

UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA – UNOESC
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

PAULO MARCOS TRENTIN

DOMÓTICA VIA DISPOSITIVOS MÓVEIS COM ARDUINO

Videira,
2012

PAULO MARCOS TRENTIN

DOMÓTICA VIA DISPOSITIVOS MÓVEIS COM ARDUINO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade do Oeste de
Santa Catarina como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em
Ciências da Computação

Orientador: Prof. Herculano Haymussi De Biasi

Videira,
2012

Dedico todo o esforço desta conquista aos meus pais, pois graças a eles esse trabalho se tornou possível.

AGRADECIMENTOS

Somos o reflexo do que vemos, das pessoas que trocamos experiências e de nossa força de vontade.

Algumas vezes na vida precisamos de empurrões para que consigamos seguir à diante, por isso pai, mãe, muito obrigado por me darem esse empurrão, por toda força e confiança que depositaram em mim durante toda minha vida.

Obrigado irmãs, Bruna e Vanessa pela compreensão e contínua aposta a cada nova invenção maluca que normalmente não se tornava realidade. Obrigado Juline, por me mostrar que o mundo às vezes não é aquilo que vemos e por estar sempre ao meu lado.

Sou muito grato aos professores que tive, pois eles muitas vezes foram o exemplo de que precisei para saber como agir, como continuar. Em especial agradeço o professor Herculano, por sua humildade em ouvir minhas ideias esquisitas que depois de algum tempo amadureceram e chegaram ao nível de um TCC. Obrigado professora Lilian por ser tão atenciosa e ter-me ajudado a desenvolver esse trabalho. Obrigado também, professor Loof por facilitar o entendimento básico deste magnífico mundo da eletrônica.

Agradeço as demais pessoas que me deram força para chegar até aqui e concluir essa importante etapa de minha vida.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um sistema domótico simplificado baseado na plataforma Arduino. Com esta tecnologia pode-se desenvolver soluções de baixo custo, fácil adaptação e de excelente relação custo x benefício. Além do mais, todo o produto desenvolvido é *open source* hardware, permitindo que qualquer um com interesse possa adaptá-lo à sua necessidade e melhorá-lo, contribuindo para seu amadurecimento. As casas atuais normalmente não possuem de um sistema inteligente para acionamento remoto de dispositivos, ou possuem soluções proprietárias com alto custo inicial. Faz-se necessário o desenvolvimento de uma solução com baixo custo e aberta permitindo flexibilidade e facilidade de instalação. Neste sistema a interação com o usuário é feita através da Internet via web, ou pela rede pública de telefonia comutada utilizando-se de processamento digital de sinal com o algoritmo de Goertzel, para decodificar os sinais DTMF (*Dual Tone Multi Frequency*) gerados pelo telefone. Ao final, será 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

ABSTRACT

This paper presents a basic automation system based on the Arduino platform. With this technology we can develop solutions for low cost, easy adjustment and excellent benefit-cost ratio. Moreover, the entire generated product is open source hardware, allowing anyone with an interest can adapt it to your needs and improve it, helping him to mature. The current homes usually do not have an intelligent system for remote activation device, or have proprietary solutions with high initial cost. It is necessary to develop a low cost solution to open and allow flexibility and ease of installation. In this system 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, you will see an electric circuit (end product) which may be used for applications in real environments.

Keywords: Domotic, Arduino, Dual Tone Multi Frequency, Public Switched Telephone Network, Goertzel.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Camadas protocolos e interfaces..... | 15 |
| Figura 2 - Camadas do protocolo TCP/IP | 20 |
| Gráfico 1 - Resposta de tons do teclado telefônico..... | 23 |
| Figura 3 - Grupos de frequências DTMF e seus valores | 23 |
| Quadro 1 – Frequências DTMF de entrada e saída correspondente ao MT8870.... | 25 |
| Gráfico 2 - Detecção de frequências em um sinal usando algoritmo de Goertzel.... | 27 |
| Figura 4 – Transistor discreto..... | 29 |
| Figura 5 - Transistor SMD | 29 |
| Figura 6 - Protótipo para reconhecimento de sinais DTMF, acesso a cartão de memória e interface com display 128x64 touchscreen usando o Arduino Mega..... | 41 |
| Figura 7 - Protótipo para atendimento de chamada externa e decodificação de códigos DTMF | 42 |
| Figura 8 - Protótipo do módulo de controle e módulo gerador de som trabalhando juntos..... | 43 |
| Figura 9 - Onda sonora correspondente ao dígito dois do teclado telefônico. Original (superior) e amplificada (inferior)..... | 44 |
| Figura 10 - Parte do esquema elétrico da placa de controle. | 45 |
| Figura 11 - Esquema de conexões e passagem de fios da placa de controle. | 46 |
| Figura 12 - Modelo 3D da placa de controle..... | 46 |
| Figura 13 - Circuito impresso em folha de papel Glossy. | 48 |
| Figura 14 – Placa de fenolite, à esquerda antes de limpar e à direita a parte limpa. | 49 |
| Figura 15 - Papel Glossy contendo circuito impresso corretamente fixado na placa de fenolite..... | 49 |
| Figura 16 - Ferro em temperatura máxima fazendo com que desenho do papel Glossy seja transferido para placa de fenolite..... | 50 |
| Figura 17 - Circuito impresso com correções feitas. | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 18 - Proteção da placa de circuito impresso para que não houvesse corrosão. | 51 |
| Figura 19 - Recipiente de plástico com a solução de perclorato de ferro e a placa de circuito impresso. | 52 |
| Figura 20 - Placa de circuito impresso corroída. | 53 |
| Figura 21 - Marcadores de sincronismo na placa, fixados ao lado já corroído. | 54 |
| Figura 22 - Placa de fenolite com os marcadores, preparada para receber o papel Glossy com o desenho do circuito impresso. | 55 |
| Figura 23 - Detalhe do encaixe entre o marcador e a folha de papel Glossy contendo o novo circuito impresso a ser fixado. | 55 |
| Figura 24 - Placa de circuito impresso com segunda camada recém-corroída. Pronta para limpeza final e passagem do verniz. | 56 |
| Figura 25 - Placa de circuito impresso pronta para receber a camada de proteção com verniz. | 57 |
| Figura 26 - Detalhe da área onde verniz não fixou na placa. | 58 |
| Figura 27 - Lado inferior da placa de circuito impresso com componentes soldados. | 59 |
| Figura 28 - Detalhe da solda em placa de circuito impresso. | 59 |
| Figura 29 - Módulo de rede ENC28J60. | 60 |
| Figura 30 - Módulo de controle. | 61 |
| Figura 31 - Diagrama de atividade do módulo de controle. | 63 |
| Figura 32 - Módulo acionador com suporte a três dispositivos externos. | 64 |
| Figura 33 - Módulo gerador de som. | 66 |
| Figura 34 - Parte do código fonte necessário para gerar a interface web. | 69 |
| Figura 35 - Interface de gerenciamento do sistema via internet. | 70 |
| Figura 36 - Onda sonora correspondente à palavra “zero”. | 72 |
| Figura 37 - Onda sonora correspondente à palavra “zero” com interrupções causadas pela rotina de interrupção ISR qual processa o algoritmo de Goertzel. | 72 |
| Figura 38 - Sistema montado e pronto para testes. | 74 |

| | |
|--|----|
| Figura 39 - Usuário inserindo senha de validação para acesso ao sistema..... | 75 |
| Figura 40 - Usuário ligando a lâmpada com a opção dois do menu..... | 76 |
| Figura 41 - Portão abrindo com comando do usuário. | 76 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|--------------------------------------|
| ADC | Analog Digital Converter |
| AP | Access Point |
| CAD | Computer Aided Design |
| CI | Circuito Integrado |
| CSS | Cascading Style Sheet |
| DNS | Domain Name Service |
| DAC | Digital Analog Converter |
| DTMF | Dual Tone Multi Frequency |
| FFT | Fast Fourier Transform |
| HTML | Hypertext Markup Language |
| HTTP | Hypertext Transport Protocol |
| IP | Internet Protocol |
| ISO | International Standards Organization |
| ISP | Internet Service Provider |
| ISR | Interrupt Service Routine |
| LAN | Local Area Network |
| LCD | Liquid Crystal Display |
| MAN | Metropolitan Area Network |
| OSI | Open Systems Interconnection |
| PC | Personal Computer |
| PCM | Pulse Code Modulation |
| PSTN | Public switched Telephone Network |

| | |
|-----|-------------------------------|
| PWM | Pulse Width Modulation |
| SMD | Surface Mounting Devices |
| SMT | Surface Mounting Technology |
| SD | Secure Digital |
| SPI | Serial Peripheral Interface |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| UDP | User Datagram Protocol |
| UML | Unified Modeling Language |
| WAN | Wide Area Network |
| WAV | WAVEform audio format |
| WWW | World Wide Web |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 1.1 | OBJETIVO GERAL | 11 |
| 1.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 11 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 12 |
| 2 | DESENVOLVIMENTO..... | 13 |
| 2.1 | REDE DE COMPUTADORES | 13 |
| 2.1.1 | CAMADAS DE REDE | 14 |
| 2.1.2 | O MODELO DE REFERÊNCIA ISO/OSI..... | 16 |
| 2.1.3 | O MODELO DE REFERÊNCIA TCP/IP | 18 |
| 2.1.4 | A INTERNET | 20 |
| 2.2 | O TELEFONE E A PSTN | 20 |
| 2.3 | ONDAS SONORAS EM UM MEIO ELÉTRICO | 21 |
| 2.4 | SINALIZAÇÃO MULTIFREQUENCIAL | 22 |
| 2.4.1 | GERAÇÃO DE SINAIS DTMF | 23 |
| 2.4.2 | DECODIFICAÇÃO DE SINAIS DTMF COM CIRCUITO INTEGRADO MT8870 | 24 |
| 2.4.3 | DECODIFICAÇÃO DE SINAIS DTMF COM ALGORITMO DE GOERTZEL..... | 25 |
| 2.5 | CIRCUITO INTEGRADO..... | 27 |
| 2.6 | PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO | 28 |
| 2.6.1 | COMPONENTES DISCRETOS E DE MONTAGEM EM SUPERFÍCIE | 28 |
| 2.6.2 | DESENHO DA PLACA COM SOFTWARE CAD..... | 30 |
| 2.6.3 | SOLDAGEM DE COMPONENTES NA PLACA | 31 |
| 2.7 | MICROCONTROLADORES | 31 |
| 2.7.1 | MODELOS DISPONÍVEIS NO MERCADO | 32 |
| 2.7.2 | A FAMÍLIA PIC..... | 33 |
| 2.7.3 | A PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO ARDUINO | 34 |
| 2.8 | A CAMADA DE SOFTWARE..... | 35 |
| 2.9 | PROGRAMAÇÃO DE MICROCONTROLADORES..... | 36 |
| 2.9.1 | PROGRAMAÇÃO EM ASSEMBLY | 37 |
| 2.9.2 | PROGRAMAÇÃO EM C | 37 |
| 2.10 | CASAS INTELIGENTES | 38 |
| 2.11 | TESTES E PROTÓTIPOS | 40 |
| 2.11.1 | A PRIMEIRA VERSÃO DO SISTEMA..... | 40 |
| 2.11.2 | ATENDIMENTO MICROCONTROLADO DE CHAMADA..... | 42 |
| 2.11.3 | PROTÓTIPO DO MÓDULO DE CONTROLE E DE GERAÇÃO DE SOM..... | 43 |
| 2.11.4 | AMPLIFICAÇÃO DO SOM DA LINHA TELEFÔNICA | 44 |
| 2.12 | DESENVOLVIMENTO DAS PLACAS NO SOFTWARE CAD EAGLE..... | 45 |
| 2.13 | PROCESSO CONSTRUÇÃO DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO..... | 47 |
| 2.13.1 | IMPRESSÃO DO ESQUEMA DE CONEXÕES DA PLACA (LAYOUT) | 47 |
| 2.13.2 | LIMPEZA DA PLACA DE FENOLITE | 48 |
| 2.13.3 | FIXAÇÃO DA IMPRESSÃO NA PLACA..... | 49 |
| 2.13.4 | TRANSFERÊNCIA DA IMAGEM DO CIRCUITO IMPRESSO PARA A PLACA DE FENOLITE | 50 |
| 2.13.5 | PREPARO PARA A CORROSÃO DA PLACA | 50 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 2.13.6 | PROCESSO DE CORROSÃO DA PLACA | 52 |
| 2.13.7 | PREPARO PARA CORROSÃO DA OUTRA FACE DA PLACA..... | 53 |
| 2.13.8 | LIMPEZA FINAL | 57 |
| 2.13.9 | PASSAGEM DE VERNIZ (MÁSCARA PROTETORA) NA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO..... | 57 |
| 2.13.10 | SOLDA DOS COMPONENTES | 58 |
| 2.14 | MÓDULO DE REDE ENC28J60 | 60 |
| 2.15 | MÓDULO DE CONTROLE..... | 61 |
| 2.16 | O MÓDULO ACIONADOR..... | 64 |
| 2.17 | MÓDULO GERADOR DE SOM..... | 65 |
| 2.18 | INTERFACE WEB PARA ACESSO AO SISTEMA | 67 |
| 2.18.1 | PROGRAMAÇÃO DA INTERFACE | 68 |
| 2.18.2 | ACESSO AO SISTEMA ATRAVÉS DO NAVEGADOR WEB..... | 69 |
| 3 | CONCLUSÃO | 71 |
| 3.1 | TESTES FINAIS | 73 |
| 3.2 | TRABALHOS FUTUROS | 77 |
| | REFERÊNCIAS..... | 78 |

1 INTRODUÇÃO

A domótica, união do latim “Domus”, que significa casa, e de “Robótica”, permite a usuários o controle de suas casas, como fechar janelas, alterar 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 pessoas com necessidades especiais, que tendo acesso a um controle, possam 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.

Com a domótica é possível programar determinadas tarefas, como travamento automático de portas e janelas, irrigação de jardim e acionamento de alarme. Casas dotadas de sistemas como esses são conhecidas como casas inteligentes.

O custo de implementação de soluções atuais em domótica é demasiado alto, tornando esta prática viável para somente um número seleto de pessoas. O controle de equipamentos simples, como os citados acima pode ser feito de maneira simples e com custo reduzido.

O controle remoto de algum dispositivo deve ser feito de maneira simples, permitindo que qualquer usuário interaja facilmente com o sistema; funcional, garantido controle do que se está fazendo e seguro, garantindo a identidade do agente acionador. Tal aparato deve-se fazer presente em situações onde não é possível ter acesso ao dispositivo, seja por motivo de localização geográfica ou 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 os alarmes, portas e portões eletrônicos, que são acionados apenas localmente tendo em mãos o respectivo controle. Em casos da ausência de tal controle, fica-se restrita a

possibilidade de interação com esses dispositivos visto que eles não apresentam um segundo método de acionamento.

Atualmente existem muitos meios de comunicação, sejam eles 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, esta 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 intrusiva, ou seja, deve funcionar de forma a permitir que a atual infra-estrutura 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.

Esse sistema utilizará três módulos principais: processamento, geração de som, e 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 tomada de decisões. Este módulo também deve ser capaz de receber comandos através de um navegador web disponível na maioria dos dispositivos móveis.

O segundo componente é capaz de gerar som à partir de uma música pré-inserida em um cartão de memória. Ele será utilizado pelo módulo principal, para inserção de som na linha telefônica.

O terceiro módulo é responsável pelo acionamento de dispositivos a serem controlados, como lâmpadas, portões e sistema de segurança. Ele é conectado ao primeiro através de uma rede ethernet, possibilitando que seja instalado em qualquer local da casa, além do mais a rede pode ser facilmente estendida através

de pontos de acesso sem fio, não havendo, neste caso, necessidade de cabos entre o primeiro e o terceiro módulo.

O sistema permitirá vários módulos acionadores para um módulo controlador, garantindo assim maior flexibilidade na instalação de acordo com cada caso.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um dispositivo baseado na plataforma Arduino que permita interação remota com dispositivos eletrônicos de uma casa, prédio ou empresa de forma barata, eficaz e de fácil instalação, através da rede pública de telefonia comutada ou da Internet.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver o circuito impresso para o protótipo utilizando um programa CAD;
- Estudar e desenvolver o processo de corrosão da placa do circuito elétrico;
- Montar o protótipo na placa com os componentes finais;
- Desenvolver software para interação com o equipamento via telefone através de códigos DTMF;
- Desenvolver software para acesso ao sistema via internet.

1.3 JUSTIFICATIVA

Com o advento da comunicação telefônica e o barateamento da tecnologia, cada dia mais usuários entram no mundo da telefonia. A internet por sua vez, tem-se feito presente em cada vez mais casas Brasileiras. Diferentemente de um carro, ou algum dispositivo eletroeletrônico, essas casas normalmente não possuem nenhum sistema tecnológico que lhes permita interagir com seus usuários.

Atualmente, o custo de instalação de um sistema domótico é alto, inibindo usuários de implementar soluções para problemas simples. Nesses casos, um produto de fácil instalação e configuração pode auxiliar tarefas básicas como monitorar o funcionamento de uma casa ou prédio ou atuar sobre motores e lâmpadas da estrutura ou sistemas de segurança disponíveis.

Pretende-se com esse estudo desenvolver um produto final, qual permitirá um usuário interagir com o sistema através de um telefone comum, fazendo ligações convencionais para sua casa, ou através de um dispositivo que admita acesso à internet, tal qual um smartphone, tablet, ou mesmo notebook.

Para isso, serão desenvolvidas três placas eletrônicas, desde seu projeto em software CAD (*Computer Aided Design*), passando pelo modelo em 3D, até sua confecção final incluindo o processo de corrosão e solda dos componentes eletrônicos. O software embarcado em cada uma das placas também será desenvolvido, garantindo assim um produto completo e pronto para instalação.

Por tanto este trabalho justifica-se devido sua importância em preencher uma lacuna ainda aberta: a adoção de sistemas de controle remoto de dispositivos em casas, prédios ou empresas, com baixo custo inicial para solução de problemas simples como acionamento de um portão, alarme ou sistema de iluminação.

2 DESENVOLVIMENTO

O fator decisivo para uso de uma tecnologia é que ela seja capaz de satisfazer a expectativa do seu usuário alvo. Expectativa essa, que hoje é atendida quando se tem um sistema fácil de usar, com manutenção viável, custo mínimo em esforço para instalação e economicamente favorável.

2.1 REDE DE COMPUTADORES

No atual mundo globalizado, cada vez mais tudo está conectado, tanto computadores pessoais, quanto dispositivos autônomos de baixo custo, como um sensor de vazão de água por exemplo. As redes de computadores estão permitindo maior “igualdade” de acesso à recursos tecnológicos, afinal “[...] podem se tornar imensamente importantes para pessoas que se encontram em regiões geográficas distantes, dando a elas o mesmo acesso a serviços que é oferecido às pessoas que vivem em uma grande cidade”. (TANENBAUM, 2003, p. 15)

Uma rede doméstica normalmente é do tipo difusão. Este modelo de conexão possui apenas um canal de comunicação compartilhado por todas as máquinas desta rede (TANENBAUM, 2003), portanto uma mensagem, também conhecida como pacote, enviada por uma máquina será recebida por todas as outras máquinas da rede, porém somente a destinatária irá interpretá-la.

Seguindo ainda Tanenbaum (2003, p. 18) as redes de computadores podem ser classificadas de acordo com sua extensão e tipo de conexão utilizada:

- A tecnologia de transmissão das *Local Area Network* (LAN) quase sempre consistem em um cabo ao qual todas as máquinas são conectadas, como acontece com as extensões telefônicas que já foram usadas nas áreas rurais. As LANs tradicionais são executadas a uma velocidade que pode variar de 10 a 100Mbps, tem um baixo retardo (décimos de microssegundo) e cometem poquíssimos erros.

- Uma *Metropolitan Area Network* (MAN) pode abranger um grupo de escritórios vizinhos ou uma cidade inteira e pode ser privada ou pública. Esse tipo de rede é capaz de transportar dados e voz, podendo inclusive ser associado à rede de televisão a cabo local.
- Uma rede geograficamente distribuída, ou *Wide Area Network* (WAN), abrange uma ampla área geográfica, com frequência um país ou continente. Ela contém um conjunto de máquinas cuja finalidade é executar os programas (ou seja, as aplicações) do usuário.

2.1.1 Camadas de rede

Com o intuito de reduzir a complexidade de projeto, a maioria das redes foi organizada em camadas, que podem diferenciar-se de uma rede para outra. Porém, em todas as redes, essas camadas têm o objetivo de oferecer serviços às camadas superiores ocultando a forma como ela trabalha.

Assim, “Cada camada precisa seguir uma regra de convenção, conhecida como protocolo. Basicamente, um protocolo é um conjunto de regras sobre o modo como se dará a comunicação entre as partes envolvidas”. (TANENBAUM, 2003, p. 19).

Para que seja possível a transmissão de dados de uma máquina A para a máquina B, cada camada de rede N da máquina A se comunica com a camada N da máquina B transferindo dados e informações de controle imediatamente à camada abaixo dela, até chegar à última camada. Por fim, após passar pela Camada 1, os dados são transmitidos através do meio físico.

A Figura1 representa a transmissão de dados entre Host 1 até o Host 2, e suas camadas. Pode-se perceber que uma informação da camada 5, por exemplo, precisa passar por todas as camadas abaixo dela no mesmo host para só então ser transmitida.

No outro lado então, a informação precisa ser processada de forma inversa, (desempacotando os pacotes) até chegar à mesma camada de nível 5.

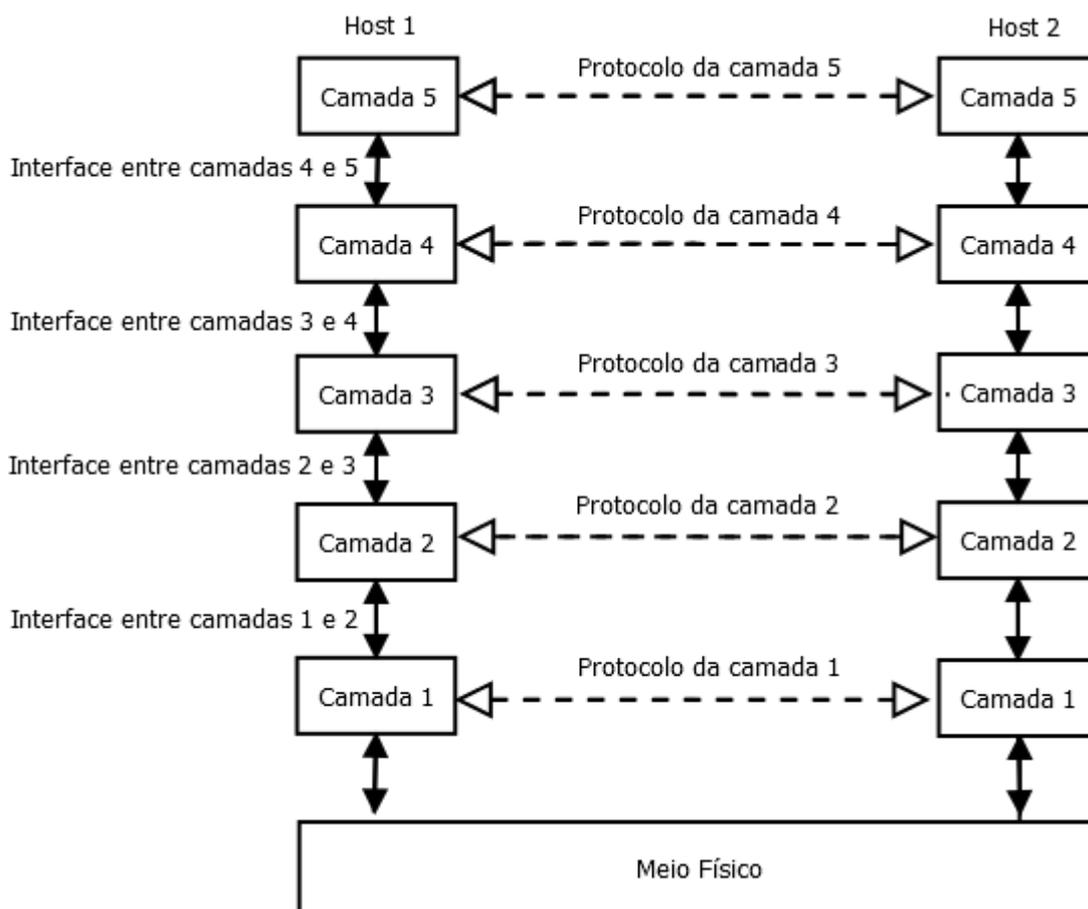


Figura 1 - Camadas protocolos e interfaces
 Fonte: TANENBAUM (2003, p. 30)

A comunicação entre as camadas de mesmo nível se dá através de interfaces, as quais definem as operações e serviços que uma camada inferior tem a oferecer para a camada superior a ela. Podem-se notar outras grandes utilidades das interfaces:

Além de reduzir o volume de informações que deve ser passado de uma camada para outra, as interfaces bem definidas simplificam a substituição de uma camada por uma implementação completamente diferente (por exemplo, a substituição de todas as linhas telefônicas por canais de satélite), pois a nova implementação só precisa oferecer exatamente o mesmo conjunto de serviços para seu vizinho de cima, assim como era feito na implementação anterior. (TANENBAUM, 2003, p. 20).

Seguindo esta ideia ainda, podemos ver que “A vantagem desse sistema é que se for necessário redesenhar uma das camadas, as demais podem permanecer

intactas” (CARNEIRO e MOKARZEL, 2004, p. 23) o que facilita muito a manutenção e evolução do sistema.

2.1.2 O Modelo de referência ISO/OSI

O *Open Systems Interconnection* (OSI) é um modelo proposto pela *International Standards Organization* (ISO) para criar um padrão mundial no uso dos protocolos nas diversas camadas.

Esse modelo possui 7 camadas, onde cada camada executa uma função bem definida e segue a regra de que ela “deve ser suficientemente grande para que funções distintas não precisem ser desnecessariamente colocadas na mesma camada e suficientemente pequena para que a arquitetura não se torne difícil de controlar” (TANENBAUM, 2003, p. 32.)

Cada camada do transmissor supõe que está enviando dados para a mesma camada do receptor. O fato de ela estar na verdade enviando os dados para a camada abaixo (com exceção da camada física), é apenas um aspecto técnico. A cada nível que os dados passam, um cabeçalho correspondente ao nível em questão é anexado a esses dados.

É como enviar uma carta pelo correio, é preciso inserir um envelope nela para que o sistema possa fazer a entrega correta de acordo com os dados de destino e origem. O receptor apenas é que terá acesso ao conteúdo (os dados). Seguindo Tanenbaum, (2003 p. 32-38) temos as seguintes camadas:

2.1.2.1 A camada Física

Esta camada trata detalhes de como a transmissão ocorrerá se será com ou sem fio, a definição de tensão na transmissão, a delimitação de como os 0s e 1s serão representados no meio físico. Encarrega-se também de definir a pinagem de conectores de rede, se a transmissão ocorre apenas em um sentido por vez, ou em ambos os sentidos simultaneamente, enfim, estabelece todos os detalhes mecânicos e elétricos.

2.1.2.2 A camada de Enlace de Dados

Responsável por abstrair quaisquer erros de transmissão sofridos pela camada física e reconhecer o início e fim de cada quadro transmitido. Quando ocorre alguma interrupção na comunicação entre as camadas físicas de dois hosts, cabe à camada de enlace de dados fazer a correção.

Ela também é responsável por garantir que um transmissor de mais alta velocidade que o receptor, baixe a velocidade de transmissão de dados. Essa camada ainda “[...] pode oferecer diferentes classes de serviço para a camada de rede, cada qual com qualidade e preço diferentes” (TANENBAUM, 2003, p. 34).

2.1.2.3 A camada de Rede

Define as rotas de entrega de pacotes da origem para o destino. Essas rotas podem ser estáticas ou dinâmicas, as quais alteram a rota de acordo com a carga da rede. Essa camada deve ser capaz de garantir compatibilidade entre os pacotes de uma rede e outra, como por exemplo, diferenças de endereçamento da sub-rede, tamanho de pacotes aceitos pela rede em questão de protocolos distintos.

2.1.2.4 A camada de Transporte

Sua função básica é aceitar os pacotes de dados da camada de sessão, dividi-los em partes menores, caso necessário, enviá-los para a camada de Rede e garantir que todos cheguem ao destino. “Além de multiplexar diversos fluxos de mensagem em um canal, também cabe à camada de transporte estabelecer e encerrar conexões pela rede” (TANENBAUM, 2003, p. 36). Pode-se, portanto afirmar que a camada de Transporte é uma chamada fim a fim, ou seja, liga a origem ao destino.

2.1.2.5 A camada de Sessão

Essa camada permite controlar melhor o fluxo de dados, pois trabalha com gerenciamento de tokens, muito útil em protocolos onde a mesma função não pode ser executada ao mesmo tempo nos dois lados da conexão. Também permite o uso

de sincronização, a qual permite gerenciar grandes transferências de arquivos marcando os pacotes já transferidos evitando sua retransmissão ao detectar alguma falha. “Uma sessão pode ser usada para permitir que um usuário estabeleça um login com um sistema remoto de tempo compartilhado ou transfira um arquivo entre duas máquinas” (TANENBAUM, 2003, p. 36).

2.1.2.6 A camada de Apresentação

Seu foco é garantir a representação dos valores a serem transmitidos de forma que o host em questão consiga comunicar-se com a rede e vice versa. Portanto, a camada de apresentação tem a responsabilidade de cuidar da sintaxe e semântica dos dados. “Para permitir que computadores com diferentes representações se comuniquem, as estruturas de dados intercambiadas podem ser definidas de uma forma abstrata, juntamente com a codificação padrão a ser usada durante a conexão”. (TANENBAUM, 2003, p. 37).

2.1.2.7 A camada de Aplicação

Trabalha diretamente com o usuário através de protocolos comuns. O protocolo de transferência de arquivos FTP é um exemplo disso. Essa camada garante que diferentes sistemas operacionais troquem arquivos através deste protocolo. Segundo Tanenbaum, “As camadas abaixo da camada de aplicação tem a função de oferecer um serviço de transporte confiável, mas na verdade elas não executam qualquer tarefa para o usuário” (2003, p. 657).

2.1.3 O Modelo de Referência TCP/IP

A primeira rede de computadores, a ARPANET, era uma rede de pesquisa que com o tempo foi conectando centenas de Universidades através de uma linha telefônica privada.

O Pentágono, criador original dessa rede, estava preocupado com estabilidade de conexão, eles queriam continuar a transmissão de informações de

uma ponta à outra mesmo que os computadores intermediários falhassem. “Por esse motivo foi necessário criar uma arquitetura flexível, capaz de se adaptar a aplicações com necessidades divergentes, como por exemplo, a transferência de arquivos e a transmissão de dados de voz em tempo real.” (TANENBAUM, 2003, p. 40).

As camadas do modelo OSI como Apresentação e Sessão raramente seriam utilizadas, então o protocolo TCP/IP as excluiu do modelo. Dentre as diferenças nas camadas podemos citar a substituição da camada Rede pela Inter-rede, qual define um formato de pacote oficial e um protocolo chamado de *Internet Protocol* (IP) (TANENBAUM, 2003, p. 40). Outra diferença entre as camadas está na de transporte, onde o TCP/IP implementa dois protocolos fim a fim:

- Protocolo **TCP** (Transmission Control Protocol): Garante a entrega dos pacotes, fazendo verificação nas transmissões, é orientado à conexão.
- Protocolo **UDP** (User Datagram Protocol): Ótimo para aplicações onde o que importa é a velocidade dos pacotes, como Audio e Video Streaming. Podemos entender melhor sua aplicação verificando:

Os usuários de telefone preferem ouvir um bit de ruído na linha ou uma palavra truncada de vez em quando a introduzir um retardo para aguardar confirmações. O mesmo acontece durante a transmissão de um filme de vídeo, quando não há problema se aparecem alguns pixels errados; no entanto, quando é necessário interromper a transmissão para corrigir erros tudo se torna extremamente irritante. (TANENBAUM, 2003, p. 27).

Por fim, a camada de aplicação está logo acima da camada de transporte, contendo protocolos de alto nível como o *Domain Name Service* (DNS) e o *World Wide Web* (WWW) entre muitos outros. Na Figura 2, tem-se a comparação entre as camadas do protocolo TCP/IP e o modelo OSI.

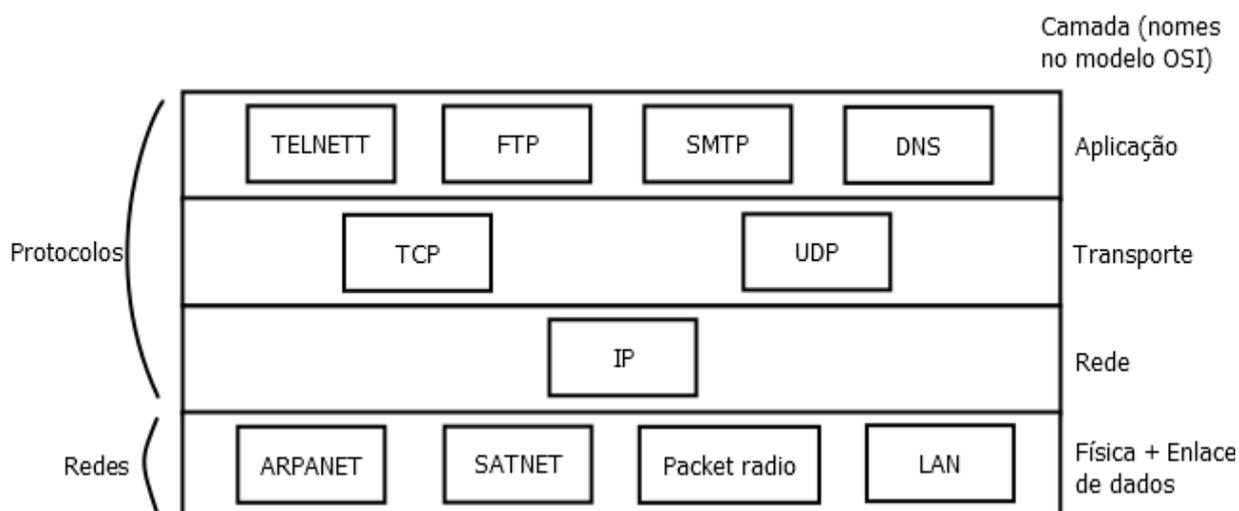


Figura 2 - Camadas do protocolo TCP/IP
 Fonte: TANENBAUM (2003, p. 47)

2.1.4 A internet

Existe hoje uma gigante infra-estrutura de computadores conectados entre si, formando a rede mundial de computadores, conhecida como internet. Ela pode ser aproveitada como meio de conexão entre qualquer dispositivo do mundo com outro, desde que na troca de dados, ambos obedeçam às regras dos protocolos.

Aplicações de tempo real que se beneficiam do protocolo TCP/IP podem ser facilmente configuradas para serem operadas remotamente o que aumenta as possibilidades de interação com o usuário.

2.2 O TELEFONE E A PSTN

Desde sempre o homem desejou compartilhar suas idéias e pensamentos, em tempos remotos a mão era usada em forma de cone ao redor da boca para dissipar melhor as ondas sonoras, permitindo que o indivíduo fosse ouvido a uma distância maior.

Os esforços do homem para vencer a dissipação das ondas sonoras levaram-no à construção de túneis sonoros entre prédios medievais.

Um moderno avanço dessa idéia é o Tubo Falante, usado em muitas casas e prédios de apartamentos. Com a evolução, foi necessário que a voz fosse transmitida entre cidades; o meio científico percebeu que a resposta ao problema não estava na utilização da força bruta, num esforço para ampliar o campo de ação da comunicação da voz. (MEDOE, 2000, p. 4)

Apesar do francês Charles Bourseul já ter mostrado o princípio da telefonia elétrica, Alexander Graham Bell é reconhecido como o inventor do telefone, tendo registrado sua patente em 14 de fevereiro de 1876. (MEDOE, 2000, p. 5)

Um telefone é um dispositivo eletro-mecânico que capta vibrações no ar, converte-as em variações de resistência em um circuito, qual causa atenuação na tensão transmitida ao outro aparelho, que por sua vez expressa essa variação de tensão em forma de som.

A *Public switched Telephone Network* (PSTN), é uma rede pública que permite a comunicação entre equipamentos telefônicos.

A PSTN é uma coleção de equipamentos de rede e de comutação que pertencem às operadoras de telefonia envolvidas no provimento de serviços telefônicos. Quando se fala em PSTN, isso significa, principalmente, a rede telefônica cabeada e seus pontos de acesso às redes sem fio, tais como celular, OS e comunicações por satélite. O acesso do assinante à PSTN é feito por meio de grandes comutadores, localizados nas centrais telefônicas da operadora, que oferecem o serviço básico de telefonia através de telefones analógicos comuns ou sistemas digitais de PBX. O acesso pode ser feito por telefones com fio ou pela rede sem fio. (JESZENSKY, 2004, p. 400)

Graças a essa rede, inúmeros equipamentos eletrônicos se comunicam, desde telefones analógicos simples, passando por aparelhos de fax, sistemas informatizados (através de fax modem), e por fim, sistemas de controle de automação.

2.3 ONDAS SONORAS EM UM MEIO ELÉTRICO

O som que ouvimos, basicamente é um efeito sentido por uma vibração de 20Hz à 20kHz no ar. “A sensação de audição ocorre quando as ondas sonoras

atingem nossos tímpanos, geralmente pela transmissão através do ar, embora seja possível ouvir através de contato direto, pela condução dos sons através dos ossos” (AMOS, 2004, cap. 10, p. 2)

Para que possa haver a geração é necessário que um objeto com características de elasticidade e inércia cresça e diminua, causando uma pequena variação no valor atmosférico constante.

Num sistema eletrônico, essas variações atmosféricas são captadas por um microfone, o qual converte-as em variações de resistência que por fim geram variações na tensão do circuito. “Um microfone é essencialmente um transdutor que converte sinais acústicos, ou seja, ondas sonoras, em sinais elétricos” (AMOS, 2004, cap. 10, p. 4). Existem vários modelos de microfones e sua construção varia de acordo com a aplicação, podendo ser para comunicação telefônica, gravação, radiodifusão entre outros.

Uma vez que se tem a variação de tensão em um circuito correspondendo à uma representação de som, basta então amplificar esse sinal e injetá-lo em um dispositivo que converta essa energia em vibrações mecânicas, conhecido como alto-falante.

2.4 SINALIZAÇÃO MULTIFREQUENCIAL

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

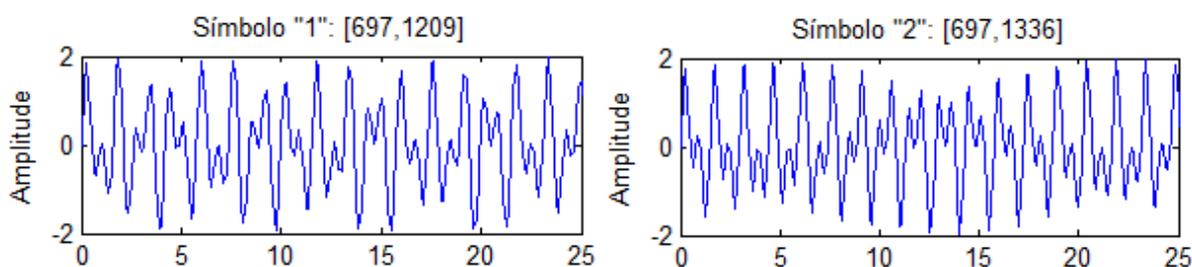


Gráfico 1 - Resposta de tons do teclado telefônico.
Fonte: Adaptado de MATHWORKS, (2011, p. 1)

2.4.1 Geração de sinais DTMF

Toda vez que um número no teclado de um telefone convencional é pressionado, ocorre o acionamento de um circuito integrado especialista em gerar tons DTMF. Esses tons nada mais são que a combinação de duas frequências vistas anteriormente. Na abaixo vemos o valor de frequência para cada tecla discada:

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

Figura 3 - Grupos de frequências DTMF e seus valores
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. Esse circuito integrado também é conhecido como teclado, um modelo de exemplo é o teclado UM 9151-3:

O teclado de pulsos UM 9151-3 é um circuito integrado do tipo CMOS, que converte os dígitos selecionados, em forma de pulsos, diretamente na linha telefônica, substituindo os discos mecânicos tradicionais. A tecnologia aplicada neste CI resulta num baixíssimo consumo de corrente e numa grande imunidade a interferências externas e ele pode ser utilizado com um pequeno número de componentes externos. (MEDOE, 2000, p. 50)

Num sistema simulador de linha telefônica, é necessário o uso de um gerador de tons DTMF para torná-lo eficiente e aplicável a vários tipos de testes.

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.

2.4.2 Decodificação de sinais DTMF com circuito integrado MT8870

O circuito integrado MT8870 é um decodificador completo de sinais DTMF, integrando a técnica de filtro por divisão de banda e funções de contador digital. Também reduz a quantidade de componentes externos necessários para seu funcionamento (ZARLINK, 2011, p. 1).

O quadro 1 representando uma tabela verdade a seguir, apresenta os valores binários para as saídas Q1 à Q4 do CI, de acordo com a *KEY* (tecla) pressionada.

| f _{LOW} | f _{HIGH} | KEY | TOE | Q ₄ | Q ₃ | Q ₂ | Q ₁ |
|------------------|-------------------|-----|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 697 | 1209 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 697 | 1336 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 697 | 1477 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 770 | 1209 | 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 770 | 1336 | 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 770 | 1477 | 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 852 | 1209 | 7 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 852 | 1336 | 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 852 | 1477 | 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 941 | 1209 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 941 | 1336 | * | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 941 | 1477 | # | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 697 | 1633 | A | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 770 | 1633 | B | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 852 | 1633 | C | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 941 | 1633 | D | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - | - | ANY | 0 | Z | Z | Z | Z |

Quadro 1 - Frequências DTMF de entrada e saída correspondente no MT8870.

Fonte: ZARLINK, (1983, p. 2)

Uma vez identificado um sinal válido, o circuito integrado gera, em sua saída de 4 bits (Q1 à Q4), um valor binário correspondente ao decimal que representa o correspondente à tecla discada, ou a um símbolo conhecido, como o símbolo “A” visto na figura acima.

2.4.3 Decodificação de sinais DTMF com algoritmo de goertzel

O mundo possui sinais analógicos, desde a luminosidade encontrada em um ambiente até a força do som de um alto-falante. O processamento destes sinais nem sempre foi feito de maneira digital, pois até a década de 60, toda tecnologia para se fazer esse processamento era analógica (MELLO, p. 4).

O processamento digital de sinal traz consigo a vantagem de ser flexível, permitindo que o mesmo microcontrolador rode diferentes algoritmos de processamento, “Por outro lado, no caso de uma máquina analógica, o sistema tem de ser reprojeto todas as vezes que as especificações de processamento de sinal são modificadas” (HAYKIN e VEEN, 2001, p. 33). Outra vantagem se dá ao fato de uma operação do processamento digital de sinal não sofrer atenuações, sendo executada sempre da mesma maneira, enquanto que em um processamento

analógico, o sistema pode sofrer interferências de uma fonte de alimentação, por exemplo, (Idem p. 33).

Usualmente, para detecção de frequências sonoras em um sinal pode-se usar a FFT (*Fast Fourier Transform* – 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 diferente do FFT, procura apenas por frequências já conhecidas em um 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 8000 amostras por segundo (8kHz). Nesta interrupção é captado o sinal analógico e através do conversor Analógico Digital do Arduino, é convertido em uma amostra digital.

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

Definida a taxa de amostragem e o tamanho do vetor de amostras, calcula-se o coeficiente baseado na frequência desejada. Com o coeficiente definido, cada amostra $N[i]$ é processada com o intuito de calcular a magnitude. Esta magnitude indica quanto da frequência desejada está presente naquele sinal.

Analisando cada uma das oito frequências da tabela DTMF vista anteriormente, pode-se definir com facilidade quais duplas estão presentes no sinal avaliado, sabendo assim qual tecla foi pressionada pelo usuário. No gráfico 2, exibe-se a detecção do número 1, ou seja, a presença das frequências 697 e 1209 no sinal.

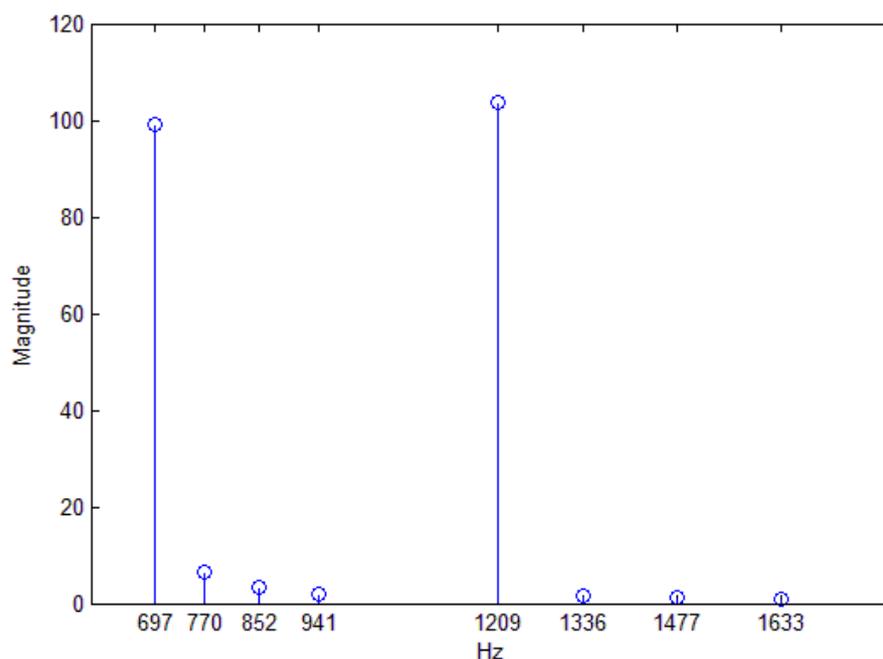


Gráfico 2 - Detecção de frequências em um sinal usando algoritmo de Goertzel.
Fonte: O autor.

2.5 CIRCUITO INTEGRADO

Formado por uma caixa de plástico, e um chip de silício, o circuito integrado pode conter milhões de transistores. Sua aplicação na indústria é direta, sendo hoje encontrado em muitos equipamentos eletrônicos. Remetendo um pouco à história deste componente, podemos entender melhor sua importância:

Após a invenção dos transistores, as implementações de circuitos digitais tornavam-se cada vez mais complexas. Pequenas calculadoras já utilizavam milhares de pequenos transistores. O número desse dispositivo empregado nos circuitos digitais aumentava rapidamente. Com isso veio a necessidade de reduzir a eletrônica envolvida, e dessa forma surgiu outra invenção, o circuito integrado (CI)...” (ANDRADE e OLIVEIRA, 2006, p. 22)

O transistor, principal componente da eletrônica moderna, foi o sucessor da válvula, tendo como vantagem a grande redução de espaço, consumo de energia e não ser necessário a produção com vácuo. Além de funcionar como amplificador de sinal, pode ser usado como uma chave comutadora, porém diferentemente dos

relés, não sofrem o atraso mecânico na atuação. Este componente foi considerado uma das maiores invenções do século passado idealizado pelos pesquisadores da Bell Lab's em dezembro de 1947. (ANDRADE e OLIVEIRA, 2006, p. 21).

2.6 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, cap. 9, 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 e OLIVEIRA, 2006, p. 23).

O método de fabricação subtrativo é o mais conhecido e usado. Neste método é impresso um padrão de fiação do circuito em sua base metálica. Por fim, através de um processo químico de eletrólise, é removido todo o excedente sobrando na placa somente as trilhas desejadas. (AMOS, 2004, cap. 9, p. 2)

2.6.1 Componentes discretos e de montagem em superfície

Componentes eletrônicos discretos são grandes e de fácil manuseio. Um transistor, por exemplo, sua parte ativa (pastilha) normalmente corresponde à uma área muito menor que a do invólucro. Na Figura 4, o transistor propriamente dito é a pastilha no centro do componente.

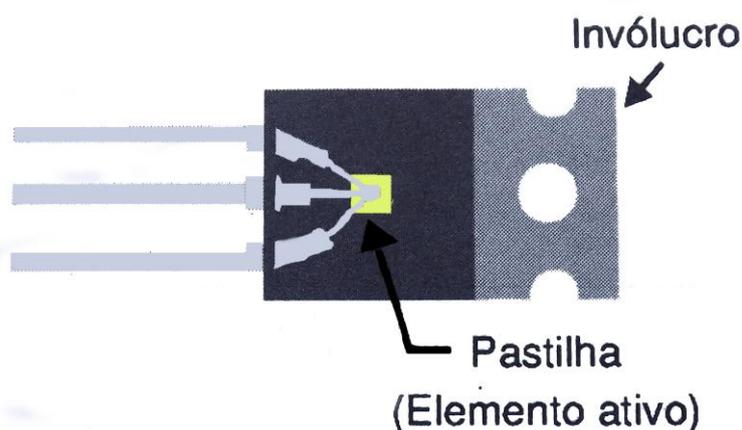


Figura 4 – Transistor discreto
 Fonte: BRAGA, (1999, p. 4)

Como ainda descreve (BRAGA, 1999, p. 4): “Se os transistores tivessem um invólucro com dimensões da mesma ordem que a pequena pastilha de silício que ele é propriamente, nossos dedos teriam dificuldades em manuseá-lo”.

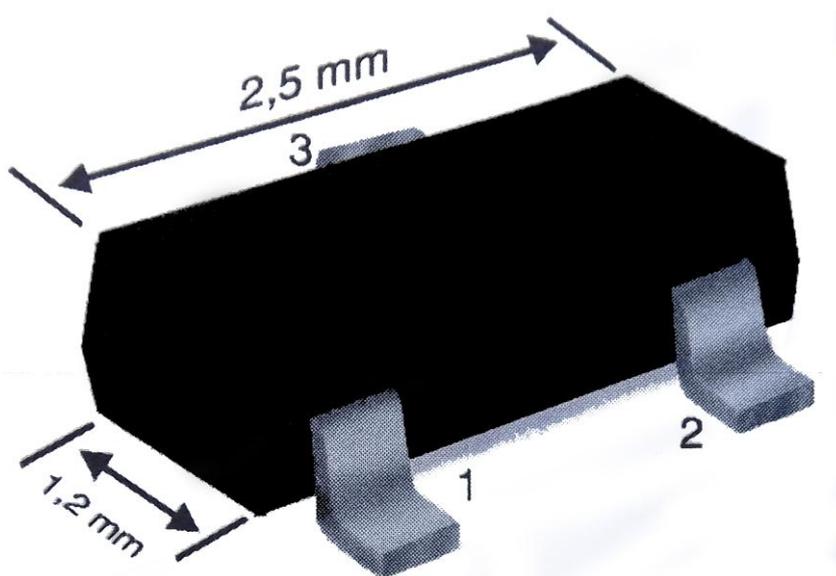


Figura 5 - Transistor SMD
 Fonte: BRAGA, (1999, p. 4)

A *Surface Mounting Technology* – *Tecnologia de montagem em superfície* (SMT) permitiu a miniaturização de componentes usando os *Surface Mounting Devices* – *Dispositivo de montagem em superfície* (SMD), como visto na figura acima.

Esses dispositivos nada mais são que componentes com invólucros diminuídos ao máximo reduzindo assim drasticamente seu tamanho. Como para as máquinas de montagem não há grandes problemas em se trabalhar com dispositivos pequenos, eles foram muito bem aceitos pela indústria que hoje produz produtos cada vez menores e mais compactos. Ainda segundo Braga (1999, p. 4) “Grande parte dos equipamentos comerciais atuais utiliza a técnica de montagem em superfície (MT) com emprego de componentes ultra-miniaturizados para a montagem em superfície chamada SMD”.

2.6.2 Desenho da placa com software CAD

Um 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 é através de um software CAD. Existem vários disponíveis no mercado, sendo dois deles analisados aqui:

- Eagle: Suporta aos sistemas operacionais Windows, Linux e Mac. Suporte à simulação de circuitos, muitos membros da comunidade open-hardware usam. Versão comercial e estudante. Possui tutoriais e é de fácil uso;
- Multisim: Suporte somente para Windows. Simula circuitos, e possui versão tanto comercial quanto para estudante e professores. Newton C. Braga lançou livro “UTILIZANDO O MULTISIM BÁSICO E DETALHADO”.

O software Eagle foi selecionado por possuir uma licença mais flexível, rodar em sistema operacional linux e ser usado pela maior parte de desenvolvedores open hardware.

2.6.3 Soldagem de componentes na placa

A solda manual de componentes pode ser feita com o uso de ferros ou estações de soldas, com potência entre 20W a 400W, dependendo de sua aplicação. “A regra geral segundo a qual deve-se utilizar o máximo de calor num espaço de tempo mínimo, ainda é aplicável e, no caso de componentes sensíveis à temperatura, pode-se utilizar uma barreira térmica” (AMOS, 2004, cap. 9, p. 6). Esse método de solda é bastante trabalhoso, sendo usado em protótipos ou pequenas produções do circuito em questão.

A solda automatizada de componentes se dá através de máquinas de montagens, as quais recebem os componentes em rolos e os fixam na placa. Para solda de componentes SMD o trabalho é maior:

O componente é inicialmente colocado na placa de circuito impresso do lado cobreado, utilizando-se para isso cola epoxi especial. Logo em seguida à colagem de todos os componentes em posição de funcionamento, a placa é levada a um banho de solda de modo que ela irá aderir apenas nos terminais e na região da placa exposta, formando assim a junção elétrica exigida para o funcionamento do aparelho. (BRAGA, 1999, p. 5)

Apesar de não envolver nenhum segredo, a solda precisa ser sempre efetuada com cautela e precisão. O projeto aqui discutido pode perfeitamente ser realizado com solda manual.

2.7 MICROCONTROLADORES

Um microcontrolador é um computador completo dentro de um circuito integrado. “Ele possui em um único encapsulamento, uma unidade central de processamento, memória de programa, memórias auxiliares, sistema de entrada/saída e vários periféricos que variam entre os modelos” (LUPPI e SCUNK, 2001, p. 20). Ou ainda, seguindo a visão de Sousa:

É como um pequeno componente eletrônico, dotado de uma inteligência programável, utilizado no controle de processos lógicos”

[...] “o microcontrolador ganhou ainda o adjetivo “pequeno”, pois em uma única pastilha de silício encapsulada (popularmente chamada de CI ou CHIP), temos todos os componentes necessários ao controle de um processo, ou seja, o microcontrolador está provido internamente de memória de programa, memória de dados, portas de entrada e/ou saída paralela, timers, contadores, comunicação serial, PWMs, conversores analógico-digitais, etc. (SOUSA, 2009, p. 21-22).

O microcontrolador é o componente chave para a correta tomada de decisões no sistema de controle do projeto a ser desenvolvido e, graças à capacidade de ser programado, dá ao projeto extrema flexibilidade.

Seu uso ao invés de portas lógicas se justifica neste projeto afinal deve-se usar um microcontrolador “Toda vez que for necessário a um circuito realizar operações e procedimentos que variam conforme estímulos ou condições de um ambiente, comandos e procedimentos, análises e correções...” (LUPPI e SCUNK, 2001, p. 20).

O uso de microcontroladores é muito abrangente e comum, pois “Atualmente, muitos equipamentos de nosso uso diário, tais como: eletrodomésticos, videocassetes, alarmes, celulares e brinquedos, entre outros, utilizam microcontroladores para execução de suas funções básicas” (SOUSA, 2009, p. 22).

2.7.1 Modelos disponíveis no mercado

Existem dezenas de fabricantes de microcontroladores, e milhares de modelos disponíveis no mercado. Os principais fatores que influenciam a compra desses componentes são:

- **Tamanho da memória RAM:** A memória de acesso randômico (RAM) é utilizada pelo programa principal para executar suas rotinas. Todo processador precisa de uma memória RAM para rodar;
- **Capacidade de memória FLASH:** Uma vez desenvolvido o programa responsável por controlar o circuito eletrônico desenvolvido, ele precisa ser armazenado permanentemente de forma rápida e eletrônica. Tudo isso é possível graças à memória FLASH, que combina velocidade

com gravação através de um meio elétrico, dispensando o uso de luz ultra-violeta;

- **Número de entradas e saídas (I/Os):** Todo sistema computacional precisa receber dados do mundo externo, processá-los e gerar uma saída em função disto. A entrada e saída é feita através de portas específicas conectadas diretamente ao processador. Em muitos projetos esse fator é determinante;
- **Tempo de atuação do fabricante no mercado:** Pensando em larga escala, se um projeto foi desenvolvido com uma família específica de microcontroladores e essa linha sai de produção, o projeto precisará ser readaptado, gerando mais custos. Por esse motivo sempre é bom verificar a experiência e o tempo de atuação da fabricante escolhida;
- **Suporte ao desenvolvedor:** Tão importante quanto o tempo de atuação no mercado é o apoio que o fabricante deve conceder ao desenvolvedor, fornecendo a ele ferramentas que facilitem o desenvolvimento de aplicações usando sua tecnologia.

Entre as principais famílias disponíveis encontram-se: PIC, AVR, ARM. Serão analisadas duas famílias de microcontroladores aqui.

2.7.2 A família PIC

Estando no Brasil desde 1990 (SOUSA, 2009, p. 21), a Microchip, fabricante de microcontroladores PIC, já está consolidada e tem seus produtos usados em muitos eletroeletrônicos conhecidos, desde alarmes para casa até nobreaks de computadores.

Em relação à memória interna e I/Os tanto PIC quanto AVR possuem diversos modelos semelhantes, fazendo esses quesitos não influenciarem na escolha de uma ou outra família.

Uma grande diferença se tratando da medida de velocidade está nos MIPS (milhões de instruções por segundo). Afinal, “Nos microcontroladores PIC, o sinal do

clock é internamente dividido por quatro. Portanto, para um clock externo de 4MHz, temos um clock interno de 1 MHz e, conseqüentemente, cada ciclo de máquina dura 1us (microsegundo)” (SOUSA, 2009, p. 24). Já em um microcontrolador AVR, onde não ocorre a divisão por quatro, com o mesmo clock externo de 4MHz, teríamos 4 ciclo de máquinas por microsegundo.

O *Integrated Developer Environment* (IDE) da família PIC mais conhecido é o MPLAB, que agora roda em Windows, Linux e Mac. Em geral os kits de estudante para esta plataforma custam em torno de R\$ 200,00.

2.7.3 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 conhecido, se tornou 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\$ 70,00), muitos exemplos de códigos fonte disponíveis na internet, grande comunidade de desenvolvedores, por fim, software e hardware usam o conceito open-source.

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

- 2 kB de memória RAM;
- 32 kB de memória FLASH (dos quais 30kB podem ser usados pelo programador);
- 32 registradores internos de uso geral;
- 2 interrupções externas;
- 6 canais PWM (*Pulse Width Modulation*);
- 2 Timers de 8 bits;
- 1 Timer de 16 bits;
- 6 Conversores DAC (*Digital Analog Converter*) / ADC (*Analog Digital Converter*) de 10 bits.

Este 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. O autor definiu que a melhor opção inicial para desenvolvimento seria a plataforma Arduino, pois já foram executados testes e realizados cursos usando esta tecnologia muito bem difundida.

2.8 A CAMADA DE SOFTWARE

Um software nada mais é que um conjunto de instruções para determinado hardware executar, e é também conhecido como programa de computador. “Estes programas de computador guiam o computador através de conjuntos ordenados de ações especificados por pessoas chamadas de programadores de computador” (SCHILDT, 1991, p. 52).

O hardware é basicamente um conjunto finito de componentes elétricos, dispostos sobre uma superfície que permita a conexão entre eles. Quando falamos em um sistema digital, por mais elaborado que o hardware seja, ele irá receber instruções lógicas, predefinidas via software.

Apesar de um hardware embarcado normalmente comportar um conjunto menor de instruções, conseqüentemente um software mais simples, também é necessária a modelagem deste, facilitando sua implementação, manutenção e futuras melhorias. Para tal, é imprescindível o uso da *Unified Modeling Language* (UML) afinal segundo MELO: “Hoje, é indiscutível que a UML é um padrão de mercado para modelagem de sistemas no paradigma da orientação a objetos”. (2004, p. 31)

A UML padroniza a forma na qual um programa de computador é descrito, tornando-a legível tanto para a equipe de desenvolvimento quanto para o cliente, reduzindo ambigüidades naturais da língua humana.

A UML proporciona uma forma padrão para a preparação de planos de arquitetura de projetos de sistemas, incluindo aspectos conceituais tais como processos de negócios e funções do sistema, além de itens concretos como as classes escritas em determinada linguagem de programação, esquemas de banco de dados e componentes de software reutilizáveis. (MELO, 2004, p. 33)

Para descrever a rotina de uso de um software, o diagrama de caso de uso é utilizado. Segundo MELO (2004, p. 54): “Um caso de uso (Use Case) descreve uma sequência de ações que representam um cenário principal (perfeito) e cenários alternativos...”. É também responsabilidade do caso de uso deixar clara a interação que existe entre o sistema e os atores.

Um diagrama de caso de uso é montado de acordo com os requisitos do sistema levantados pelo analista de sistemas. Cabe a ele identificar os casos de uso, atores do sistema e quais as relações entre eles.

Por se tratar de um sistema embarcado, que está intimamente ligado com interações vindas do mundo externo, o diagrama de atividades é um bom recurso da UML 2.0 usado para descrever o funcionamento do processo principal da central de processamento. “Este diagrama tem por propósito focalizar o fluxo de atividades que ocorrem internamente em um processamento, dentro de um período de tempo” (MELO, 2004, p. 187)

2.9 PROGRAMAÇÃO DE MICROCONTROLADORES

Como visto anteriormente, um microcontrolador necessita de uma camada de software para fazer a correta tomada de decisões, baseado na programação e em suas entradas. Programar um microcontrolador nada mais é que inserir em seu chip um conjunto de instruções que permita seu controle de acordo com a necessidade do desenvolvedor.

2.9.1 Programação em Assembly

Existem níveis de programação para computadores, e Assembly pode ser considerado o nível mais baixo de programação afinal “... não possui nenhum comando, instrução ou função além daqueles definidos no conjunto de instruções do processador utilizado”. Portanto, o programador fica limitado a usar as instruções do processador selecionado para resolver seu problema. “qualquer operação mais complexa deve ser traduzida em um conjunto de comandos Assembly” (PEREIRA, 2007, p. 16-17)

Assembly consiste em uma forma alternativa de representação dos códigos de máquina usando mnemônicos, ou seja, abreviações de termos usuais que descrevem a operação efetuada pelo comando em código de máquina. A conversão dos mnemônicos em códigos binários executáveis pela máquina é feita por um tipo de programa chamado Assembler (montador). (PEREIRA, 2007, p. 15).

Devido ao grau de complexidade e a experiência do autor, a linguagem Assembly não será utilizada para programação do sistema.

2.9.2 Programação em C

A linguagem de programação em 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)

Utilizando a linguagem C, o processo de compilação será 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 co 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” (Idem p. 18)

A IDE do Arduino é totalmente compatível com a linguagem C, e todos os programas exemplos encontrados na comunidade são escritos em C. Devido ao alto grau de portabilidade, legibilidade e facilidade, o autor adotou esta linguagem na programação do sistema.

2.10 CASAS INTELIGENTES

A idéia de “casas inteligentes” surgiu nos anos 70, quando se iniciou a instalação de dispositivos de Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado – AVAC, que eram dotados de microprocessadores. Porém, só nos anos 80 que o termo foi adotado para o edifício *Lloyds Building* construído em Londres.

Esta tecnologia consiste em dotar uma casa ou prédio com sistemas de controles de iluminação, ar condicionado, som, segurança entre outros, de forma a automatizar tarefas cotidianas e otimizar processos, como gestão de luz ambiente e reaproveitamento de água. (ALVES e MOTA 2003, p. 11)

Um sistema robótico pode ser classificado de várias maneiras, e o uso do termo “inteligente” pode ser explicado recorrendo à:

As máquinas robóticas podem ser classificadas segundo critérios distintos. Por exemplo, podem ser agrupadas quanto à aplicação, quanto à cadeia cinemática, quanto ao tipo de atuadores, quanto à anatomia, etc. Sequer o termo robô possui um significado único. Pode tanto representar um veículo autônomo quanto um humanóide ou um simples braço com movimentos. O grau de interatividade com agentes externos permite classificá-los em totalmente autônomos, programáveis, seqüenciais ou ainda inteligentes. De certa forma, dada a quantidade de aplicações que surgem a cada momento, é praticamente impossível haver uma única forma de classificação. (CARRARA, 2011, p. 13)

Quando dizemos que um sistema tem um alto grau de interatividade, ou que é “inteligente”, estamos nos referindo à capacidade deste sistema de se comunicar com agentes externos, através de sensores e atuadores mecânicos.

Exemplos desses atuadores são os motores e válvulas e também sensores para coleta de dados. Um atuador é ativado de acordo com um nível lógico em um circuito eletrônico, e este nível lógico provém de um hardware microcontrolado.

A tecnologia em casas inteligentes pode evoluir, pois ela é muito limitada como podemos ver em alguns argumentos de Alves e Mota:

Ao analisarmos as funcionalidades tecnológicas num edifício comparando-as com as de qualquer veículo automóvel, equipamento de telecomunicações, ou com um simples eletrodoméstico, rapidamente damos conta do déficit tecnológico que ainda é usual encontrar em qualquer habitação tradicional – o maior, mais importante e mais duradouro investimento da vida de cada um. (ALVES E MOTA 2003, p. 10)

Sendo assim, podemos ver que o mercado precisa de novas tecnologias que atendam às novas demandas, e que tragam em si conceitos atuais, como comodidade, facilidade, manutenibilidade e mobilidade; sendo esta última um conceito muito positivo, pois mobilidade neste contexto é a capacidade de agir de forma eficaz em situações onde o tempo de ação faz a diferença.

Mobilidade nos remete automaticamente à telefonia móvel e esta poderá ser usada como controle acionador do sistema, visto que também faz conexão com a telefonia convencional e também é capaz de enviar códigos na sinalização DTMF.

O projeto desenvolvido gerou três placas, sendo elas de controle, acionamento e geração de som. Para produção de cada uma foi desenvolvido inicialmente o esquema elétrico, em seguida o modelo em 3D e por fim, a produção final de cada placa.

Nesta seção será apresentado cada etapa do desenvolvimento das placas e no final será explicado a função de cada bloco principal em cada placa.

2.11 TESTES E PROTÓTIPOS

Como todo projeto, este precisou de alguns protótipos e testes para que pudesse ser desenvolvida sua versão final. Tais protótipos foram feitos em uma placa de prototipação, também conhecida como *protoboard*.

Esta placa permite a conexão dos componentes e fios, sem que seja necessário soldá-los para haver transmissão de energia entre eles.

2.11.1 A primeira versão do sistema

Desenvolvida em um projeto de pesquisa, era capaz de decodificar dígitos DTMF, usando um simulador de linha telefônica. A divisão em módulos facilita seu entendimento:

- (A) Interface com o usuário desenvolvida com display LCD (*Liquid Crystal Display*) de 128x64 pixels. O display foi dotado de uma camada resistiva sensível ao toque, permitindo interagir com o usuário através de toques na tela, o já conhecido sistema *touchscreen*.
- (B) Uso do Arduino Mega 1280, versão do Arduino com maior capacidade para conexões externas, também com 8KB de memória RAM, necessários para gerir todo o sistema.
- (C) Trafo usado para isolar a linha telefônica do sistema principal, a fim de protegê-la e evitar geração de ruído durante conversação.
- (D) Entrada da linha telefônica e saída para telefone convencional normalmente presente na casa.
- (E) Conexão com teclado padrão PC, para entrada de dados no sistema.
- (F) Circuito MT8870. Responsável por fazer a decodificação DTMF, usado para gerar a interação com o usuário.

(G)Cartão de memória SD (*Secure Digital*) usado para armazenar informações de configuração, lista de contatos e músicas a serem reproduzidas.

Na figura 6, é exibida a placa de prototipação, com entrada da linha telefônica, o, acesso ao cartão SD (*Secure Digital*), entrada de informações do usuário através de um teclado padrão PC (*Personal Computer*) e o display *touchscreen* de 128x64 pixels.

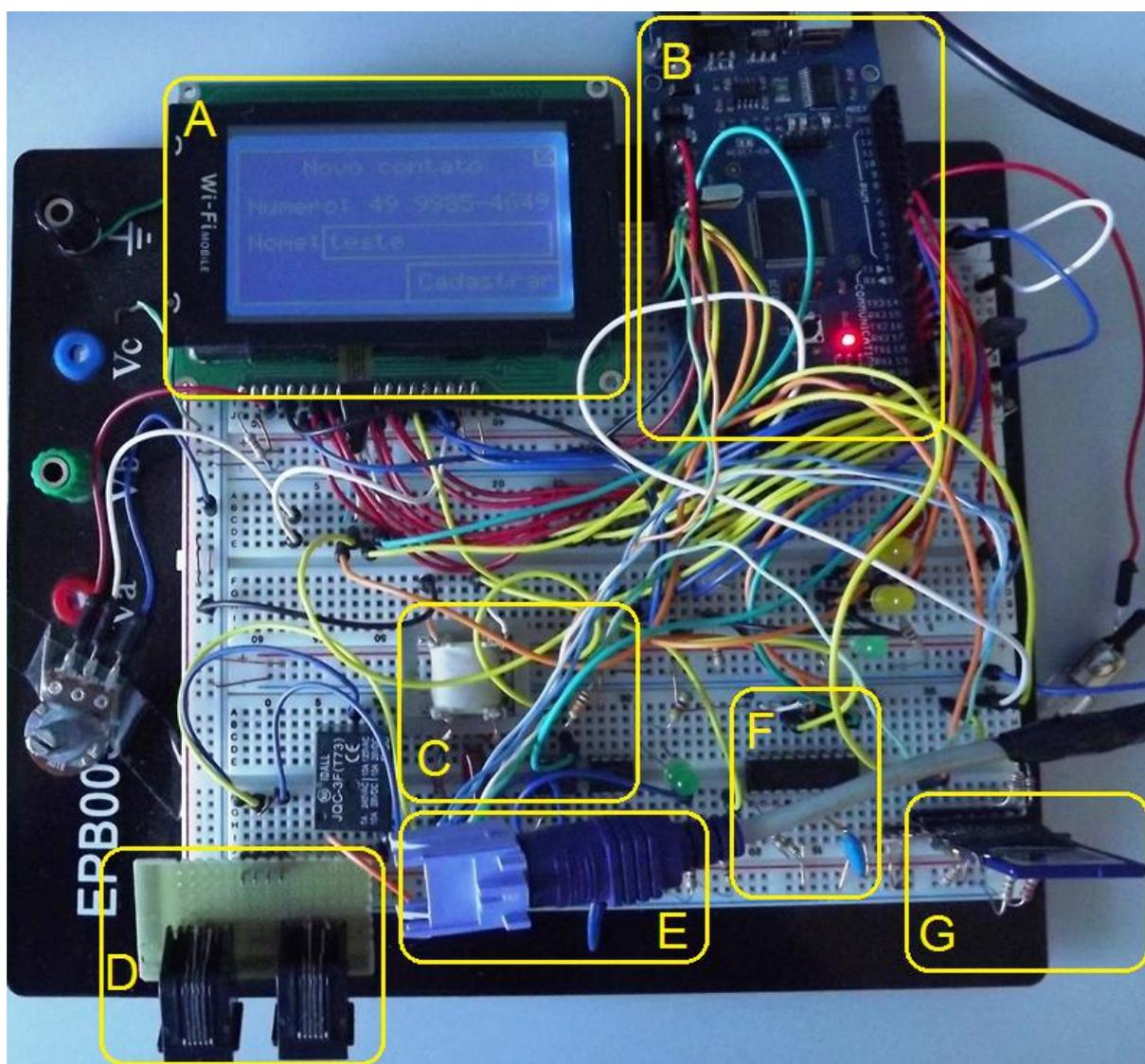


Figura 6 - Protótipo para reconhecimento de sinais DTMF, acesso a cartão de memória e interface com display 128x64 touchscreen usando o Arduino Mega.
Fonte: O autor.

2.11.2 Atendimento microcontrolado de chamada

O segundo estágio do sistema foi atender chamadas através do microcontrolador, permitindo a inserção do som nesta, gerando assim a interação com o usuário. O protótipo exibido na figura 7 é capaz de atender chamadas da linha telefônica, decodificar códigos DTMF.

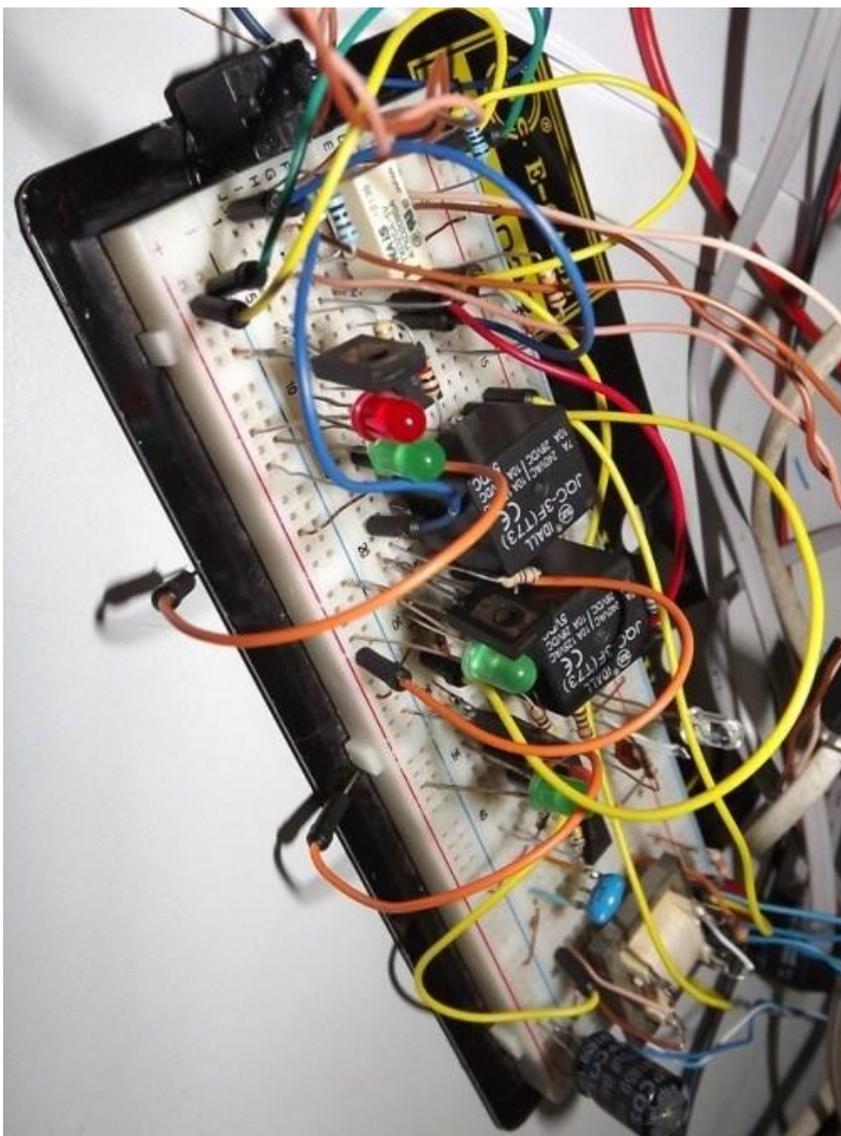


Figura 7 - Protótipo para atendimento de chamada externa e decodificação de códigos DTMF

Fonte: O autor.

2.11.3 Protótipo do módulo de controle e de geração de som

O protótipo visto na figura 8, exibe o módulo de controle montado na *proto-board* e o módulo gerador de som montado com o Arduino e o *WaveShield*. Este foi o último protótipo desenvolvido, e de maior importância, pois os dois módulos juntos, formam o principal componente do sistema.

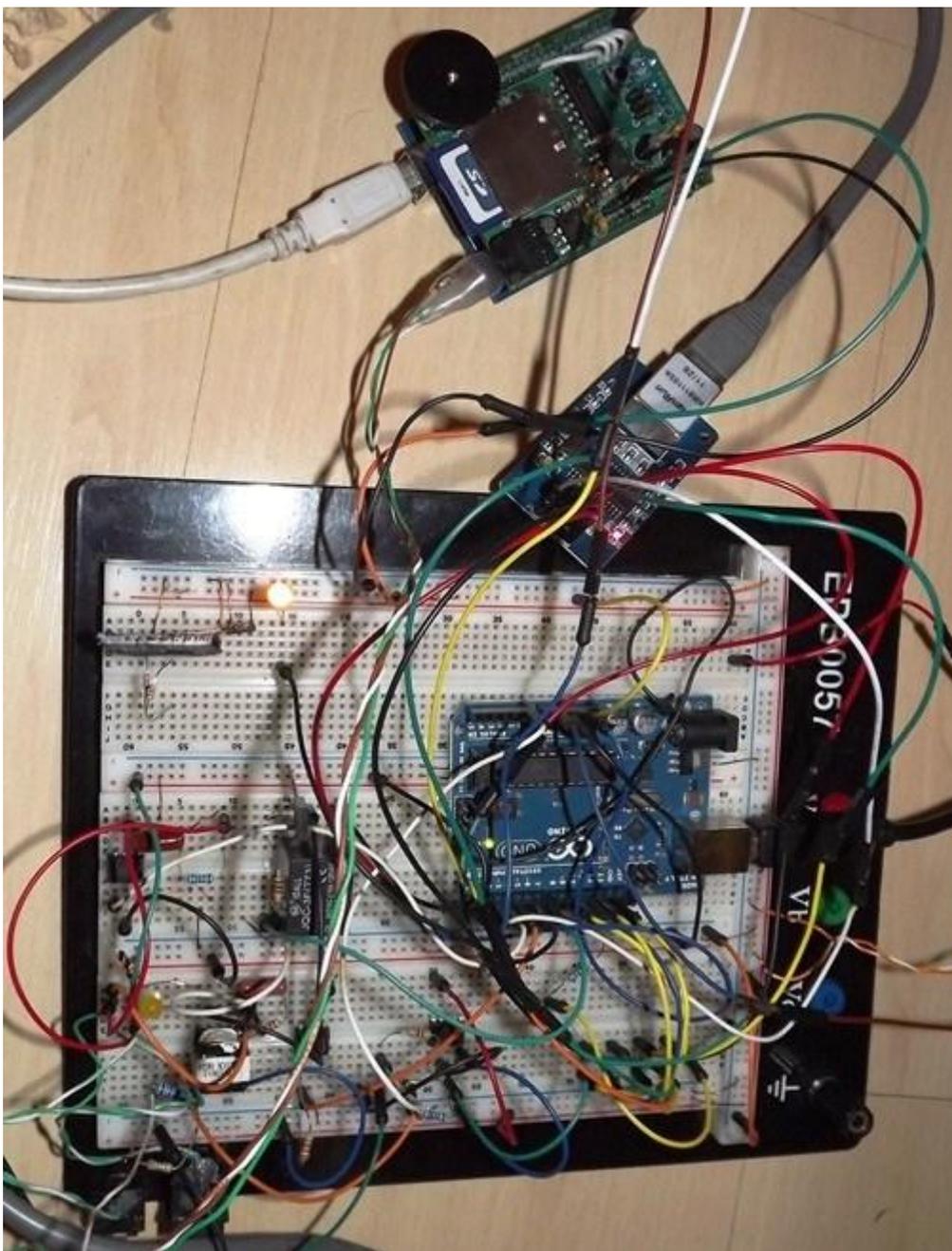


Figura 8 - Protótipo do módulo de controle e módulo gerador de som trabalhando juntos
Fonte: O autor.

2.11.4 Amplificação do som da linha telefônica

A onda sonora em uma linha telefônica, após passar pelo isolador da linha perde sua amplitude, resultando em um sinal fraco que gera muita distorção se analisado diretamente pelo conversor analógico-digital.

Essa onda precisou ser amplificada por um Amplificador Operacional, o qual gerou um ganho excelente e permitiu atenuar o sinal de entrada com seus limites muito próximos ao 0 volt e 5 volts. Desta forma, o conversor ADC resultou em valores muito próximos do sinal original, permitindo que o algoritmo de Goertzel rodasse corretamente.

Na figura abaixo, exibe-se a onda sonora correspondente à tecla dois do teclado telefônico. Na parte superior tem-se a onda original, vinda diretamente da linha telefônica e na parte inferior a mesma onda passando pelo amplificador operacional. Percebe-se um grande ganho de amplitude neste sinal.

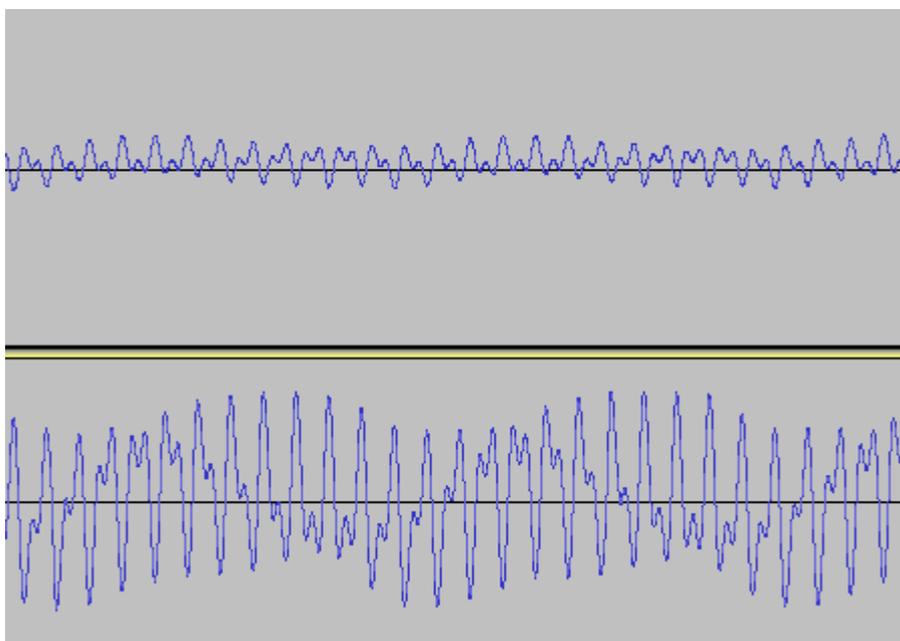


Figura 9 - Onda sonora correspondente ao dígito dois do teclado telefônico. Original (superior) e amplificada (inferior).

Fonte: O autor.

2.12 DESENVOLVIMENTO DAS PLACAS NO SOFTWARE CAD EAGLE

Todas as placas desenvolvidas foram inicialmente projetadas com o software CAD Eagle. Isso permitiu gerar o modelo 3D prévio da placa, assim como também fazer análises de erros e melhorias no projeto. O projeto das placas se fez em três etapas:

- Criação do esquema elétrico principal;
- Geração do layout com duas camadas;
- Geração do modelo 3D.

A figura 10 exibe parte do esquema elétrico gerado para a placa de controle, a placa principal do sistema:

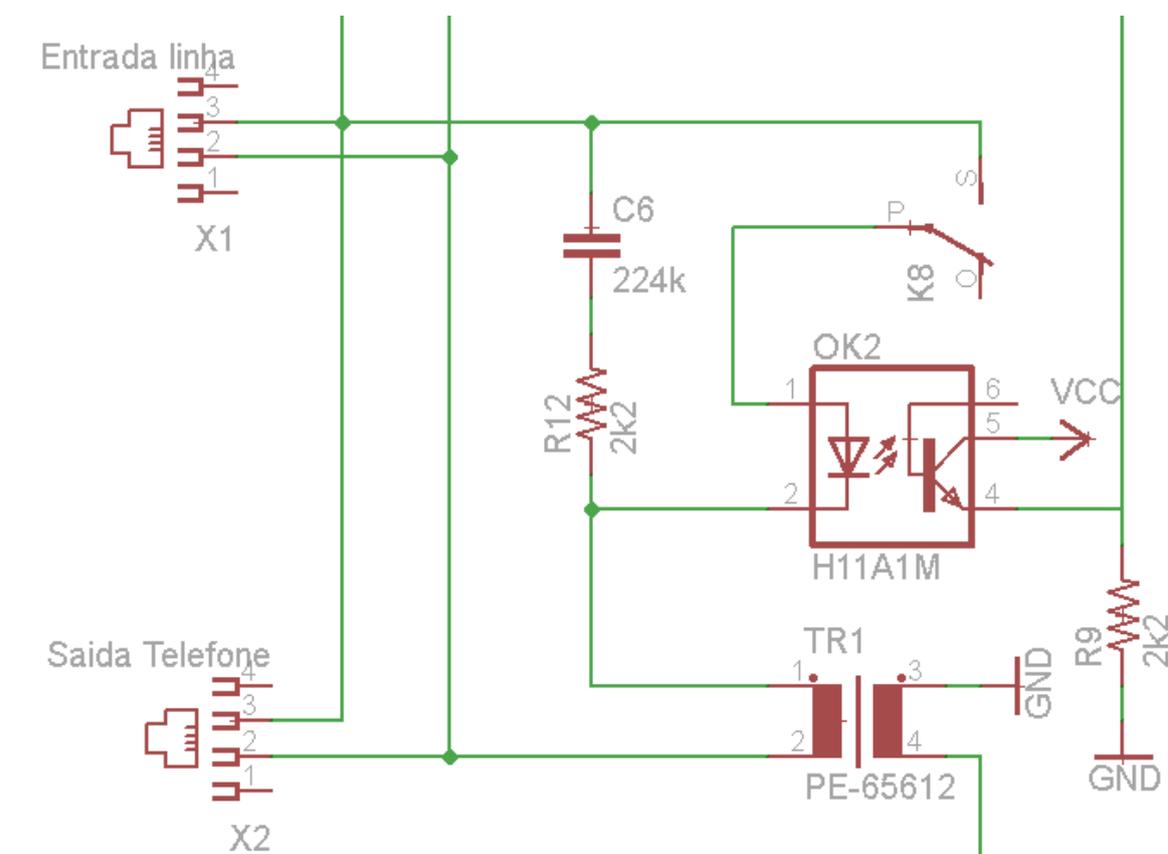


Figura 10 - Parte do esquema elétrico da placa de controle.
Fonte: O autor.

Quando uma placa necessita de um número grande de conexões, são necessárias duas ou mais camadas de fios para que todas as conexões sejam feitas sem que ocorra uma conexão indesejada no circuito. Todas as placas construídas

neste trabalho necessitaram de duas camadas de conexões, sendo rotuladas no software Eagle como “Top” (cima) e “Bottom” (baixo).

A figura 11 exibe o esquema de montagem dos componentes e a passagem dos fios na placa, para a camada de cima (cor marrom) e a camada de baixo (cor azul).

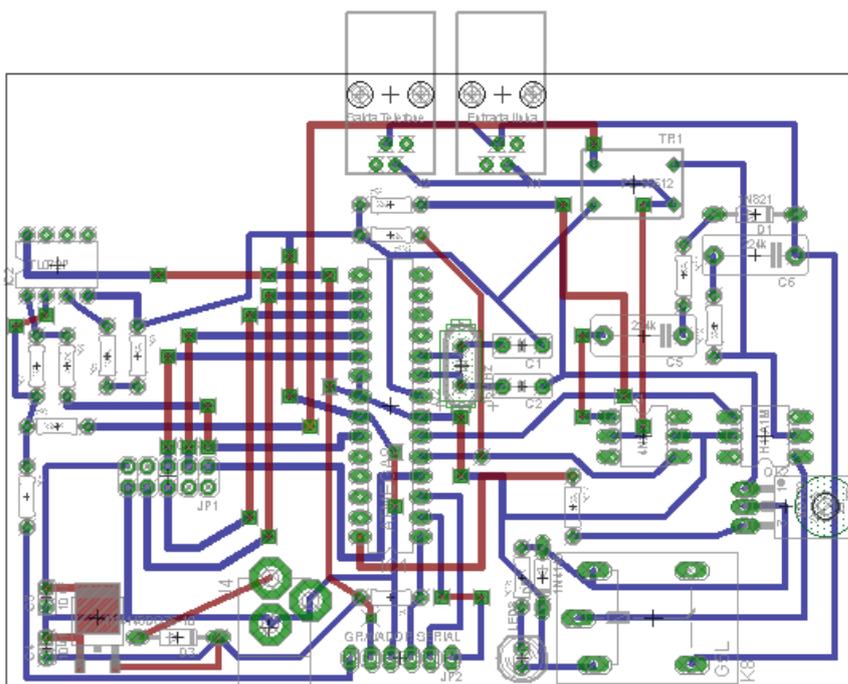


Figura 11 - Esquema de conexões e passagem de fios da placa de controle.
Fonte: O autor.

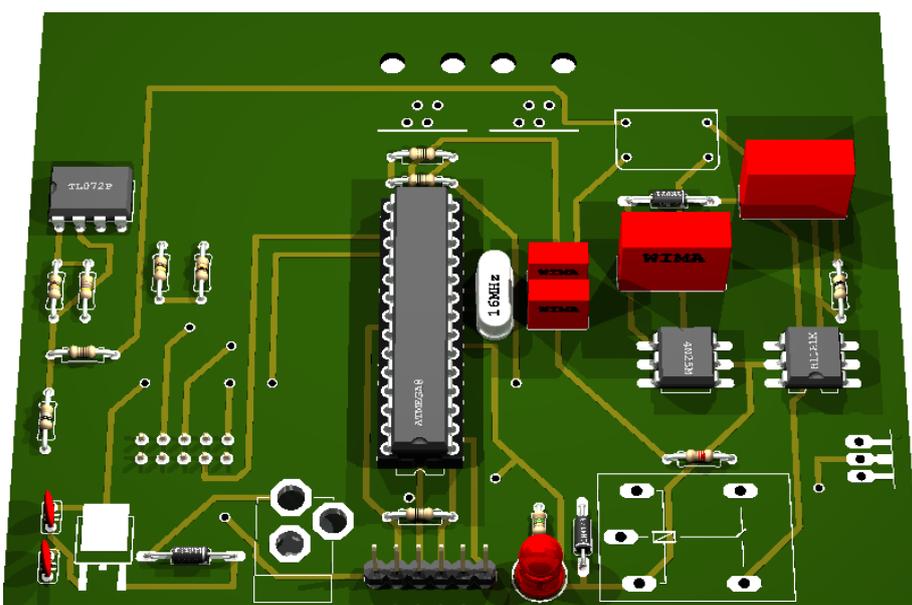


Figura 12 - Modelo 3D da placa de controle.
Fonte: O autor.

A geração do modelo em 3D de uma placa auxilia sua montagem e permite analisar melhor a forma que ela irá tomar quando montada. O software Eagle juntamente com o software POV-Ray permitiram facilmente a criação destes modelos. A figura 12 a seguir corresponde ao modelo 3D da placa de controle do sistema.

2.13 PROCESSO CONSTRUÇÃO DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

Todos os módulos desenvolvidos neste trabalho passaram pelo processo de corrosão e solda dos componentes eletrônicos. Nesta seção será descrito este processo e analisados os pontos mais importantes para a realização desta etapa.

2.13.1 Impressão do esquema de conexões da placa (layout)

Como visto anteriormente, com apoio do software Eagle gerou-se os layouts em cada placa. Por se tratar de várias conexões, cada uma usou dois layouts: superior e inferior, necessitando assim de dois desenhos.

Na figura 13, exibe-se os desenhos correspondentes às trilhas de conexões de uma placa. O desenho foi impresso em folhas de papel Glossy com Tonner, pois este é um material derivado do plástico que, quando aquecido, é transferido para a placa de fenolite, preparando-a para a corrosão.

A qualidade de impressão escolhida foi de 600dpi garantindo assim maior precisão do desenho.

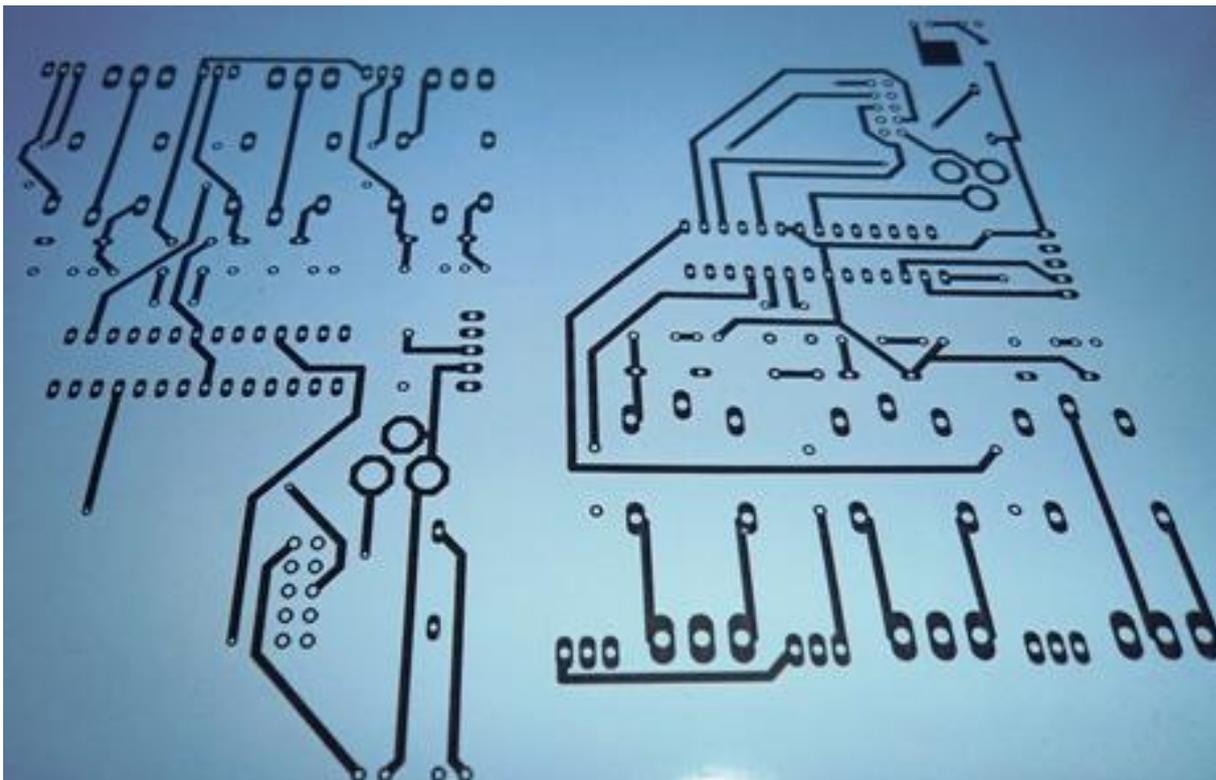


Figura 13 - Circuito impresso em folha de papel Glossy.
Fonte: O autor.

2.13.2 Limpeza da placa de fenolite

Por possuir uma camada de cobre, a placa de fenolite oxida facilmente o que impede a correta transferência do desenho visto anteriormente. Para resolver esse problema foi necessário a limpeza desta placa com escova de aço, e a fim de retirar os resíduos da escova, usou-se álcool Isopropílico caracterizado por possuir menos que 1% de água em sua composição.

A figura 14 está dividida em duas partes: Na primeira (à esquerda) a placa está suja, estado natural de armazenamento, e a segunda (à direita) exhibe-se a placa limpa e pronta para sofrer a transferência do circuito impresso.

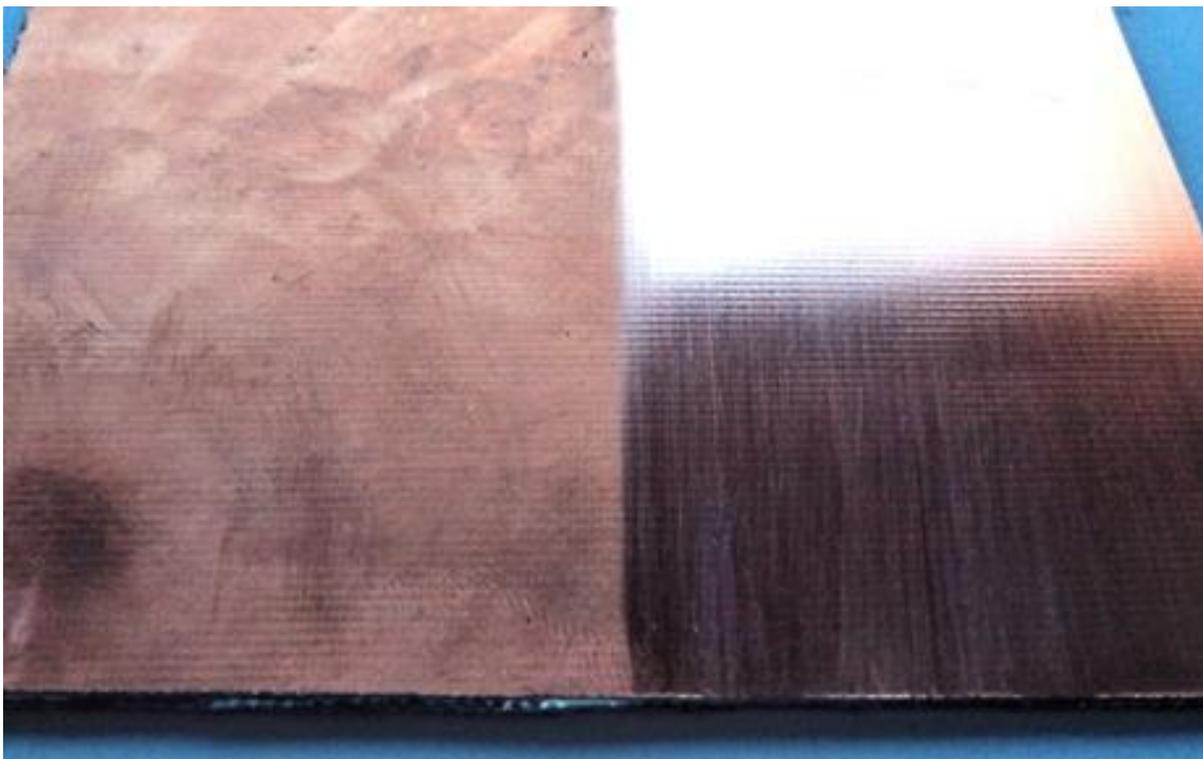


Figura 14 – Placa de fenolite, à esquerda antes de limpar e à direita a parte limpa.
Fonte: O autor.

2.13.3 Fixação da impressão na placa

Para garantir que durante o processo de transferência a imagem das trilhas não desalinhe, é importante a correta fixação desta na placa de fenolite. O material usado foi fita crepe comum, pois resiste bem ao calor mantendo o desenho fixado corretamente na placa. A figura abaixo exhibe sua fixação simples.

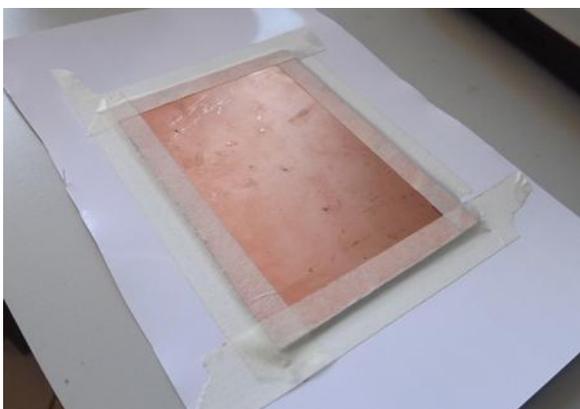


Figura 15 - Papel Glossy contendo circuito impresso corretamente fixado na placa de fenolite.
Fonte: O autor.

2.13.4 Transferência da imagem do circuito impresso para a placa de fenolite

Este é um processo crucial, pois se for mal executado, o tonner no papel Glossy não será corretamente transferido para a placa, causando falhas na trilha, as quais comprometem o funcionamento da placa.

Nesta etapa são necessários cinco minutos de compressão do ferro quente sobre o papel Glossy, sempre alternado o local de pressão e usando as laterais do ferro como espátula em momentos intercalados, a fim de garantir a correta transferência do desenho.

A figura 16 exhibe o processo de transferência do desenho. O ferro usado foi um de passar roupas comum e a base usada foi de madeira.

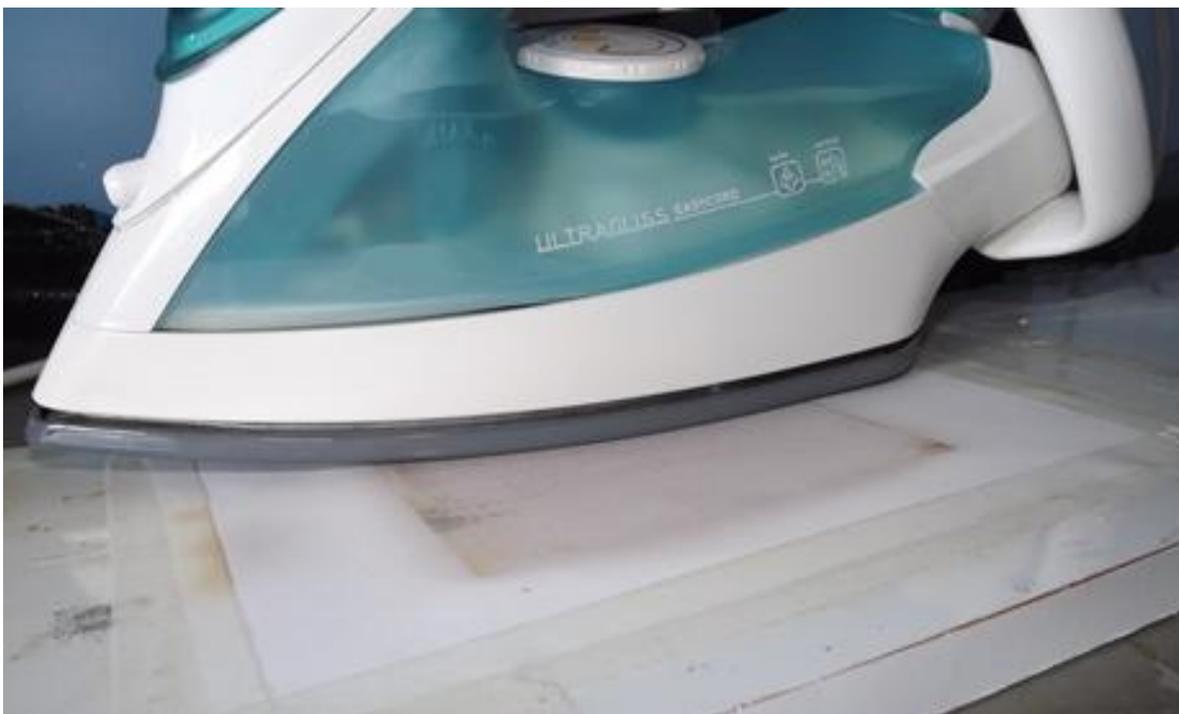


Figura 16 - Ferro em temperatura máxima fazendo com que desenho do papel Glossy seja transferido para placa de fenolite.

Fonte: O autor.

2.13.5 Preparo para a corrosão da placa

O processo usado para transferência não é perfeito, portanto é importante fazer os reparos na placa, ou seja, com marcador permanente corrigir as trilhas que

ficaram imperfeitas. A figura 17 exibe a placa de controle com suas devidas correções de trilhas.

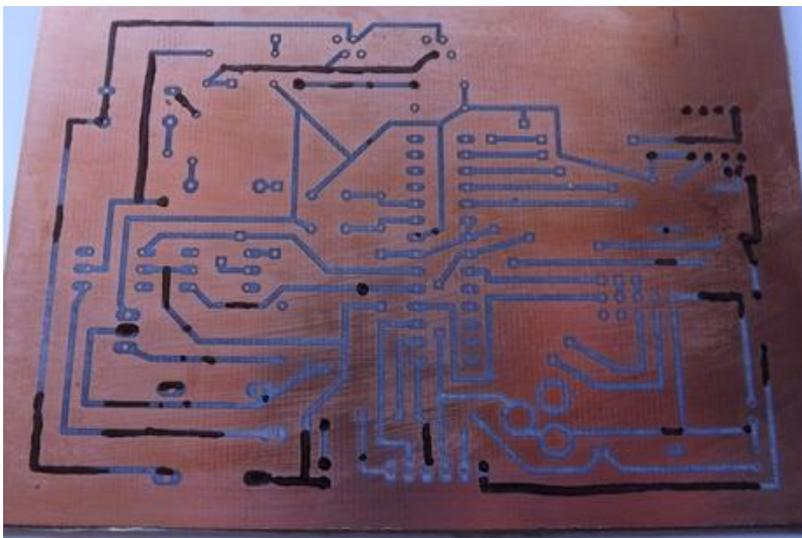


Figura 17 - Circuito impresso com correções feitas.
Fonte: O autor.

Por se tratar de uma placa dupla face, antes de corroer, precisou-se inibir que o outro lado da placa fosse corroído também. De forma simples, usou-se novamente a fita crepe, evitando que o percloroeto de ferro agisse naquele lado. Na figura 18, o lado da placa que conterà a segunda camada de trilhas foi protegido, evitando sua corrosão.

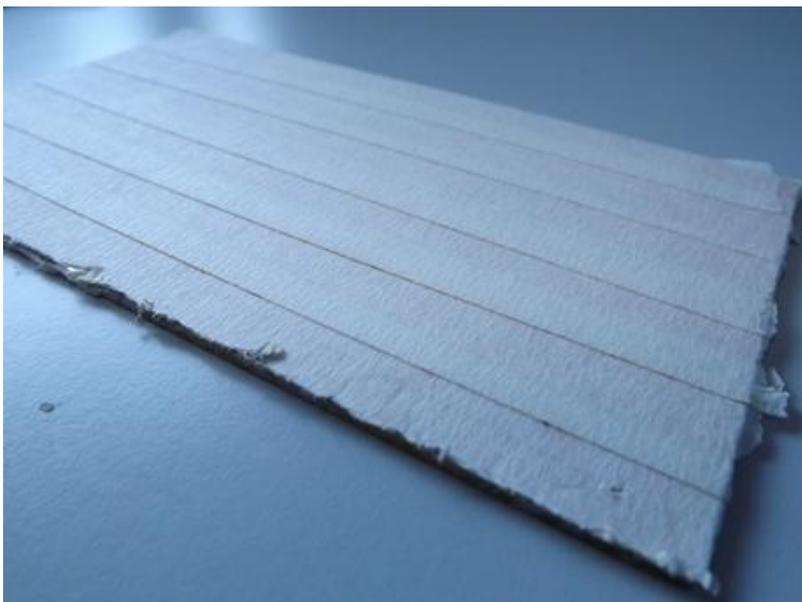


Figura 18 - Proteção da placa de circuito impresso para que não houvesse corrosão.
Fonte: O autor.

2.13.6 Processo de corrosão da placa

Nesta etapa a placa ficou submersa por aproximadamente 15 minutos em uma solução de 250 gramas de percloroeto de ferro com 900ml de água. O recipiente usado para este processo visto na figura 19 foi de plástico, seguindo a regra de não poder ser usado um de ferro.



Figura 19 - Recipiente de plástico com a solução de percloroeto de ferro e a placa de circuito impresso.

Fonte: O autor.

Após corroído, o único cobre que sobra na placa é o correspondente às trilhas do circuito impresso. A figura 20 exibe a placa recém corroída e pronta para limpeza em água corrente.



Figura 20 - Placa de circuito impresso corroída.
Fonte: O autor.

2.13.7 Preparo para corrosão da outra face da placa

Tendo o desenho em uma das faces pronto, o desenho do outro lado precisa estar sincronizado, do contrário as conexões não serão feitas corretamente, impossibilitando o funcionamento da placa. O preparo da corrosão do outro lado da placa será descrito nessa seção em três etapas.

2.13.7.1 Marcadores e furos na placa

Para sincronizar os dois lados foram feitos três furos em pontos diferentes da placa, similar a um triângulo. Os mesmos furos foram feitos em pontos equivalentes na folha (pontos de conexões de componentes) que continha o circuito impresso a ser desenvolvido.

Usaram-se três pedaços de fio em L para que um lado desses fios ficasse preso na placa e o outro lado atravessasse o furo feito, a fim de servir como pino guia para encaixe da folha furada no outro lado da placa. Na figura 21 exibe-se os três pinos-guia presos na placa com fita, no lado onde já ocorreu o processo de corrosão.

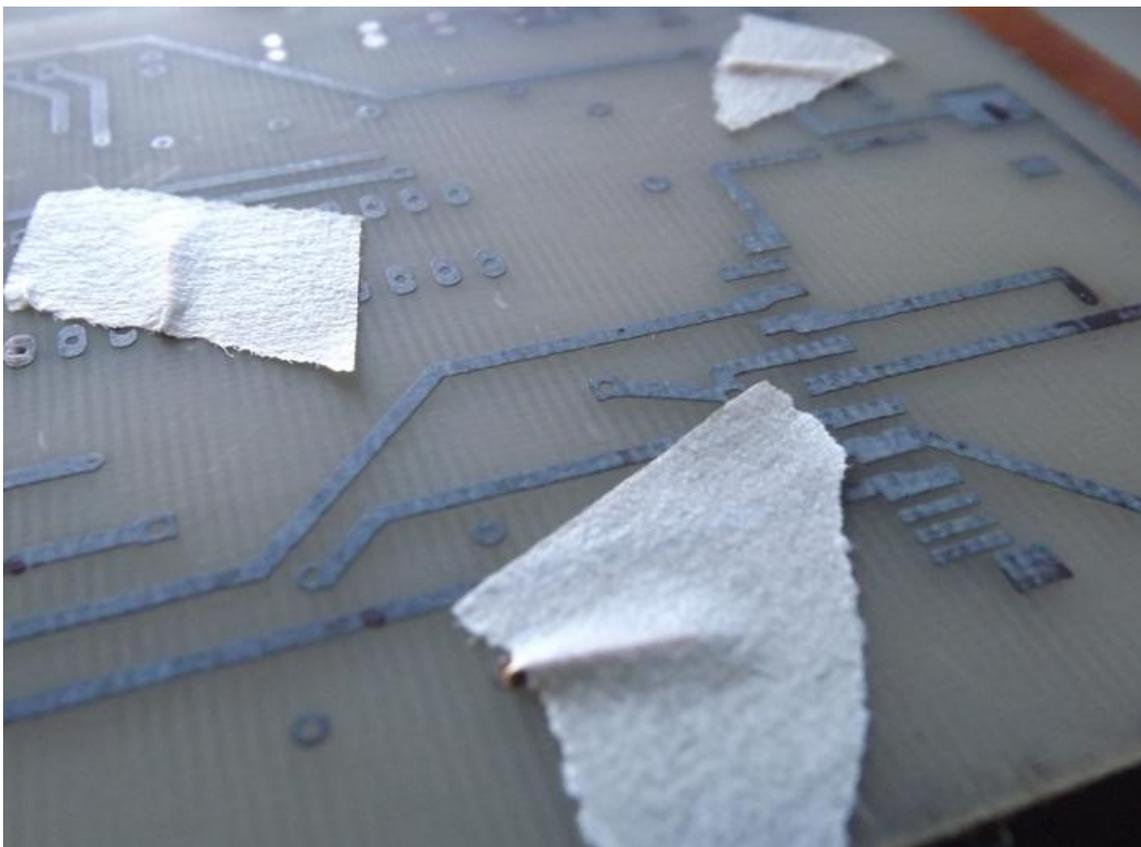


Figura 21 - Marcadores de sincronismo na placa, fixados ao lado já corroído.
Fonte: O autor.

2.13.7.2 Encaixe do papel contendo a nova camada do circuito impresso

O papel já furado em sincronismo com a placa precisa apenas ser encaixado corretamente e então fixado à placa. A figura 22 exibe a outra face da placa já limpa e com os marcadores corretamente posicionados, pronta para receber a folha com o novo circuito impresso.

A figura 23 exibe o detalhe do encaixe entre o papel Glossy e os pinos de referência. Tendo os três pinos encaixados corretamente, garante-se o sincronismo entre os dois lados da placa.

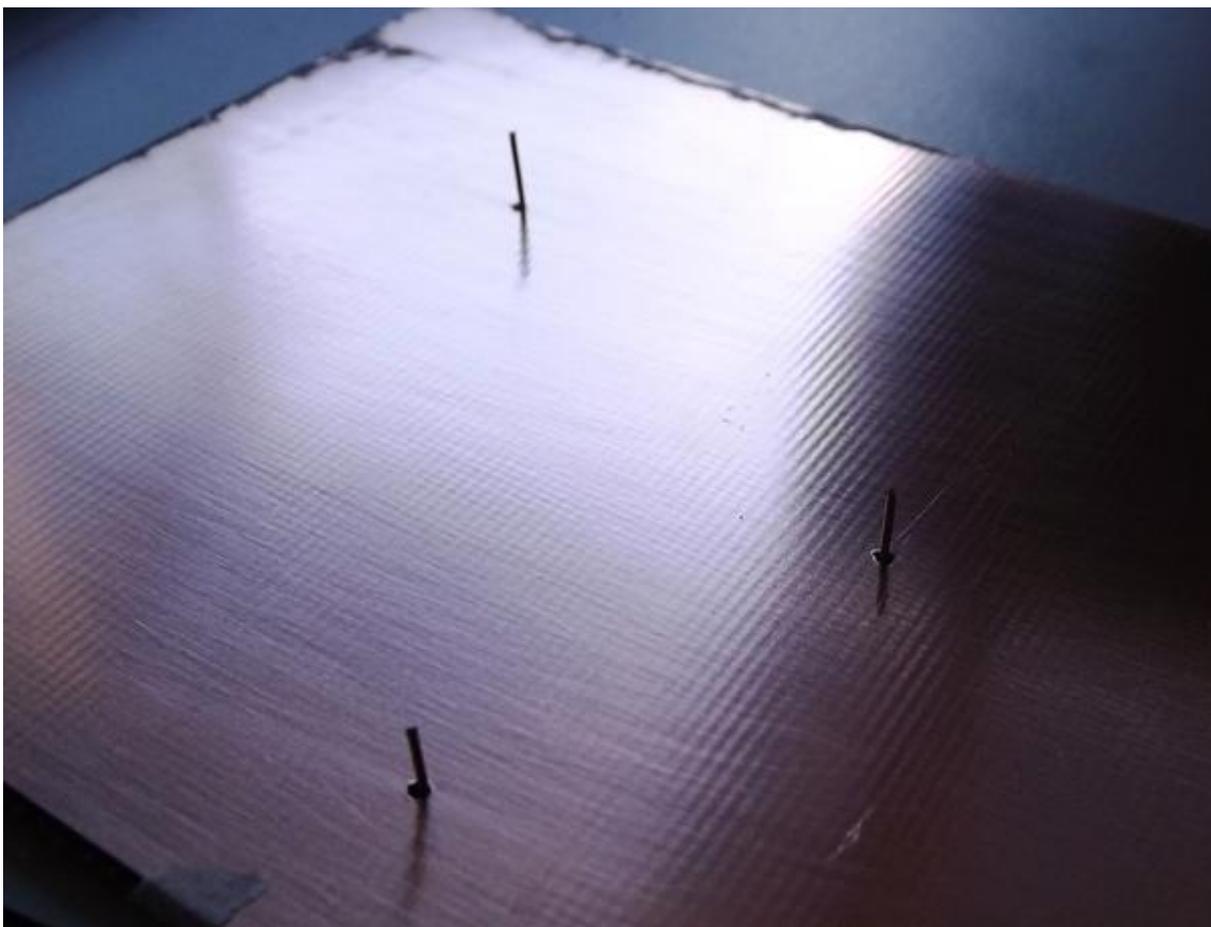


Figura 22 - Placa de fenolite com os marcadores, preparada para receber o papel Glossy com o desenho do circuito impresso.
Fonte: O autor.



Figura 23 - Detalhe do encaixe entre o marcador e a folha de papel Glossy contendo o novo circuito impresso a ser fixado.
Fonte: O autor

2.13.7.3 Proteção do lado já corroído

Assim como descrito no passo 2.13.5, é necessário que seja protegido o lado que não se deseja corroer. Mesmo tendo ainda marcação das trilhas intacta, o lado da placa já corroído, precisa estar bem protegido para garantir nenhum resquício de falhas. Portanto, o último passo do preparo para corrosão da outra face da placa é isolar com fita crepe este lado pronto.

Protegida a placa e pronta para corrosão o último passo foi fazê-lo por mais 15 minutos como descrito na seção 2.13.16. Na figura abaixo se tem a placa com a última corrosão feita, pronta para ser limpa e envernizada.

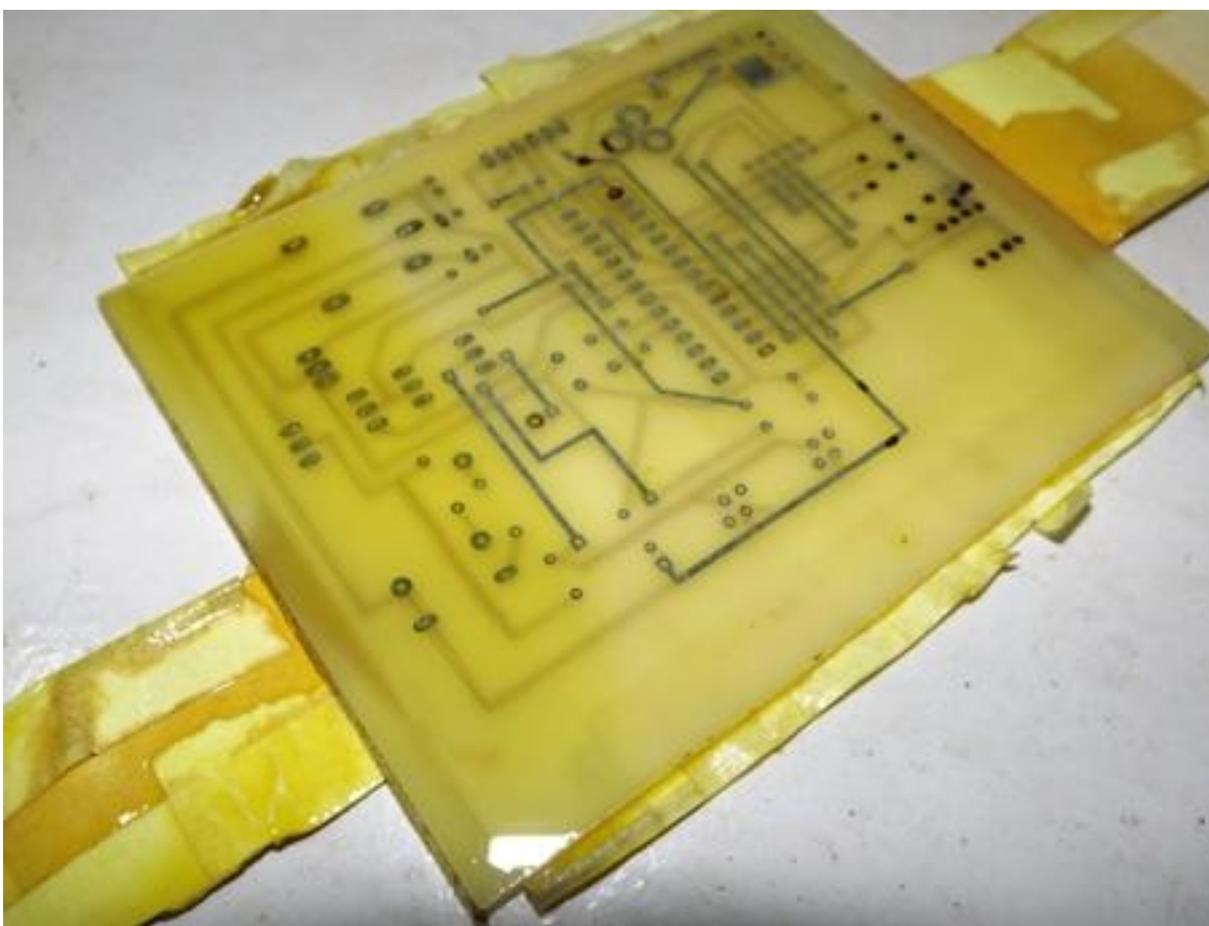


Figura 24 - Placa de circuito impresso com segunda camada recém-corroída. Pronta para limpeza final e passagem do verniz.

Fonte: O autor.

2.13.8 Limpeza final

Com a placa corroída em ambos os lados, o penúltimo passo foi fazer a lavação em água corrente e então limpar cada trilha com escova de aço e álcool isopropílico, deixando a placa brilhante e pronta para receber a camada de proteção. Na figura 25 percebe-se o brilho resultante da limpeza feita na placa.

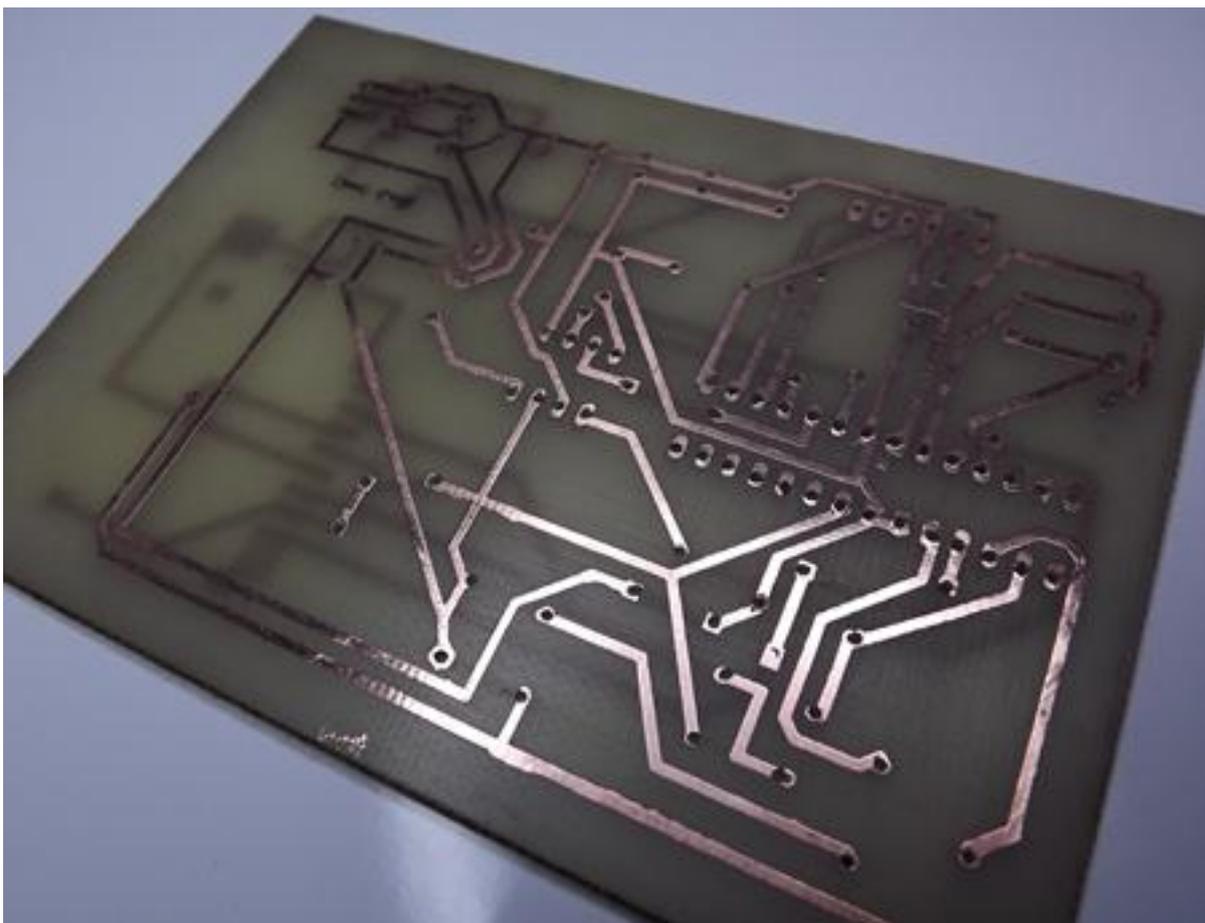


Figura 25 - Placa de circuito impresso pronta para receber a camada de proteção com verniz.

Fonte: O autor.

2.13.9 Passagem de verniz (máscara protetora) na placa de circuito impresso

O verniz, ou máscara protetora, tem a função de garantir que as trilhas de circuito impresso e soldas não oxidem com o passar do tempo. Isso garante maior durabilidade da placa. Na figura 26 é possível ver o detalhe na placa que possui ausência de verniz e no restante da placa, sua aplicação.

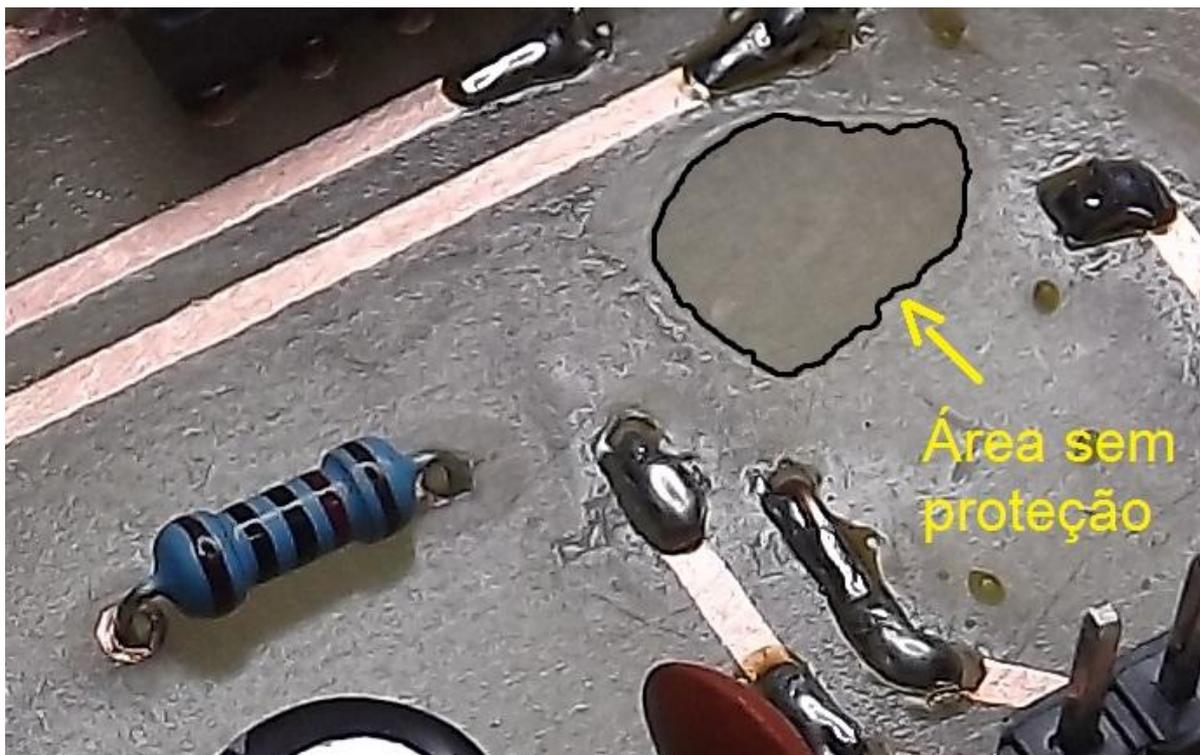


Figura 26 - Detalhe da área onde verniz não fixou na placa.
Fonte: O autor.

2.13.10 Solda dos componentes

O processo de solda dos componentes requer tempo de prática e cuidados para o soldador não se machucar. Com um ferro de solda de aproximadamente 30W ou uma estação de solda regulada 320° e estanho é possível fazer a solda de todos os componentes. A solda deve ser feita com a menor quantidade possível de estanho, mas suficiente para cobrir todo o ponto de solda.

Na figura 17, é apresentada a parte inferior da placa correspondente ao módulo gerador de som, com todos os componentes soldados. Na figura 28 percebem-se os detalhes da solda feitos nesta placa.

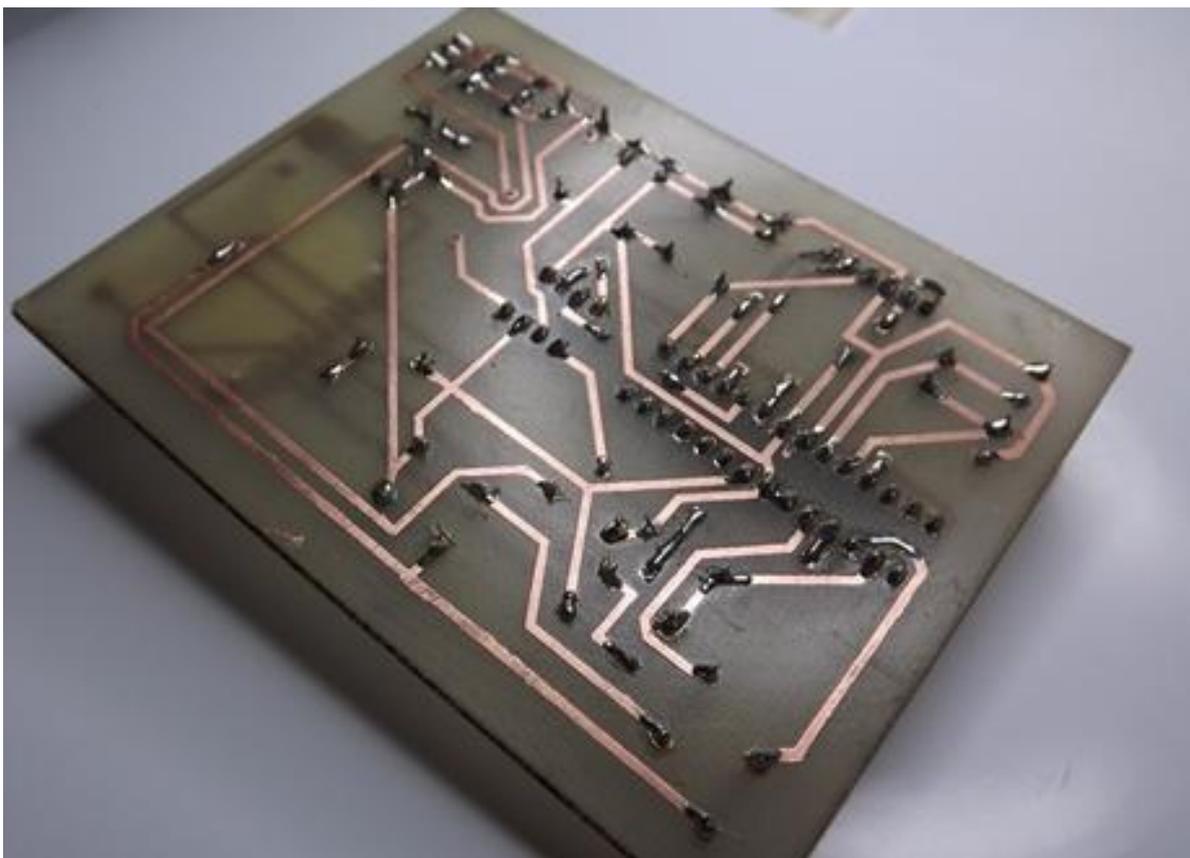


Figura 27 - Lado inferior da placa de circuito impresso com componentes soldados.
Fonte: O autor.

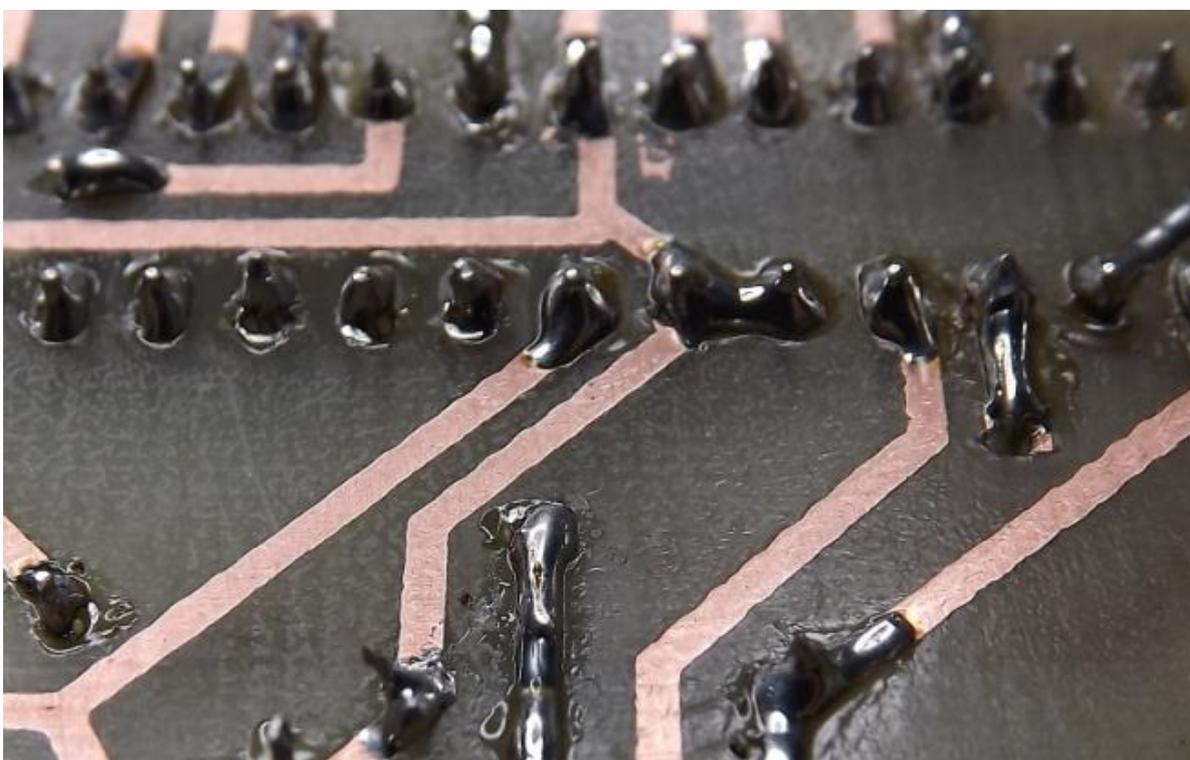


Figura 28 - Detalhe da solda em placa de circuito impresso.
Fonte: O autor.

2.14 MÓDULO DE REDE ENC28J60

A conexão de um microcontrolador com a internet pode ser feita de maneira simples. Existem no mercado diversos hardwares que permitem isso. O módulo de rede ENC28J60 tem se demonstrado estável e possui uma excelente relação custo x benefício.

Ele implementa em um único chip um controlador de rede 10Base-T (opera até 10Mbit/s) que comunica-se com o microcontrolador através da interface SPI (*Serial Peripheral Interface*), minimizando toda a complexidade de acesso ao meio físico da rede ethernet.

No Brasil o preço deste módulo encontra-se na faixa de R\$ 50,00, porém no exterior ele é encontrado à U\$ 12,00. Desta forma, torna-se uma excelente opção para acesso à rede ethernet, eliminando a complexidade de implementação do circuito elétrico equivalente nas placas onde se deseja esta característica.

O módulo da empresa Shenzhen LC Technology pode ser visto na figura 29 a seguir. Pode-se observar que a conexão dele à placa é feita através de um conector padrão de 10 pinos e que possui integrado a ele a interface de rede HR91105A, usada para isolação da rede através de transformadores internos, onde se conecta o conector padrão de rede RJ45.

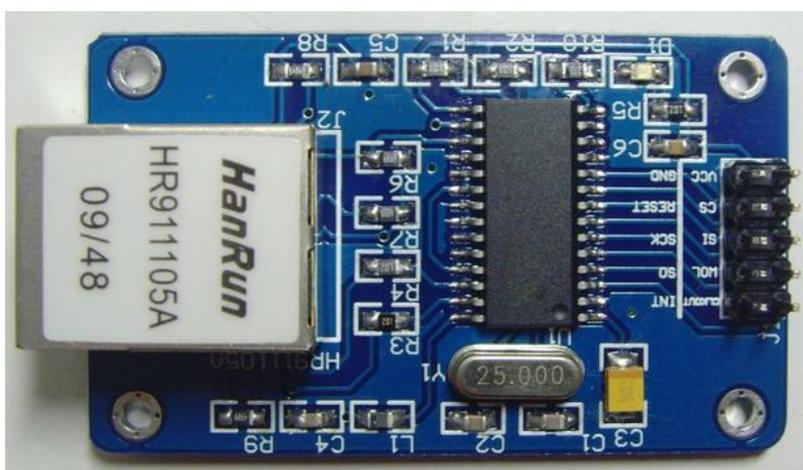


Figura 29 - Módulo de rede ENC28J60.
Fonte: LCTECH-INC, (2012, p. 1)

2.15 MÓDULO DE CONTROLE

A Figura 30 exibe o principal componente do sistema. Responsável por interfacear a rede de telefonia, atendendo a chamada, ativando a inserção de som (através do módulo gerador de som) e reconhecendo os códigos DTMF (através 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, este módulo suporta conexões diretas via rede ethernet, permitindo ativar e desativar dispositivos diretamente pela web.

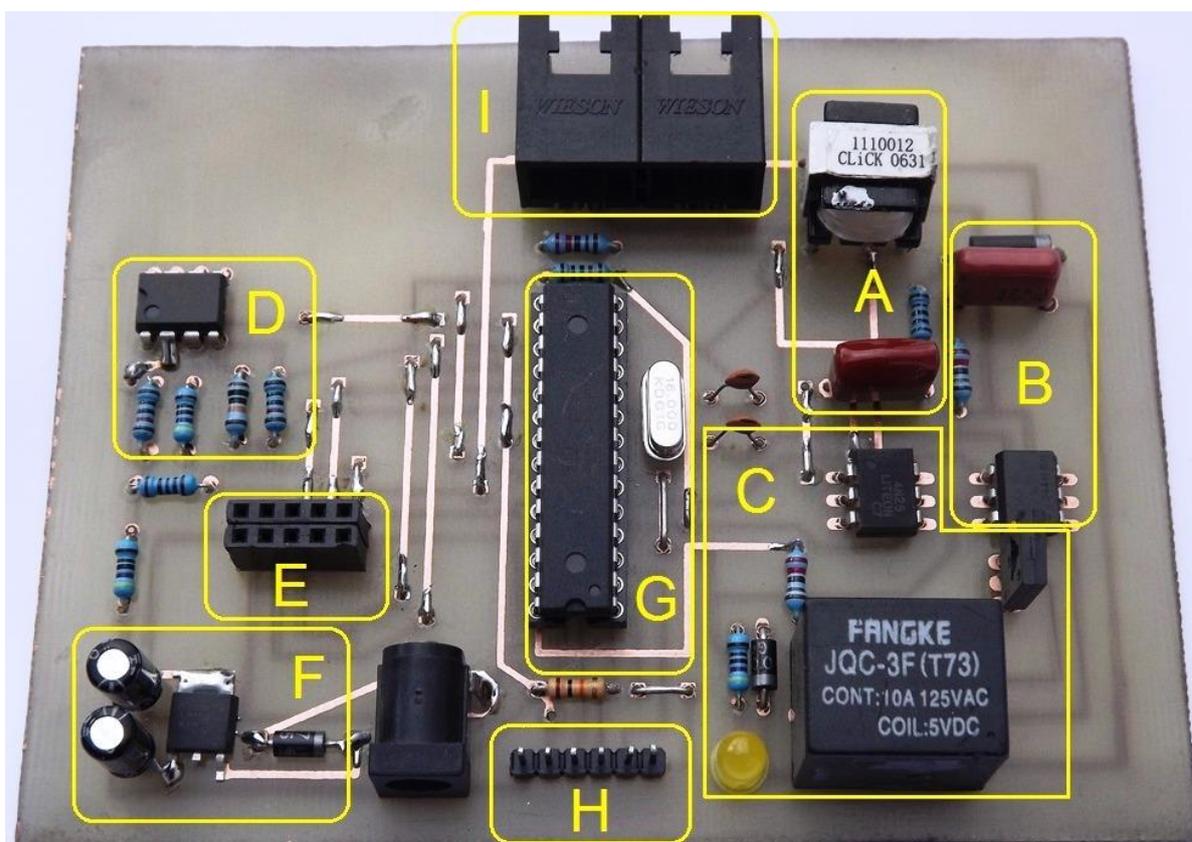


Figura 30 - Módulo de controle.
Fonte: O autor.

A construção do módulo de controle está dividida em nove setores, detalhados a seguir:

- **(A) Isolação da rede de telefonia:** Componente fundamental para proteger o circuito interno de eventuais sobre tensões 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) Detecção 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 a 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 através 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 deste 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 comunicar-se com a interface de rede. Roda um cliente Web, qual gera solicitações para os módulos de acionamento usando o método de requisição HTTP GET. Estas 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, e

estas podem ser feitas sem remover o CI do circuito, apenas usando um gravador externo e a interface de gravação. Esta mesma interface, se comunica com o módulo gerador de som, enviando e recebendo comandos através da comunicação serial em 9600 bauds.

- **(I) Conectores RJ12:** Para receber a chamada externa o módulo de controle faz conexão com a rede de telefonia através de um dos conectores RJ12. O outro, permite conectar o telefone já existente na residência garantindo uma instalação não intrusiva.

O funcionamento da interação com a rede de telefonia do módulo de controle é descrito pela figura 31. Neste diagrama de atividade, notam-se duas grandes condições para o funcionamento do sistema: receber N toques da rede de telefonia (onde 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 são as opções de ativação disponíveis).

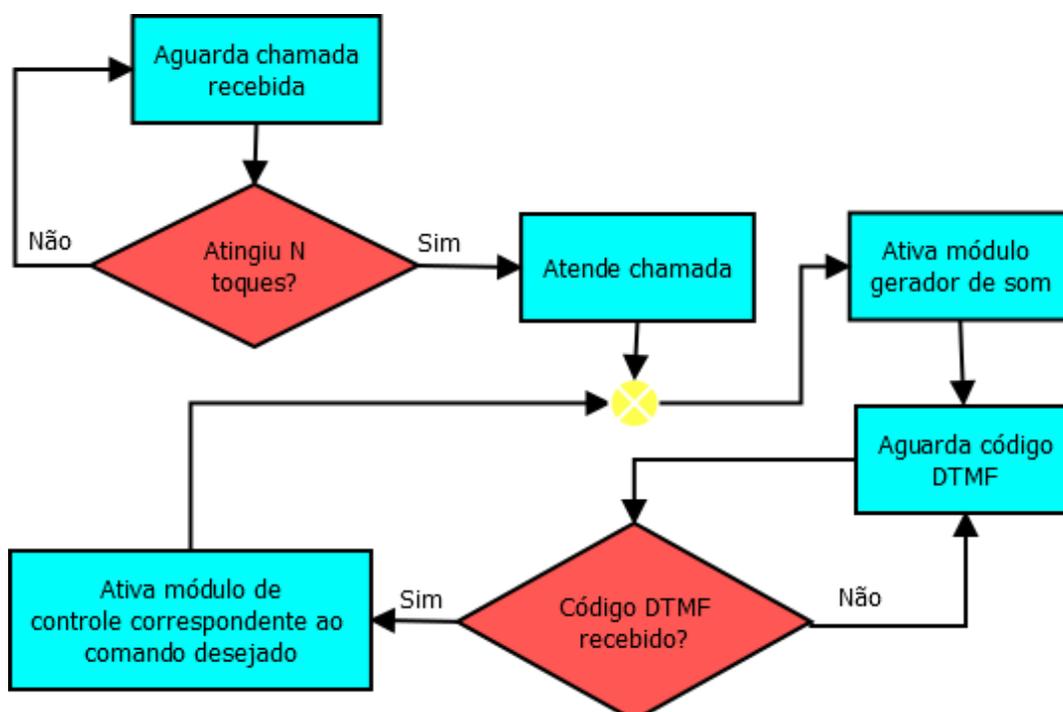


Figura 31 - Diagrama de atividade do módulo de controle.
Fonte: O autor.

2.16 O MÓDULO ACIONADOR

Este 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.

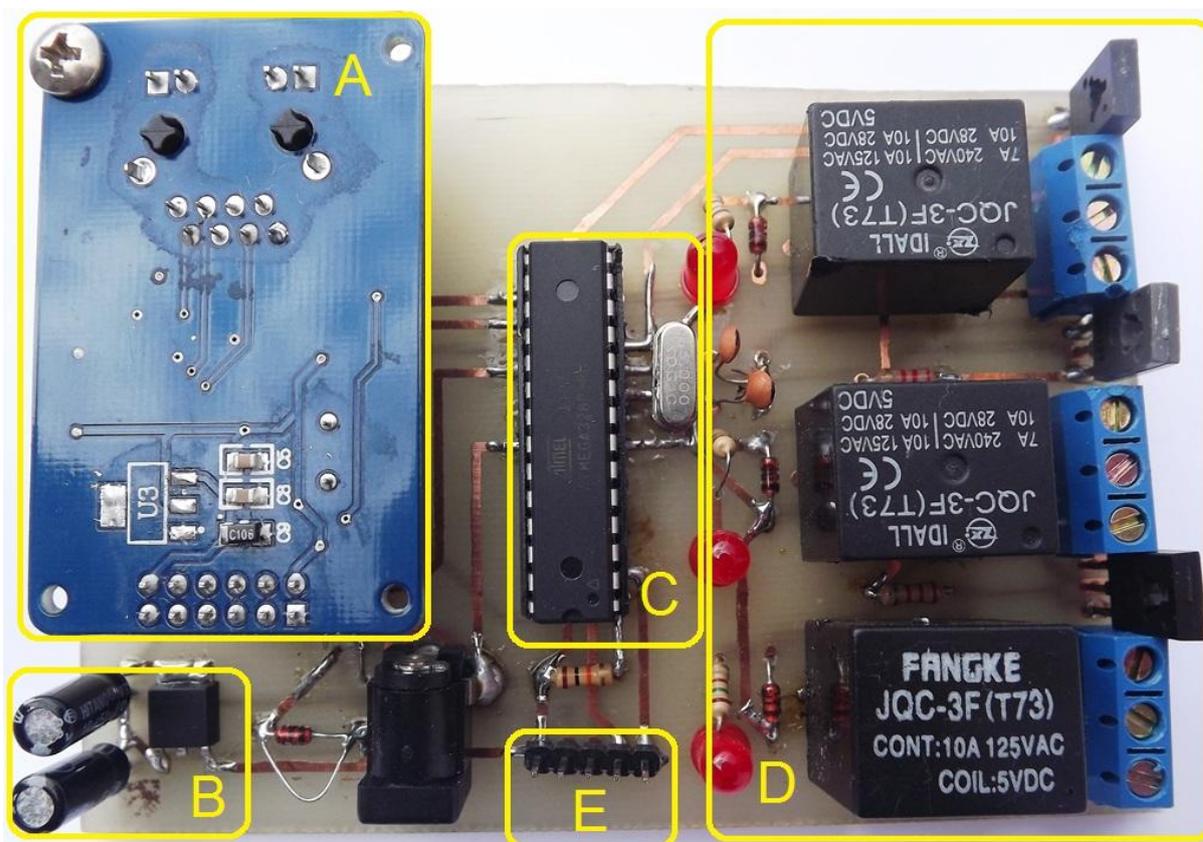


Figura 32 - Módulo acionador com suporte a três dispositivos externos.
Fonte: O autor.

Na figura acima, podem-se identificar os cinco setores deste módulo:

- **(A) 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.
- **(B) 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;

- **(C) Microcontrolador Atmega328:** Responsável por comunicar-se 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.
- **(D) Etapa driver:** A etapa final do módulo é o saturamento de um transistor, que irá ligar um relé que por sua vez, irá acionar um dispositivo externo a ele. O controle de cada transistor, conseqüentemente de cada relé, é feito pelo microcontrolador Atmega328. Esta etapa permite a conexão de até três dispositivos externos, como lâmpadas e motores.
- **(E) Interface de gravação:** Conexão para atualização do software do microcontrolador, feita através de um gravador externo.

A placa é alimentada com uma fonte externa de 5 volts, e este valor não pode ser ultrapassado. Ela possui controle contra tensão reversa, mas não contra sobre tensão. Necessita-se um cuidado especial em sua instalação.

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

2.17 MÓDULO GERADOR DE SOM

Esse módulo é responsável por acessar um cartão do tipo SD e fazer leitura de arquivos gravados neste dispositivo em formato WAV (*WAVEform audio format*) e a partir destes dados digitais, gerar sinais de som analógicos, através 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 8 bits por exemplo, recebe valores digitais de 0 até 255 (2^8), e gera valores elétricos de 0 até 5 volts, tendo então 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 x desempenho.

O cartão de memória do tipo SD se torna uma forma barata de armazenamento secundário de dados, pois o circuito elétrico necessário para sua manipulação resume-se em um divisor de tensão. Este circuito é necessário para fazer a conversão de 5 volts (usado pelo microcontrolador) para 3.3 volts, que é a tensão de trabalho deste tipo de cartão.

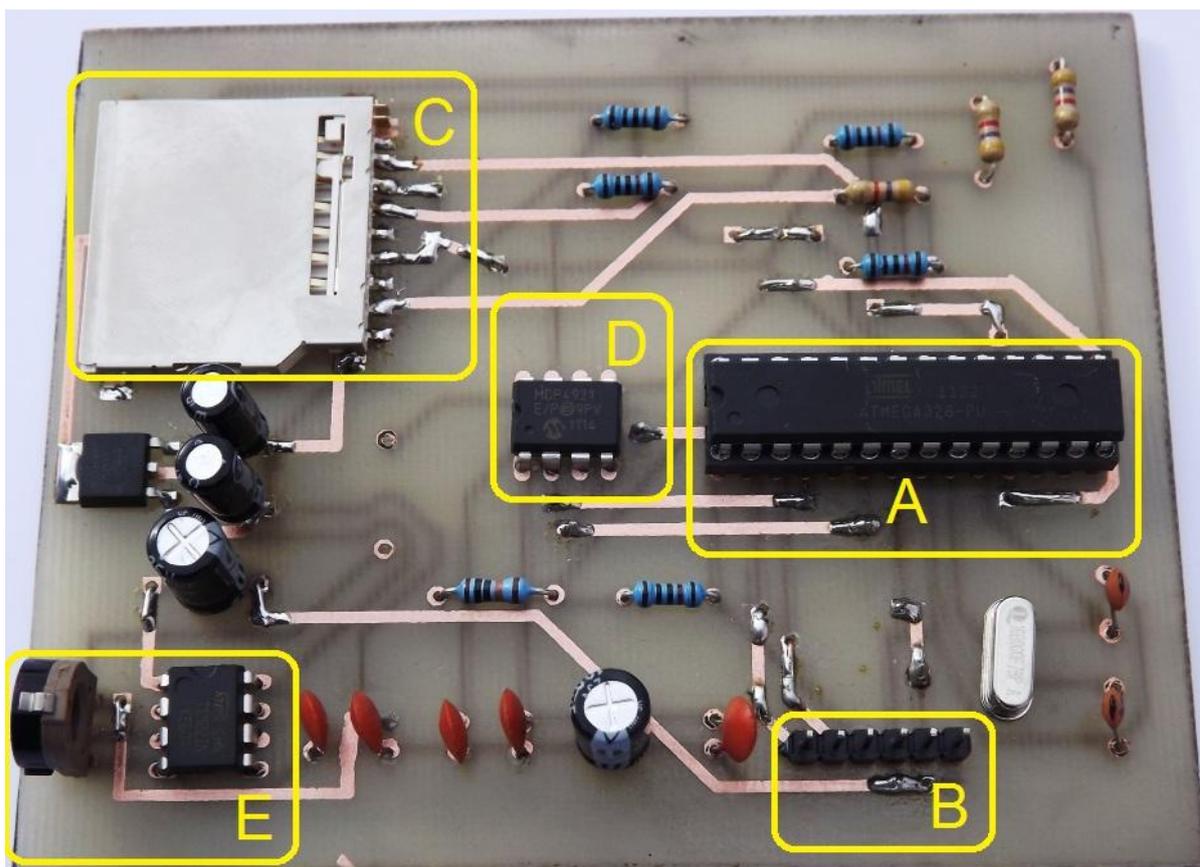


Figura 33 - Módulo gerador de som.
Fonte: O autor.

Por não necessitar de descompactação, o arquivo de música no cartão é gravado em PCM (*pulse-code modulation*) WAV oferece uma forma rápida e barata

de acesso a este tipo de dispositivos de mídia, facilitando a implementação e diminuindo o custo final do dispositivo.

A placa final, exibida na figura 33, se divide em cinco setores:

- **(A) 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.
- **(B) Interface de gravação e comunicação com módulo principal:** A atualização de software e 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.
- **(C) Soquete para cartão de memória:** Encaixe para conexão do cartão de memória, o qual conterá os arquivos de áudio a serem lidos.
- **(D) Conversor Digital para Analógico de 12 bits:** Os dados lidos no cartão de memória são enviados para o conversor DAC, que converte-os em tensões analógicas.
- **(E) Amplificador Operacional:** Aumenta a amplitude do sinal gerado pelo conversor digital para analógico.

2.18 INTERFACE WEB PARA ACESSO AO SISTEMA

O gerenciamento remoto via internet pode ser feito através de qualquer dispositivo móvel conectado a ela e com um navegador funcional. A interface de gerenciamento via web contém um campo de inserção da senha e botões para acionamento dos dispositivos desejados.

2.18.1 Programação da interface

Diferentemente do desenvolvimento de um website para hospedagem em um servidor, não se pode criar arquivos da estrutura do site quando se trata em hospedá-lo num microcontrolador.

Para criação da interface foi necessária a inserção de todo o código HTML (*Hypertext Markup Language*) e CSS (*Cascading Style Sheet*), no mesmo código fonte que gerencia o funcionamento do servidor web constituído pelo Atmega328 e o módulo de rede ENC28J60.

Outra limitação encontrada está no tamanho da página, ficando restrito ao tamanho do *Buffer* do módulo de rede. Felizmente este buffer pôde ser aumentado para 750 Bytes, permitindo o total de 750 caracteres para produção da interface web.

Isso significa que todos os caracteres dos elementos HTML e as TAGs CSS deverão juntos somar no máximo 750, o que gera uma grande restrição ao tamanho da interface e sua personalização.

Para solução deste problema observou-se duas opções: Usar um módulo de rede baseado no chipset W5100 do Ethernet Shield oficial do Arduino, qual inviabiliza a ideia de montagem manual do projeto, ou pode-se desenvolver uma interface para Android, PC, ou Mac qual comunique-se com o módulo de controle.

Esta interface seria instalada no dispositivo desejado e conteria todos os elementos gráficos necessários para uma boa experiência com o usuário. Sua comunicação com o módulo de controle se daria por requisições HTTP padrão de um navegador web. Seu desenvolvimento encontra-se na lista de trabalhos futuros.

Na figura 34, apresenta-se parte do código fonte implementado no microcontrolador, necessário para gerar uma resposta HTTP ao navegador que fez a requisição. Percebe-se a mistura entre código C, HTML e CSS, o que dificulta sua manutenção.

```

uint16_t plen;
plen=es.ES_fill_tcp_data_p(buf, 0,
    PSTR("<html><head><title>Sistema placa controle</title></head><body>"));
plen=es.ES_fill_tcp_data_p(buf, plen, PSTR("<form method='post' action='cmd' "
    "style=\"margin:auto; width:10em;height:12em;border:1px solid black;"
    "padding:10px;\>"));
plen=es.ES_fill_tcp_data_p(buf, plen, PSTR("<label>Sistema de controle"
    "</label><br/><br/>"
    "<small>Senha</small><input type='password' name='pass' value=''));

// Insere a senha no campo
for (int i = 0; i < 10; i++){
    if (validaEntrada[password[i]]){
        buf[TCP_CHECKSUM_L_P+3+plen] = password[i];
        plen++;
    }
}
}

```

Figura 34 - Parte do código fonte necessário para gerar a interface web.
Fonte: O autor.

2.18.2 Acesso ao sistema através do navegador web

Estando conectado na rede local, o acesso a esta interface pode ser feito usando o endereço de IP configurado no módulo de controle. Para acesso externo, torna-se necessária a configuração do modem ou provedor ISP (*Internet Service Provider*) para que haja um redirecionamento de uma porta externa para o host interno.

A interface vista na figura 35 foi desenvolvida focando dispositivos de baixa resolução, como smartphones e celulares convencionais, tendo um conjunto mínimo de elementos distribuídos de maneira a facilitar o acesso. Uma vez inserida a senha, o sistema a mantém gravado para que o usuário só precise inseri-la uma única vez.

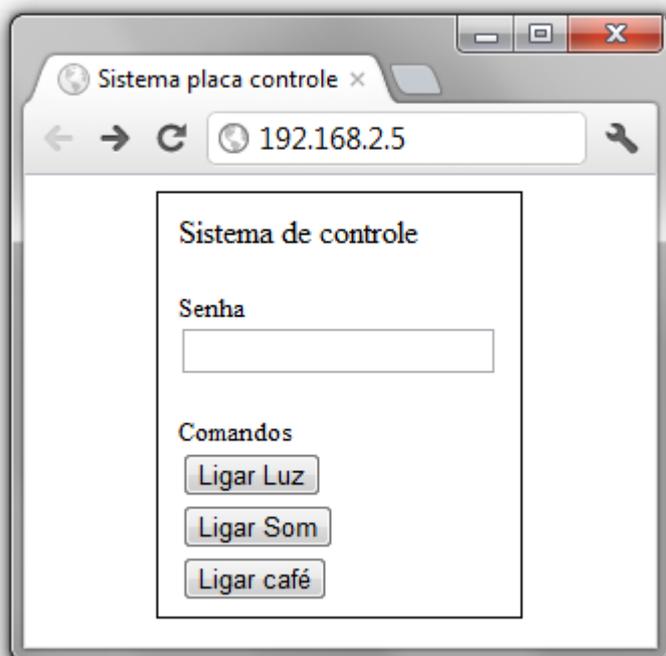


Figura 35 - Interface de gerenciamento do sistema via internet.
Fonte: O autor.

3 CONCLUSÃO

São muitas as possibilidades de interação em um ambiente domótico. Este trabalho abordou a interação através da rede de telefonia pública comutada e pela internet, em um ambiente web.

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 este chip tem perfeito funcionamento para decodificar o número de origem de qual está originando a chamada.

A limitação encontrada ocorreu ao usar o circuito atendedor de chamada. Ao ativar este 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 1600 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, assim 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 36

exibe a onda sonora da palavra “zero” original, e a figura 37 exibe a geração desta mesma palavra, porém com o algoritmo de Goertzel rodando em paralelo ao sistema principal, em uma ISR.

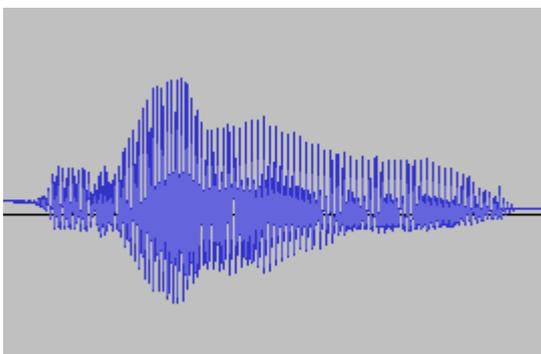


Figura 36 - Onda sonora correspondente à palavra “zero”.
Fonte: O autor.

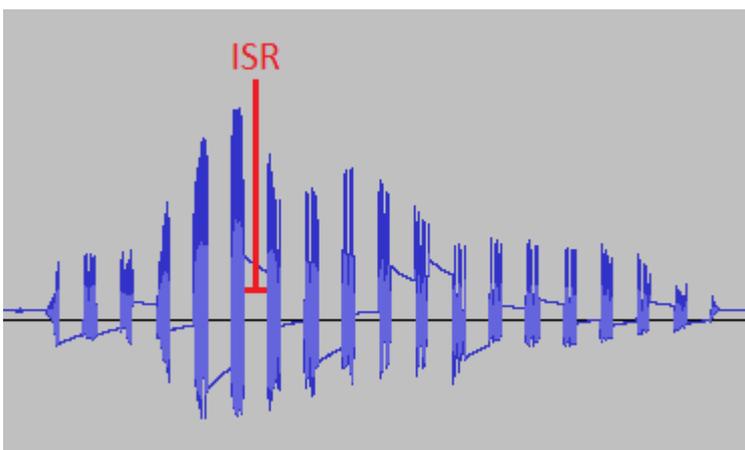


Figura 37 - Onda sonora correspondente à palavra “zero” com interrupções causadas pela rotina de interrupção ISR qual processa o algoritmo de Goertzel.
Fonte: O autor.

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 esta função.

A placa de controle ficou responsável por reconhecer códigos DTMF através 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, o qual traz consigo vantagens de um projeto *open-source* que facilitam o desenvolvimento de novos produtos.

O sistema aqui desenvolvido atendeu as expectativas ficando restrito apenas em sua configuração, como definir as ações disponíveis e associar mais de um módulo de controle para o módulo principal. Desta forma, não se encontra maduro o suficiente para produção em massa e configuração por um usuário comum.

Os benefícios que este produto pode trazer a pessoas com interesse em implementar uma solução barata para automação residencial/predial/empresarial são grandes, pois incorpora uma solução básica ou de extensão de um sistema domótico existente.

Visto o baixo custo para desenvolvimento, e a gama de possibilidades que se pode obter com o produto que este trabalho prevê, pode-se dizer que vale a pena continuar a pesquisa e desenvolver o projeto com boas garantias de sucesso.

3.1 TESTES FINAIS

Foram desenvolvidos testes em cada módulo observando suas características e estabilidade. O módulo de controle (principal) foi capaz de atender as chamadas corretamente, inserir o som na linha ativando o módulo de som e, através da rede ethernet, ativar o módulo de acionamento para atuar sobre o dispositivo desejado.

Cada módulo acionador pode funcionar de maneira independente ao sistema principal, permitindo que outros tipos de controles possam ser feitos. Gerando uma conexão a ele na porta 80 e passando a string correta no pedido GET, obtêm-se o acionamento desejado. Seu funcionamento e flexibilidade superaram as

expectativas, podendo ser produzido para uma infinidade de aplicações como controle independente de qualquer dispositivo remoto via Internet ou rede local.

Na figura abaixo, pode-se ver o sistema instalado pronto para fazer os testes. A placa geradora de som está conectada à placa principal (A), e esta ao AP (Acess Point) (B), o qual permite acesso à rede sem fio. A placa de acionamento dos dispositivos (C) está conectada à placa principal através do AP.

Um telefone convencional foi usado para verificar os toques antes do atendimento da chamada e o *Notebook* está acessando a interface do usuário com o navegador em tela cheia.

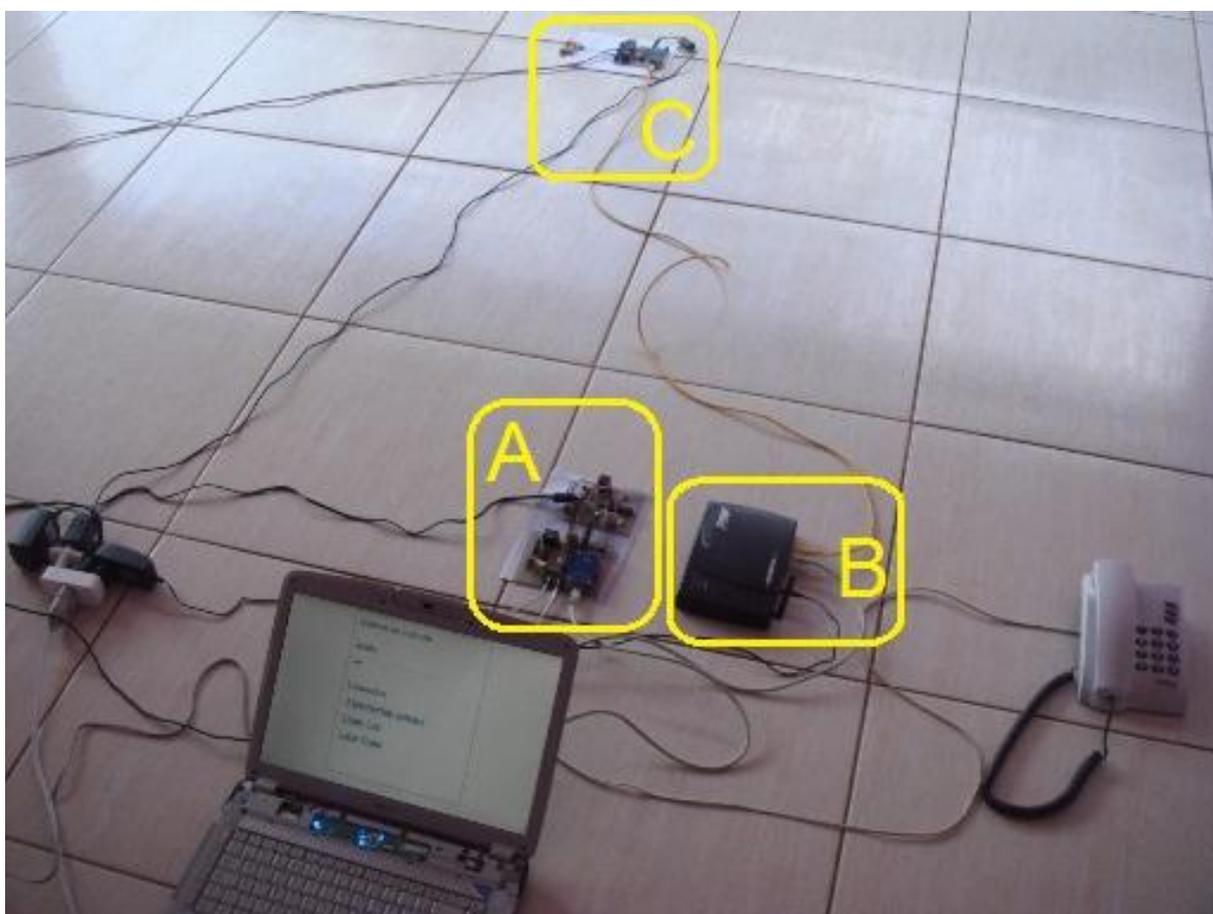


Figura 38 - Sistema montado e pronto para testes.
Fonte: O autor.

Para validar o sistema, inicialmente foi efetuada a chamada através de um telefone celular convencional, sem acesso à internet. Ao atender a chamada, o módulo principal solicitou, através de um som gerado pelo módulo gerador de som, a

inserção da senha para acesso as opções do menu. A figura 39 exibe o usuário inserindo a senha de cinco caracteres no sistema.

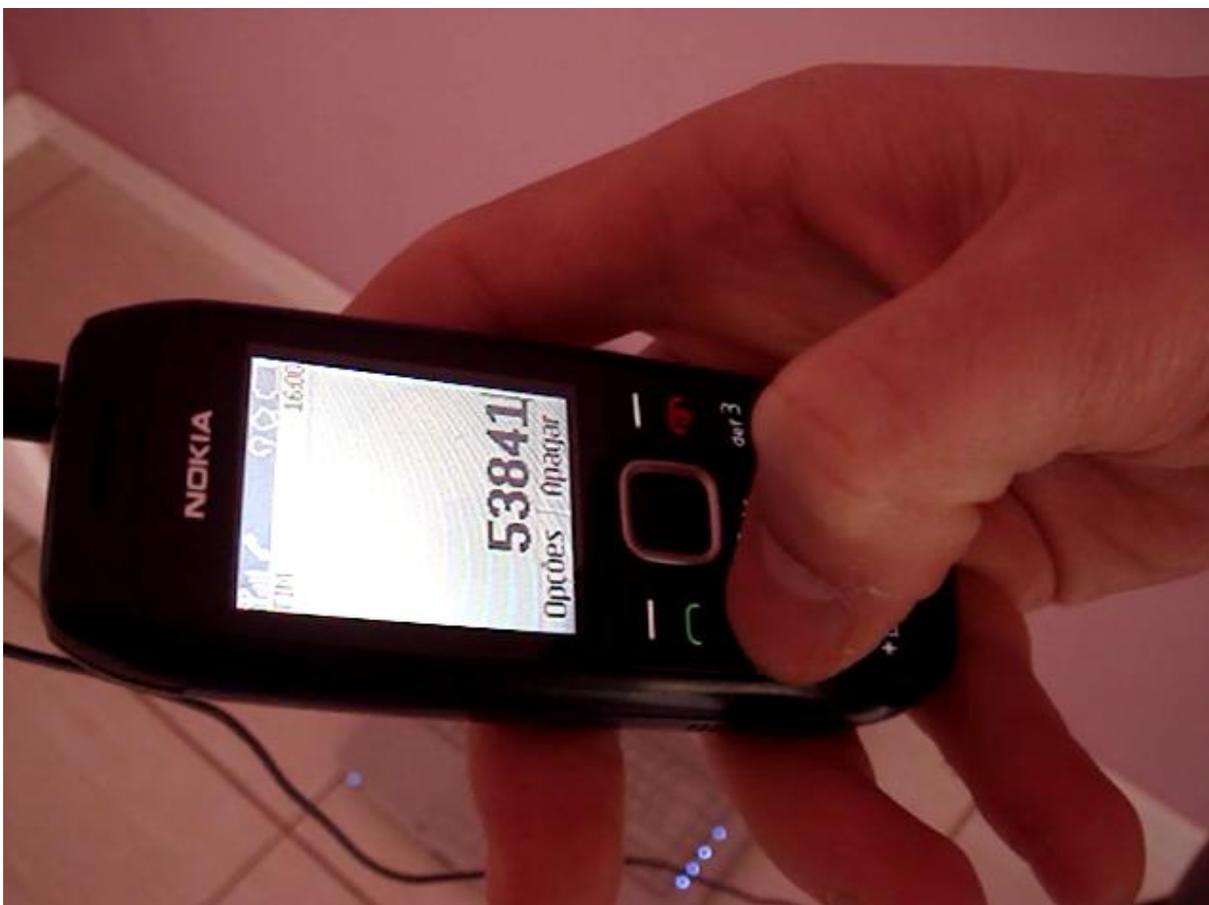


Figura 39 - Usuário inserindo senha de validação para acesso ao sistema.
Fonte: O autor.

Uma vez que o usuário tenha permissões, ele pode (para a configuração atual do sistema) ligar e desligar uma lâmpada, ou abrir e fechar um portão. O acionamento da lâmpada pode ser visto na figura 40, onde o usuário usou a opção dois do menu.

Na figura 41 exibe-se o portão abrindo através do comando um, recebido pelo usuário. Para abrir ou fechar o portão usou-se a mesma opção do menu, pois o sistema do portão existente na residência não permite verificação de portão aberto ou fechado. Portanto, nesta opção especial, o relé correspondente ao controle do portão, na placa de acionamento, liga por 200 milissegundos e então desliga. Desta forma é simulado o pressionar do botão do controle do portão, o qual se abre ou fecha dependendo de seu estado.

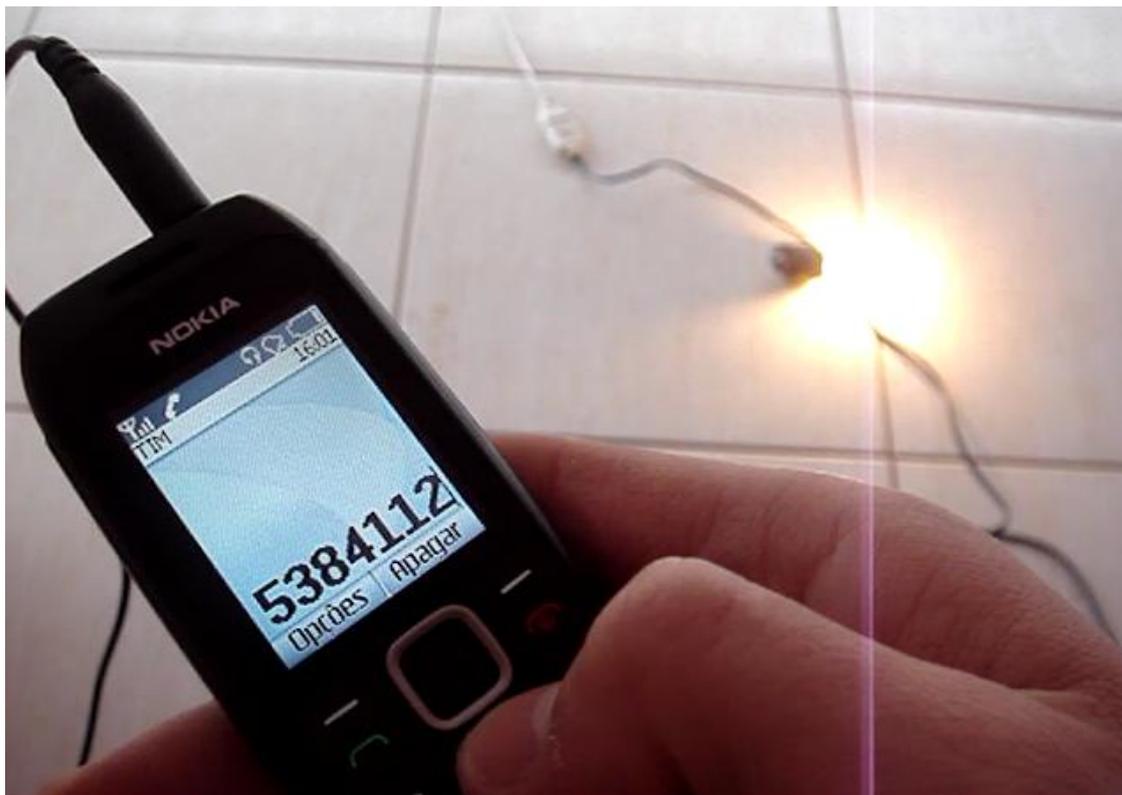


Figura 40 - Usuário ligando a lâmpada com a opção dois do menu.
Fonte: O autor.

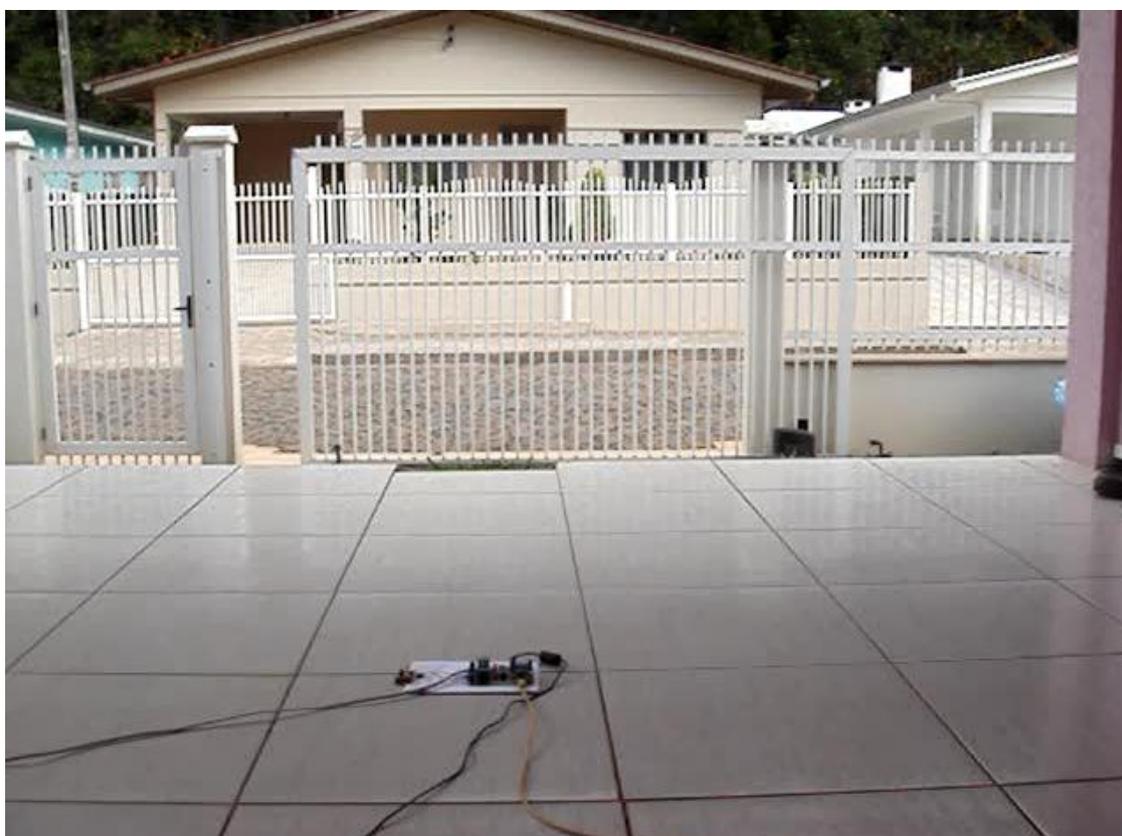


Figura 41 - Portão abrindo com comando do usuário.
Fonte: O autor.

3.2 TRABALHOS FUTUROS

Todo software de computador pode ser melhorado, portanto atualizado. Quando ocorre a união de software e hardware em um sistema, os dois itens estarão sujeitos a mudanças e melhorias. Entre as melhorias futuras possíveis, estão:

- Aperfeiçoar o uso do hardware no módulo de controle, encontrando uma alternativa ao uso do relé para o atendimento de chamada;
- Encontrar um meio de unir o módulo de controle e o módulo gerador de som por meio de um microcontrolador com maior poder de processamento ou de um software que consiga, com microcontrolador atual, gerenciar todas as funcionalidades;
- Desenvolver um aplicativo para sistemas Android que permita a interação com o módulo de controle via internet;
- Aperfeiçoar o sistema, permitindo que seja configurável por um usuário final, através de um arquivo de configuração, garantindo assim flexibilidade e adição de novos módulos de acionamento;
- Permitir que as placas de controle possuam acionamento com *dimmer*, ou seja, variando a intensidade da corrente elétrica em sua saída;
- Integrar a leitura de sinal nas placas de controle, para que possam interagir com o sistema principal.

REFERÊNCIAS

- ALVEZ, José Augusto; MOTA, José. **Residências Inteligentes**. Portugal: Editorial Inova, 2003.
- AMOS, S. W. **TV, Rádio & Som: equipamentos de som**. São Paulo: Editora Hemus. 2004.
- ANDRADE, Fernando Souza de. OLIVEIRA, André Schneider de. **Sistemas Embarcados**. São Paulo: Editora Érica. 2006.
- BRAGA, Newton C. **O que você precisa saber sobre MONTAGENS SMD in Revista Eletrônica**. São Paulo: Editora Saber LTDA, 1999.
- CARNEIRO, Karina Perez Mokarzel; MOKARZEL, Marcos Perez. **Internet Embedded - TCP/IP para Microcontroladores**. São Paulo: Editora Érica, 2004.
- CARRARA, Valdemir. **Apostila de Robótica**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/24577586/Apostila-deRobotica>>. Acesso em: 15 jun. 2012.
- HAYKIN, Simon. VEEN, Barry Van. **Sinais e Sistemas**. São Paulo: Editora Artmed S.A.. 2001.
- JESZENSKY, Paul Jean Etienne. **Sistemas telefônicos**. São Paulo: Editora Manole, 2004.
- LCTECH-INC. **ENC28J60 Network Module**. Disponível em: <<http://www.lctech-inc.com/Hardware/Detail.aspx?id=588fbc2e-ecc1-4013-ac35-69bc83bda1fb>>. Acesso em: 15 jun. 2012.
- LUPPI, Aldo. SCHUNK, Leonardo Marcílio. **Microcontroladores AVR: Teorias e aplicações práticas**. São Paulo: Érica. 2001.
- MATHWORKS. **Dual-Tone Multi-Frequency (DTMF) Signal Detection**. Disponível em: <<http://www.mathworks.com/products/demos/signaltltx/dtmf/dtmfdemo.html>>. Acesso em: 15 jun. 2012.
- MEDOE, Pedro A. **Curso básico de Telefonia**. São Paulo: Editora Saber LTDA, 2000.
- MELLO, Carlos Alexandre. **Processamento Digital de Sinais**. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~cabm/pds/PDS.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.
- MELO, Ana Cristina. **Desenvolvendo aplicações com UML 2.0**. Rio de Janeiro: Brasport, 2004.

NATIONAL. **Dual Tone Multiple Frequency (DTMF)**. 1989. Disponível em: <<http://www.national.com/an/AN/AN-521.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

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

SCHILDT, Herbert. **C Completo e Total**. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda, 1991.

SOUSA, David José de. **Desbravando o PIC - Ampliado e Atualizado para PIC 16F628A**. São Paulo: Editora Érica, 2009.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

ZARLINK. **Applications of The MT8870 Integrated DTMF Receive**. Disponível em: <<http://www.zarlink.com/zarlink/msan108-appnote.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.