *software* que permite programá-los de acordo com as necessidades. Eles compõem o sistema a ser desenvolvido. O primeiro módulo é responsável pela recepção da chamada, identificação de códigos digitados pelo usuário e tomadas de decisão.

Esse módulo também deve ser capaz de receber comando através de um navegador *Web* disponível na maioria dos dispositivos móveis. O segundo módulo é responsável pelo acionamento de dispositivos a serem controlados, como lâmpadas, portões e sistema de segurança. Ele é conectado ao primeiro por meio de uma rede ethernet, possibilitando que seja instalado em qualquer local da casa, além do mais, a rede pode ser facilmente estendida por meio de pontos de acesso sem fio, não havendo, nesse caso, necessidade de cabos entre o primeiro e o segundo módulo. O sistema permitirá vários módulos acionadores para um módulo controlador, garantindo, assim, maior flexibilidade na instalação de acordo com cada caso.

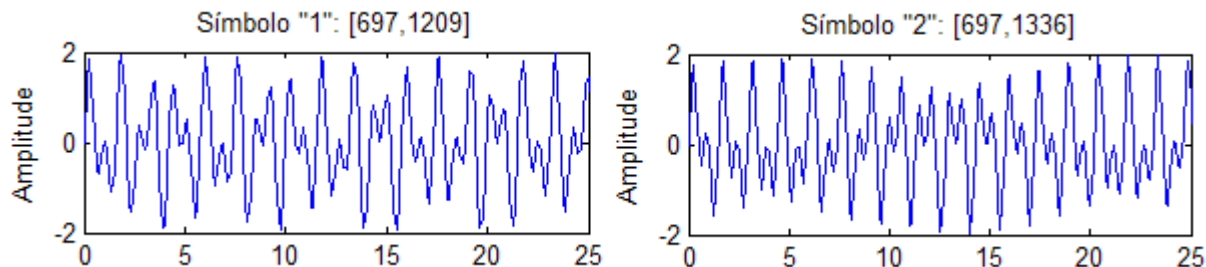
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Encontra-se aqui uma breve introdução à sinalização e geração de tons de múltipla frequência usados no sistema telefônico atual, passando pelo algoritmo de Goertzel, produção da placa que conterà o circuito elétrico desenvolvido e, por fim, a plataforma Arduino e sua programação.

2.1 SINALIZAÇÃO MULTIFREQUENCIAL

A aplicação do *Dual Tone Multi-Frequency (DTMF)* é associada à telefonia digital e provê duas frequências de saídas selecionadas (uma alta e uma baixa) por uma duração de 100 milissegundos. No Gráfico 1, a seguir, tem-se um exemplo da onda sonora gerada para o dígito 1 (Símbolo 1) e o dígito 2 (Símbolo 2) do teclado telefônico:

Gráfico 1 – Resposta de tons do teclado telefônico



Fonte: adaptado de Mathworks (2011, p. 1).

2.2 GERAÇÃO DE SINAIS DTMF

Toda a vez que um número no teclado de um telefone convencional é pressionado ocorre o acionamento de um circuito integrado especializado em gerar tons *DTMF*. Esses tons nada mais são que a combinação das duas frequências vistas anteriormente. No Desenho 1 veremos o valor de frequência para cada tecla discada:

Desenho 1 – Grupos de frequências *DTMF* e seus valores

		Grupo Alto de Tons			
		H1 =	H2 =	H3 =	H4 =
		1209	1336	1477	1633
		Hz	Hz	Hz	Hz
Grupo Baixo de Tons	L1 = 697 Hz	1	2	3	A
	L2 = 770 Hz	4	5	6	B
	L3 = 852 Hz	7	8	9	C
	L4 = 941 Hz	*	0	#	D

Fonte: adaptado de Zarlink (1983, p. 2).

O protocolo *DTMF* prevê 16 dígitos e pode-se perceber que as letras A, B, C e D do grupo H4 não são usadas em teclados telefônicos convencionais, pois são reservadas para sinalização especial. Quando uma tecla é pressionada, o circuito integrado seleciona as duas frequências correspondentes e as mistura, formando uma frequência única. Por fim, essa frequência é aplicada ao meio de transmissão, fazendo chegar ao outro lado o som que será, então, interpretado pela central telefônica.

2.3 DECODIFICAÇÃO DE SINAIS *DTMF* COM ALGORITMO DE GOERTZEL

O papel do decodificador de sinal *DTMF* é reconhecer padrões em ondas sonoras que casem com padrões conhecidos, ou seja, identificar duplas válidas de frequências somadas, caracterizando um dos 16 dígitos da tabela de caracteres do telefone.

Usualmente, para detecção de frequências sonoras em um sinal, pode-se usar a *Fast Fourier Transform – (FFT)* Transformada Rápida de Fourier. Porém, por se tratar de um sistema embarcado, o desempenho é crítico, tornando o algoritmo de Goertzel a melhor opção, pois este, diferente do *FFT*, procura apenas por frequências já conhecidas em determinado sinal, reduzindo, consideravelmente, o processamento necessário (BANKS, 2002, p. 1).

A taxa de amostragem é definida por uma *Interrupt Service Routine (ISR)*, a qual é executada a cada 125 milissegundos, totalizando 8.000 amostras por segundo (8kHz). Nessa interrupção é captado o sinal analógico e, por meio do conversor Analógico Digital do Arduino, é convertido em uma amostra digital.

Uma vez convertido, cada amostra é guardada em um índice de um vetor. Esse vetor tem o tamanho N, o qual é o número de pontos em uma *FFT* equivalente. A escolha do valor N influencia qual frequência se deseja processar e esta se relaciona com o tempo de duração do sinal. Por exemplo, para um sinal de 8kHz capturado por 100ms, são necessárias 800 amostras, $N = 800$ (BANKS, 2002, p. 1).

Definida a taxa de amostragem e o tamanho do vetor de amostras, calcula-se o coeficiente baseado na frequência desejada e, por fim, processa-se cada amostra coletada, gerando o nível de presença da frequência desejada naquele sinal.

2.4 PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

Uma placa de circuito impresso, ou “fiação impressa” como seria a melhor descrição, é basicamente uma base de silício, a qual possui em um ou dois lados uma placa de metal, geralmente cobre (AMOS, 2004, p. 2). A necessidade desse tipo de conexão se tornou grande após o crescimento da eletrônica:

Os circuitos impressos foram criados para unir de forma permanente e eficiente os circuitos integrados aos diversos outros componentes de um circuito eletrônico, minimizando e em muitos casos até substituindo a utilização de fios, realizando as devidas ligações do circuito. (ANDRADE; OLIVEIRA, 2006, p. 23).

O método de fabricação subtrativo é o mais conhecido e usado. Nesse método, é impresso um padrão de fiação do circuito em sua base metálica. Por fim, mediante um processo químico de eletrólise, é removido todo o excedente, sobrando na placa somente as trilhas desejadas (AMOS, 2004, p. 2).

2.5 DESENHO DA PLACA COM *SOFTWARE CAD*

Um *Computer Aided Design (CAD)* é um *software* de computador que auxilia o usuário no desenvolvimento de uma tarefa específica. Para construir circuitos eletrônicos, a primeira etapa do desenvolvimento do circuito final é por meio de um *software CAD*. Existem vários disponíveis no mercado, sendo o *Eagle* o selecionado; a escolha ocorreu pelos seguintes fatores:

- a) suportar os sistemas operacionais Windows, Linux e Mac;
- b) suportar simulação de circuitos; muitos membros da comunidade *open-hardware* usam;
- c) versão comercial e estudante;
- d) possuir tutoriais e ser de fácil uso;
- e) a versão estudante tem limitações de tamanho da placa para 10x80 mm e suporta, no máximo, duas camadas.

2.6 A PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO ARDUINO

O microcontrolador da família AVR chegou de forma massiva recentemente no Brasil, com o codinome “Arduino”. Essa plataforma, como é conhecida, tornou-se um conceito entre os estudantes, afinal, reúne as melhores características para se começar em um universo novo: facilidade em desenvolver o *hello world*; preço acessível (o kit inicial custa R\$ 75,00); tem muitos exemplos de códigos fonte disponíveis na internet; possui grande comunidade de desenvolvedores; e, por fim, *software* e *hardware* usam o conceito *open-source*.

O microcontrolador Atmega328 é o mais comumente usado para placas Arduino. Seu custo beira à faixa de R\$ 20,00 no Brasil, e possui o benefício da compatibilidade com a plataforma Arduino.

Suas principais características são:

- a) 2 kB de memória RAM;
- b) 32 kB de memória FLASH (dos quais 30kB podem ser usadas pelo programador);
- c) 32 registradores internos de uso geral;
- d) 2 interrupções externas;
- e) 6 canais *PWM (Pulse Width Modulation)*;
- f) 2 *timers* de 8 bits;
- g) 1 *Timer* de 16 bits;
- h) 6 Conversores *Digital Analog Converter (DAC)/Analog Digital Converter (V)* de 10 bits.

Esse microcontrolador foi selecionado para uso no projeto, especialmente pela vantagem de ser compatível com a plataforma Arduino e ser facilmente acoplado ao circuito elétrico desenvolvido, não precisando de processos de solda industriais.

2.7 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

A linguagem de programação C é de médio nível, afinal, está muito próxima da máquina, porém, ao mesmo tempo, permite criar aplicações de alto nível.

C é frequentemente chamada de linguagem de médio nível para computadores. Isso não significa que C é menos poderosa, difícil de usar ou menos desenvolvida que uma linguagem de alto nível como BASIC e Pascal, tampouco implica que C é similar à linguagem Assembly e seus problemas correlatos aos usuários. C é tratada como uma linguagem de médio nível porque combina elementos de linguagens de alto nível com a funcionalidade da linguagem Assembly. (SCHILDT, 1991, p. 4).

O uso dessa linguagem se torna muito eficiente. “Eficiência no jargão dos compiladores é a medida do grau de inteligência com que o compilador traduz um programa em C para o código de máquina. Quanto menor e mais rápido o código gerado, maior será a eficiência da linguagem e do compilador.” (PEREIRA, 2007, p. 18). Ela “[...] permite que o programador preocupe-se mais com a programação da aplicação em si, já que o compilador assume para si tarefas como o controle e localização das variáveis, operações matemáticas e lógicas, verificação de bancos de memória, etc.” (SCHILDT, 1991, p. 18).

A IDE do Arduino é totalmente compatível com a linguagem C, e a maioria dos programas exemplos encontrados na comunidade são escritos em C. Em razão do alto grau de portabilidade, legibilidade e facilidade, essa foi a linguagem escolhida na programação do sistema.

3 METODOLOGIA

O projeto desenvolvido gerou três placas, sendo elas de controle, acionamento e geração de som. Para a produção de cada uma, foi desenvolvido, inicialmente, o modelo em 3D por intermédio do *software Eagle*, e, baseado nesse modelo, passa-se a explicar a função de cada bloco em todas as placas.

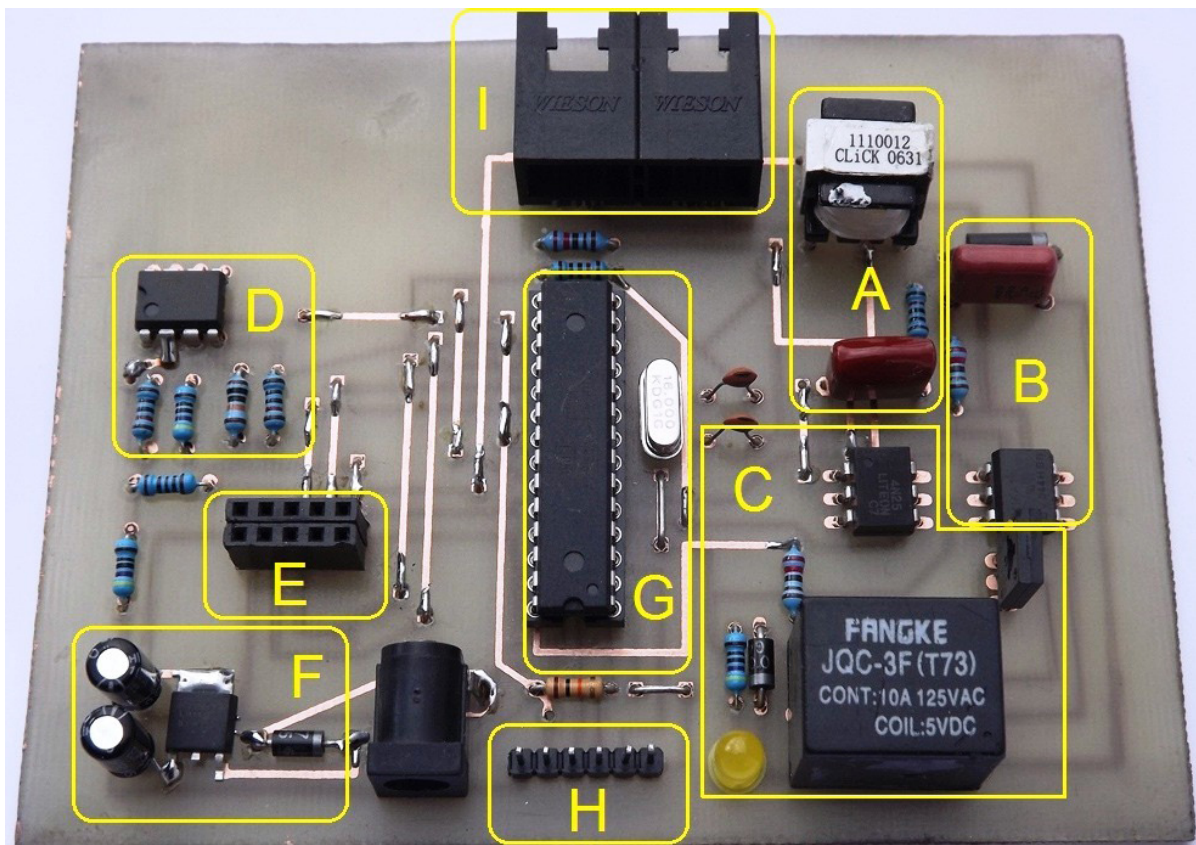
3.1 MÓDULO DE CONTROLE

A Fotografia 1, a seguir, exibe o principal componente do sistema, responsável por interfacear a rede de telefonia, atendendo à chamada, ativando a inserção de som (por meio do módulo gerador de som), e reconhecendo os códigos *DTMF* (por meio do algoritmo de Goertzel). Uma vez compreendido o comando desejado pelo usuário, sua função é enviar os códigos corretos para o módulo de acionamento, fazendo com que este ative o dispositivo solicitado. Além da interface com a rede de telefonia, esse módulo suporta conexões diretas via rede ethernet, permitindo ativar e desativar dispositivos diretamente pela Web. A construção do módulo de controle está dividida em oito setores, detalhados a seguir:

- a) *isolação da rede de telefonia*: componente fundamental para proteger o circuito interno de eventuais sobretensões causadas por surtos elétricos na rede de telefonia, e também impedir que ruídos causados pelo circuito amplificador operacional e fonte de alimentação não afetem a conversação do usuário no telefone;
- b) *deteção de toque do telefone*: testes feitos indicam que o pulso de aproximadamente 70 volts, o qual gera o toque do telefone, oscila em 25 Hertz, logo, esse pulso pode ser facilmente interpretado como um toque do telefone. Pode-se, então, estipular um número fixo de toques para que o circuito de atendimento da chamada entre em ação;
- c) *atendedor da chamada*: o circuito atendedor faz o papel do usuário, porém, de forma controlada pelo microcontrolador. Atendendo à chamada e inserindo som na linha, o sistema consegue criar uma interface simples com o usuário, permitindo que ele acione os dispositivos desejados;
- d) *amplificador operacional*: o sinal isolado por meio do trafo é muito fraco para ser diretamente convertido pelo conversor analógico para digital – ADC do Arduino. Faz-se necessário, então, uma etapa de amplificação

- desse sinal, exercida pelo amplificador operacional, circuito muito usado em eletrônica, com diversas aplicações;
- e) *conexão para o módulo de rede*: o módulo de rede, composto pelo chip ENC28J60, é responsável por implementar a pilha TCP/IP, permitindo ao microcontrolador se comunicar com o módulo de acionamento de cargas através da rede ethernet padrão TCP/IP;
 - f) *circuito regulador de tensão*: o regulador de tensão se faz necessário para ligar o módulo de rede citado anteriormente, pois sua tensão de trabalho é 3.3 volts;
 - g) *microcontrolador Atmega328*: responsável por se comunicar com a interface de rede. Roda um cliente Web, o qual gera solicitações para os módulos de acionamento, usando o método de requisição HTTP GET. Essas solicitações são comandos de ativação para cada relé encontrado naquele módulo;
 - h) *interface de gravação e comunicação com módulo gerador de som*: como qualquer software, prevê-se que o sistema precisará de atualizações, as quais podem ser feitas sem remover o CI do circuito, apenas usando um gravador externo e a interface de gravação. Essa mesma interface se comunica com o módulo gerador de som, enviando e recebendo comandos por meio da comunicação serial em 9.600 bauds;
 - i) *conectores RJ12*: para receber a chamada externa, o módulo de controle faz conexão com a rede de telefonia por intermédio de um dos conectores RJ12. O outro permite conectar o telefone já existente na residência, garantindo uma instalação não intrusiva.

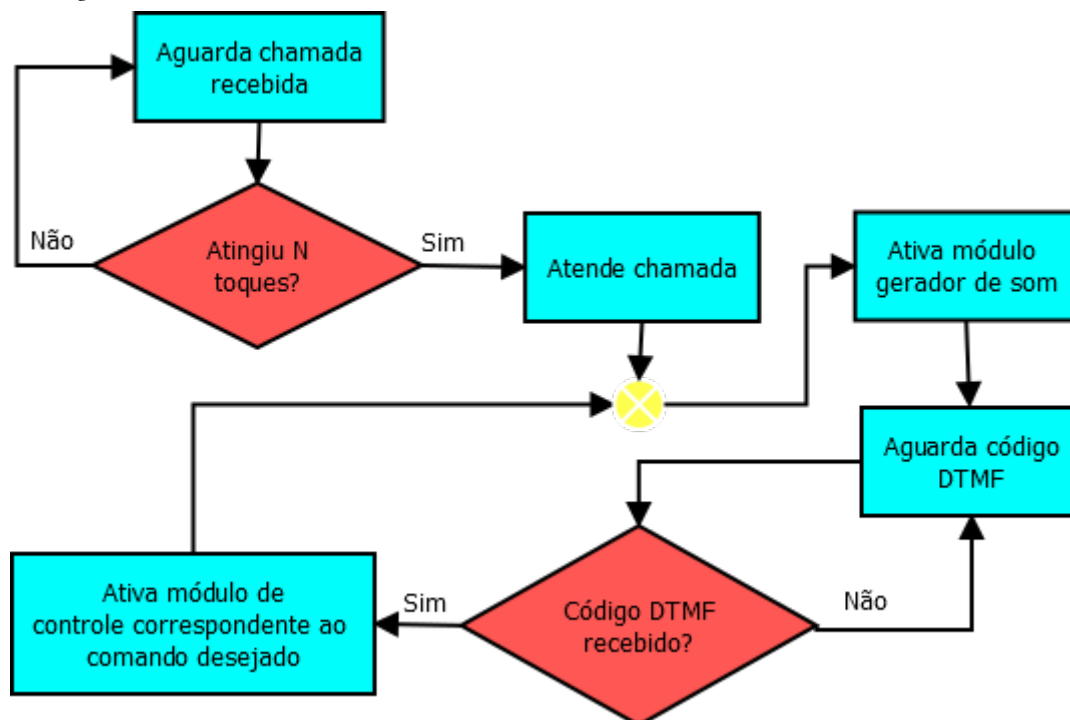
Fotografia 1 – Módulo de controle



Fonte: os autores.

O funcionamento da interação com a rede de telefonia do módulo de controle pode ser descrito pelo Diagrama 1. Neste diagrama de blocos, notam-se duas grandes condições para o funcionamento do sistema: receber N toques da rede de telefonia (em que N é um número na configuração do sistema) e detectar algum código *DTMF* pressionado após a inserção do som na linha (que é uma gravação informando ao usuário quais as opções de ativação disponíveis).

Diagrama 1 – Diagrama de blocos do módulo de controle



Fonte: os autores.

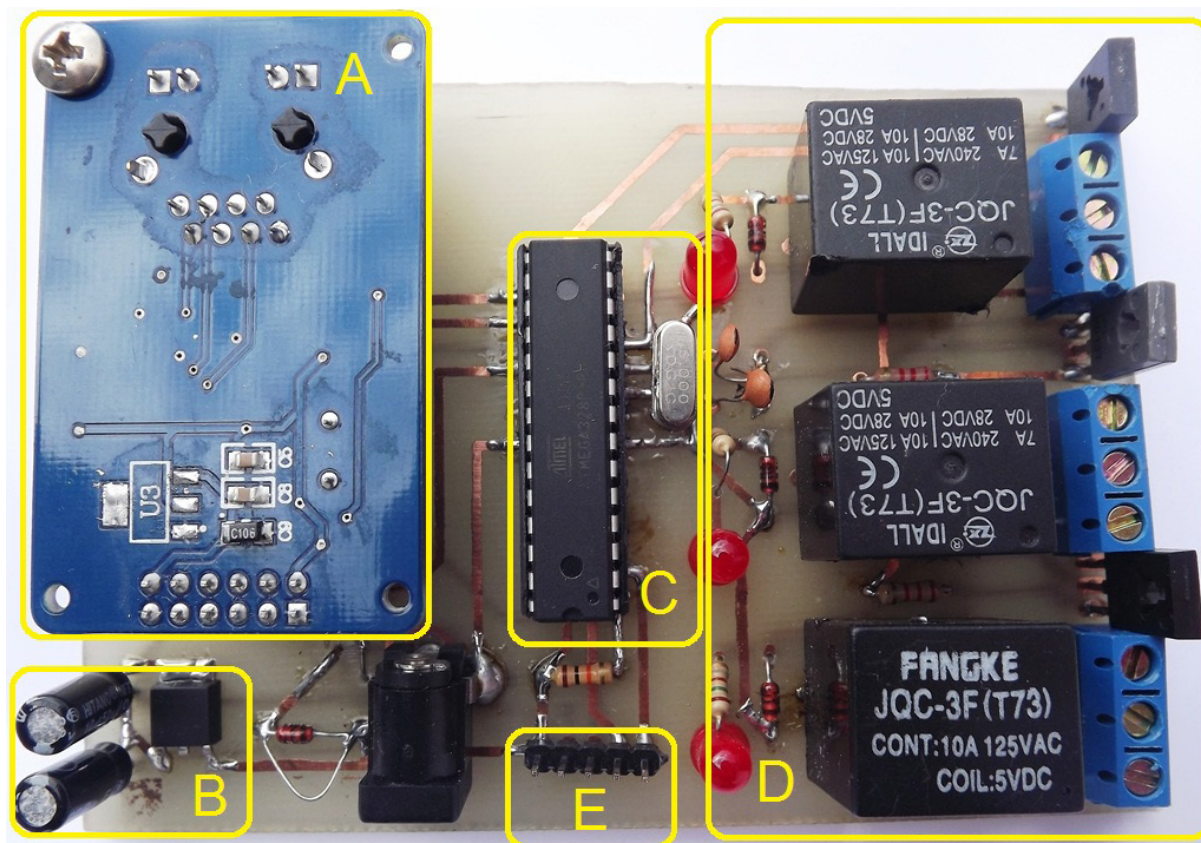
3.2 O MÓDULO ACIONADOR

Esse módulo funciona basicamente como um *driver* de acionamento inteligente, para altas cargas, como lâmpadas, motores e alarmes. Ele é capaz de receber uma instrução via rede Ethernet e transferi-la para o circuito, acionando o dispositivo desejado.

Na Fotografia 2, pode-se identificar os cinco setores desse módulo:

- conexão para módulo de rede*: o módulo de rede, composto pelo chip ENC28J60, é responsável por implementar a pilha TCP/IP, permitindo ao microcontrolador se comunicar com o módulo de acionamento de cargas através da rede ethernet padrão TCP/IP.
- circuito regulador de tensão*: um regulador de tensão se faz necessário para ligar o módulo de rede citado anteriormente, pois sua tensão de trabalho é 3.3 volts;
- microcontrolador Atmega328*: responsável por se comunicar com a interface de rede. Responsável por rodar um servidor Web, na porta padrão 80, que aguarda a recepção de dados usando o método de requisição HTTP GET. Uma vez recebidos os dados, estes são processados e, se confirmadas as credenciais, geram a ativação no relé correspondente.
- Etapa driver*: a etapa final do módulo é o saturamento de um transistor, que ligará um relé que, por sua vez, acionará um dispositivo externo a ele. O controle de cada transistor, consequentemente de cada relé, é feito pelo microcontrolador Atmega328. Essa etapa permite a conexão de até três dispositivos externos, como lâmpadas e motores.
- interface de gravação*: conexão para atualização do software do microcontrolador, feita por meio de um gravador externo.

Fotografia 2 – Módulo acionador



Fonte: os autores.

A placa é alimentada com uma fonte externa de cinco volts, e este valor não pode ser superior. Ela possui controle contra tensão reversa, mas não contra sobretensão. Necessita-se um cuidado especial em sua instalação.

A outra conexão é de rede padrão ethernet, a qual pode ser conectada diretamente a um HUB, ou mesmo a um *Access Point*, permitindo que essa placa seja acionada sem o uso de uma rede cabeada.

3.3 MÓDULO GERADOR DE SOM

Esse módulo é responsável por acessar um cartão do tipo *Secure Digital (SD)* e fazer a leitura de arquivos gravados nesse dispositivo em formato *WAVEform Audio Format (WAV)* e, a partir desses dados digitais, gerar sinais de som analógicos, por meio de um Conversor Digital para Analógico (DAC) de 12 bits.

O DAC é um dispositivo capaz de transformar um valor digital em seu correspondente analógico, ou seja, tensão elétrica. Um conversor de oito bits, por exemplo, recebe valores digitais de zero até 255 (2^8) e gera valores elétricos de zero até cinco volts, tendo resolução de 0,01953125 volts (19,53 mili volts) para cada número. Se for enviado ao conversor o número 128 (metade de sua resolução), em sua saída será apresentado 2,50 volts ($128 * 0,01953125$).

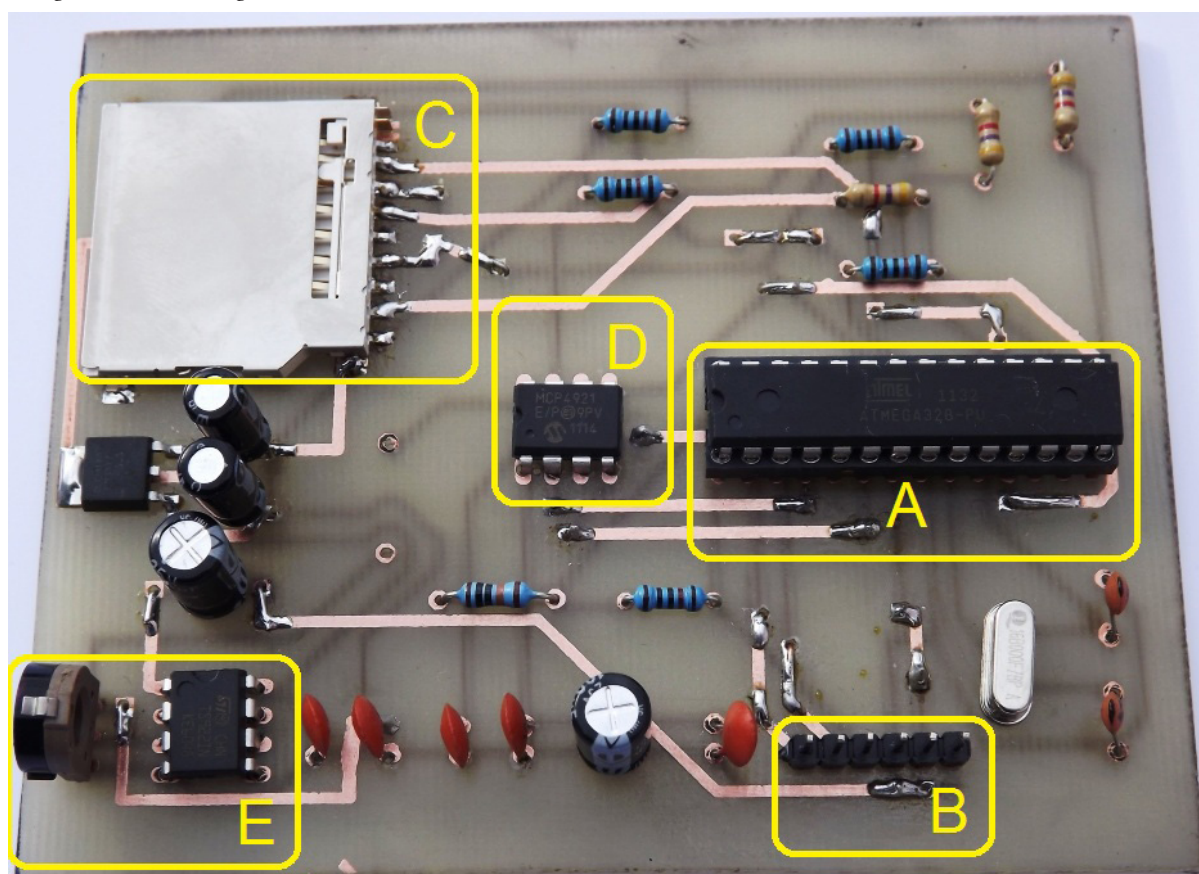
Existem dezenas de modelos de conversores digitais para analógico no mercado. O modelo escolhido foi o MCP4921 de 12 bits de resolução. Esse é o CI encontrado no WaveShield (circuito elétrico pronto para acoplamento no Arduino que reproduz sons) e por apresentar excelente relação custo-desempenho.

O cartão de memória do tipo SD torna-se uma forma barata de armazenamento secundário de dados, pois o circuito elétrico necessário para sua manipulação se resume em um divisor de tensão. Esse circuito é necessário para fazer a conversão de cinco volts (usado pelo microcontrolador) para 3.3 volts, que é a tensão de trabalho desse tipo de cartão.

Por não necessitar de descompactação, o arquivo de música no cartão é gravado em Pulse-Code Modulation (PCM). WAV oferece uma forma rápida e barata de acesso a esse tipo de dispositivos de mídia, facilitando a implementação e diminuindo o custo final do dispositivo. A placa final, exibida na Fotografia 2, divide-se em cinco setores:

- Microcontrolador Atmega328*: responsável por receber comandos via serial, ler o cartão de memória SD e reproduzir o som desejado através do conversor digital analógico e amplificador operacional;
- interface de gravação e comunicação com módulo principal*: a atualização de software e a comunicação com o módulo principal é feita pelo mesmo conector. Os dados de troca com o outro módulo são basicamente informações de controle sobre qual som rodar e acesso a arquivos no cartão de memória.
- soquete para cartão de memória*: encaixe para conexão do cartão de memória, o qual conterá os arquivos de áudio a serem lidos;
- conversor Digital para Analógico de 12 bits*: os dados lidos no cartão de memória são enviados para o conversor DAC, que os converte em tensões analógicas;
- amplificador Operacional*: aumenta a amplitude do sinal gerado pelo conversor digital para analógico.

Fotografia 3 – Módulo gerador de som



Fonte: os autores.

4 CONCLUSÃO

O decodificador de códigos *DTMF* MT8870 é um circuito integrado capaz de receber um sinal analógico e verificar a existência das frequências *DTMF* que formam um dígito do telefone. Testes feitos indicam que esse *chip* tem perfeito funcionamento para decodificar o número de origem da chamada. A limitação encontrada ocorreu ao usar o circuito atendedor de chamada. Ao ativar esse circuito, o MT8870 não foi capaz de identificar os dígitos pressionados pelo usuário no dispositivo remoto, fazendo com que não fosse possível uma interação entre o usuário e o sistema de interface com a linha telefônica.

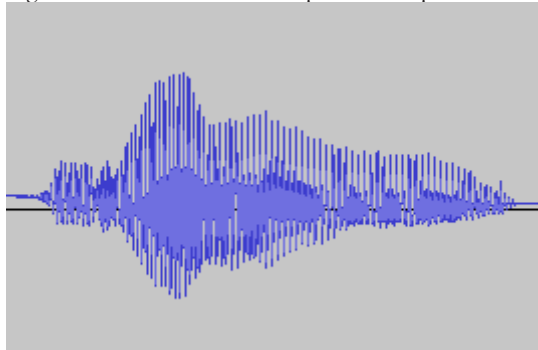
Verificando o funcionamento de dispositivos eletrônicos similares, como máquinas de resposta, o pesquisador concluiu que o melhor método de identificação de códigos *DTMF* seria o processamento digital de sinal, que foi implementado com sucesso.

Usando as bibliotecas de geração de som e acesso ao cartão SD, consome-se cerca de 1.600 *bytes* de memória RAM, sobrando apenas 448 *bytes* para serem usados por outras funções e variáveis criadas pelo programador. Testes feitos pelo pesquisador indicaram que não seria possível trabalhar com geração de som, acesso ao cartão SD e integrar o módulo de rede ENC28J60 por falta de memória RAM.

Apesar do algoritmo de reconhecimento de *DTMF* com Goertzel consumir pouca memória RAM, o teste feito com o módulo gerador de som apresentou falhas. O motivo é que ambos os processos são de prioridade máxima, afinal, a geração de som não pode atrasar, bem como o reconhecimento deste. Enquanto a geração de som estava ativada, o algoritmo de Goertzel gerava interrupções nela, fazendo com que houvesse cortes no áudio final, impossibilitando seu entendimento.

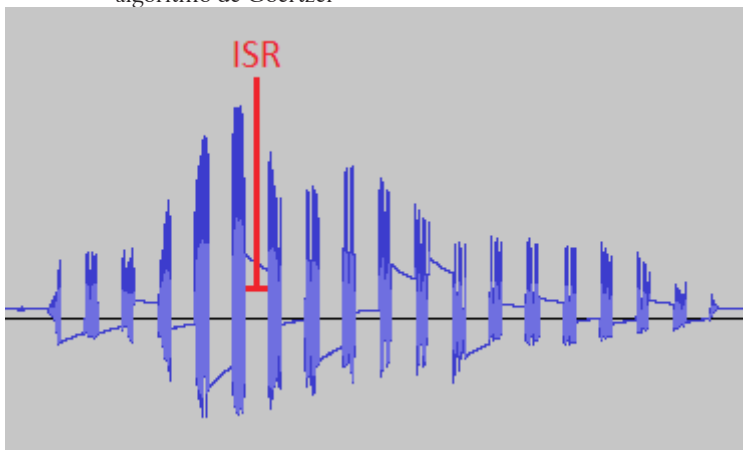
A Figura 1 exibe a onda sonora da palavra zero original, e a Figura 2 exibe a geração dessa mesma palavra, porém, com o algoritmo de Goertzel rodando em paralelo ao sistema principal, em uma ISR.

Figura 1 – Onda sonora correspondente à palavra zero



Fonte: os autores.

Figura 2 – Onda sonora correspondente à palavra zero com interrupções causadas pela rotina de interrupção ISR a qual processa o algoritmo de Goertzel



Fonte: os autores.

A solução encontrada foi separar o módulo gerador de som (composto pelo cartão SD e acesso ao conversor DAC de 12 bits) da placa de controle principal. Esse módulo gerador de som usa um *chip* Atmega328 exclusivamente para essa função. A placa de controle ficou responsável por reconhecer códigos *DTMF* por meio de processamento digital de sinal, fazer acesso à rede ethernet para ativar os módulos acionadores, receber comandos via interface *Web* e toda tomada de decisão referente à qual atuador acionar.

Com o intuito de tornar possível a montagem manual das placas, cada módulo usou o *chip* Atmega328, que é um componente discreto, portanto, de fácil soldagem na placa.

Descreveu-se, aqui, um sistema domótico básico baseado na plataforma Arduino, que traz consigo vantagens de um projeto *open-source*, que facilitam o desenvolvimento de novos produtos.

Domotics via mobile devices with arduino

Abstract

This paper presents a basic automation system based on the Arduino platform. With this technology we can develop low cost solutions, with easy adjustment and excellent cost-benefit relation. Moreover, the whole generated product is open source hardware, allowing that anyone interested can adapt it to his needs and improve it, helping him to mature. The user interaction is done through the Internet via Web, or the public switched telephone network, using digital signal processing with the Goertzel algorithm to decode DTMF signals generated by the phone. At the end, it is presented an electric circuit (end product) which may be used for applications in real environments.

Keywords: Domotics. Arduino. DTMF. Public Switched Telephone Network. Goertzel.

REFERÊNCIAS

AMOS, Stanley William. **TV, Rádio & Som**: equipamentos de som. São Paulo: Hemus, 2004.

ANDRADE, Fernando Souza de. OLIVEIRA, André Schneider de; **Sistemas Embarcados**. São Paulo: Érica, 2006.

BANKS, Kevin. **The Goertzel Algorithm**. 2002. Disponível em: <<http://eetimes.com/design/embedded/4024443/The-Goertzel-Algorithm>>. Acesso em: 31 maio 2012.

MATHWORKS. **Dual-Tone Multi-Frequency (DTMF) Signal Detection**. Disponível em: <<http://www.mathworks.com/products/demos/signaltlbx/dtmf/dtmfdemo.html>>. Acesso em: 31 maio 2012.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC**. São Paulo: Érica, 2007.

SCHILD, Herbert. **C Completo e Total**. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

ZARLINK. **Applications of The MT8870 Integrated DTMF Receive**. 1938. Disponível em: <<http://www.zarlink.com/zarlink/msan108-appnote.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2012.

