

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA
MODALIDADE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

RAFAEL CARLOS DA SILVA

CONTROLE AUTOMATIZADO DE PERSIANAS VERTICAIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2011

RAFAEL CARLOS DA SILVA

CONTROLE AUTOMATIZADO DE PERSIANAS VERTICAIS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica – DAELN - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Luiz Fernando Copetti

CURITIBA

2011

RAFAEL CARLOS DA SILVA

CONTROLE AUTOMATIZADO DE PERSIANAS VERTICAIS

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 06 de Julho de 2011, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. César Janesczko
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. Dr. Décio Estevão do Nascimento
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gilson Sato

Prof. Me. Luiz Fernando Copetti
Orientador

Prof. Dr. Luiz Alberto Lucas

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

RESUMO

SILVA, Rafael. Controle Automatizado de Persianas Verticais. 2011. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Eletrônica – Automação Industrial) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

O recente aquecimento do mercado imobiliário brasileiro impulsionou, entre outras, as tecnologias de automação residencial, que aliam o conforto e a otimização do ambiente doméstico. Este contexto, aliado ao crescimento das classes A, B e C, representa um promissor nicho de mercado consumidor de produtos de decoração de ambientes e também incentivou o desenvolvimento deste projeto, que propõe a criação de um sistema de controle automatizado de persianas verticais. Este trabalho de conclusão de curso apresenta o desenvolvimento de um protótipo para controle automatizado com funcionalidades de abertura e de fechamento das aletas de uma persiana vertical por meio de controle remoto, com base em pesquisas mercadológicas e leitura de bibliografias sobre sensores, motores e sistemas de transmissão remota. O projeto incorpora ainda um sistema de verificação da luminosidade externa para abertura automática das aletas, permitindo que a radiação luminosa exterior seja aproveitada no ambiente interno. Desta forma, tal solução também alia o conforto estimado pelos consumidores com outro valor em voga no início do século XXI: a sustentabilidade. O resultado final do projeto mostra que trata-se de um produto que, apesar de ser um protótipo, apresenta válidas condições de ser incorporado ao mercado local.

Palavras-chave: persiana vertical, persiana eletrônica, automação residencial, controle remoto.

ABSTRACT

SILVA, Rafael. Automated Control of Window Vertical Blinds. 2011. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Eletrônica – Automação Industrial) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

The recent growth of Brazilian real estate market boosted, among others, the home automation technologies, which combine comfort and home environment optimization. This context, allied with the growth of the A, B and C social classes, represents a promising consumer market for decoration products and also encouraged the development of this project, which proposes the creation of an automated control system of vertical blinds. This final paper presents the development of a prototype with automated control features to opening and closing the window vertical blind fins by remote control, based on market research and reading of bibliographic material about sensors, motors and remote transmission systems. The project also incorporates a feature that checks the intensity of light present out door to open automatically the fins, allowing that the luminous radiation to be utilized indoors. Thus, the solution also combines the comfort estimated by consumers with another value in vogue at the beginning of the twenty-first century: sustainability. The project end result shows that it is a product which, despite being a prototype, presents valid conditions to be incorporated into the local market.

Keywords: window vertical blind, electronic blind, house automation, remote control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Diagrama em blocos dos subsistemas | 9 |
| Figura 2 - Funcionamento do motor de passo | 12 |
| Figura 3 - Foto de LDR..... | 13 |
| Figura 4 - Esquema genérico de ligação de um PIC18F452..... | 16 |
| Figura 5 - Modelo de Persiana Rolô..... | 17 |
| Figura 6 - Modelo de Persiana Romana | 17 |
| Figura 7 - Modelo de Persiana Vertical..... | 18 |
| Figura 8 - Sistema de automação encontrado a venda em lojas do ramo..... | 20 |
| Figura 9 - Motor AK35BY..... | 22 |
| Figura 10 - Motor AK39H..... | 22 |
| Figura 11 - Esquema de ligação com um motor usando o ULN2803 | 23 |
| Figura 12 - Divisor de Tensão | 25 |
| Figura 13 - Nova estrutura do sistema..... | 26 |
| Figura 14 - <i>Push Buttons</i> do circuito interruptor..... | 27 |
| Figura 15 - Resistor de <i>pull down</i> | 27 |
| Figura 16 - Representação do circuito infravermelho..... | 28 |
| Figura 17 - Aparelho emissor por radiofrequência..... | 30 |
| Figura 18 - Aparelho receptor por radiofrequência..... | 31 |
| Figura 19 - Módulo transmissor RF | 32 |
| Figura 20 - Módulo receptor RF..... | 32 |
| Figura 21 - Representação do sistema de transmissão RF..... | 33 |
| Figura 22 - Composição do circuito de controle..... | 34 |
| Figura 23 - Fluxograma da rotina do microcontrolador | 35 |
| Figura 24 - Desenho do contato proposto para fim de curso..... | 37 |
| Figura 25 - Persiana com os motores acoplados para testes | 38 |
| Figura 26 - Estrutura de movimentação da persiana | 40 |
| Figura 27 - Peça para acoplar o eixo do motor..... | 40 |
| Figura 28 - Polia para movimentar a corda da persiana | 41 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 6 |
| 1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA | 6 |
| 1.2. PROBLEMA..... | 7 |
| 1.3. JUSTIFICATIVA | 7 |
| 1.4. OBJETIVOS | 8 |
| 1.4.1. Objetivo Geral | 8 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 8 |
| 1.5. MÉTODO DE PESQUISA..... | 8 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 11 |
| 2.1. MOTORES DE PASSO | 11 |
| 2.2. SENSORES..... | 12 |
| 2.3. SENSOR DE LUZ COM FOTORESISTOR | 13 |
| 2.4. TRANSMISSÃO INFRAVERMELHA | 14 |
| 2.4.1. TRANSMISSÃO VIA RF..... | 14 |
| 2.5. MICROCONTROLADORES | 15 |
| 3. ANÁLISE DE MERCADO | 17 |
| 4. DESENVOLVIMENTO | 21 |
| 4.1. CIRCUITO ATUADOR | 21 |
| 4.2. CIRCUITO SENSOR | 24 |
| 4.3. CIRCUITO INTERRUPTOR | 26 |
| 4.4. CIRCUITO DE CONTROLE REMOTO | 28 |
| 4.4.1. Sistema Infravermelho | 28 |
| 4.4.2. Sistema de RF..... | 29 |
| 4.4.2.1. Solução pronta de transmissor/receptor RF..... | 30 |
| 4.4.2.2. Solução Desenvolvida de Transmissor/Receptor RF..... | 31 |
| 4.5. CIRCUITO DE CONTROLE E SISTEMA COMPLETO..... | 34 |
| 4.5.1. Estrutura Mecânica | 38 |
| 4.5.2. Gabinete..... | 39 |
| 4.5.3. Acoplamentos..... | 39 |
| 4.5.4. Teste de torque para estruturas maiores | 41 |
| 4.6. ORÇAMENTO | 43 |
| 5. CONCLUSÃO | 45 |

1. INTRODUÇÃO

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

O projeto “Controle Automatizado de Persianas” utiliza técnicas de eletrônica para possibilitar o funcionamento automatizado de uma persiana vertical. Para isso, foram utilizados alguns elementos básicos, que atuaram no controle dos movimentos desta persiana.

A persiana proposta é vertical, com tamanho reduzido, a fim de servir como projeto de pesquisa e protótipo para a implementação em persianas de diferentes tamanhos.

O protótipo possui um sistema que, automaticamente, capta os padrões de luminosidade dos ambientes interno e externo e regula a passagem de luz. Trata-se, portanto, de uma “persiana inteligente”. O produto conta ainda com controle remoto manual, com comandos que abrem e fecham a persiana.

Esta solução pode ser considerada como um equipamento de automação residencial, também conhecida como domótica, hoje muito difundida em feiras de decoração e construção, mas ainda relativamente cara para os padrões das classes média e baixa. Com base nesta realidade, a pesquisa buscou alternativas para o que o projeto tenha um custo mais acessível em comparação aos atuais produtos do mercado.

Para a fundamentação da proposta, pesquisas complementares embasaram o trabalho, mostrando a popularidade de persianas controladas eletronicamente e dos valores de mercado atuais.

Por fim, com o desenvolvimento do projeto poderemos abrir a possibilidade de estender a integração para demais objetos residenciais, como lâmpadas, eletrodomésticos e outros equipamentos eletrônicos.

1.2. PROBLEMA

O principal desafio do sistema desenvolvido é a automatização de seu controle, que foi implementado por meio de um módulo controlador. Este mecanismo recebeu dados do sensor de luminosidade, fez sua análise e passou os dados para um módulo atuador, que acionou os motores acoplados à persiana.

Testes avaliaram se a estrutura proposta é capaz de controlar a persiana adequadamente.

1.3. JUSTIFICATIVA

O custo de projetos e motores empregados nas tecnologias de controle em persianas e cortinas, restringe o uso deste tipo de produto em residências. Atualmente encontram-se no mercado cortinas e persianas automatizadas que custam oito vezes o valor de uma cortina sem a motorização. Este panorama justifica a proposta do projeto “Controle Automatizado de Persianas”, que prevê o desenvolvimento de um controle remoto de menor custo.

O controle automático possibilita ainda uma comodidade a mais ao consumidor, que não precisaria se preocupar com a regulagem manual da abertura da persiana e simplesmente teria que apertar um botão com as configurações pré-definidas.

Os benefícios também se estendem às pessoas com deficiência física, visto que o esforço físico para a realização da mesma atividade na forma convencional, sem o controle remoto, seria mais difícil ou até impossível em alguns casos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo Geral

Aplicar uma solução automatizada e de controle remoto em uma persiana vertical, com menor custo possível, adequado às limitações financeiras e cronológicas do projeto, e com a possibilidade de aprimoramento posterior à conclusão do trabalho, para comercialização.

1.4.2. Objetivos Específicos

Realizar o desenvolvimento de um sistema automatizado de persianas, com sensores que captam os padrões de luminosidade do ambiente externo e regulam a passagem de luz.

Viabilizar o uso de motores de baixo custo para a realização do projeto.

Obter conhecimento mercadológico, realizando pesquisas de preço e entrevistas com fornecedores de persianas.

Levantar a lista de componentes do projeto e calcular custos para um projeto de maior porte.

Aprimorar o módulo de controle, desenvolvendo e testando rotinas que possibilitem o controle automatizado.

1.5. MÉTODO DE PESQUISA

O desenvolvimento deste projeto incluiu pesquisas teóricas sobre os produtos existentes no mercado e estudos sobre a tecnologia envolvida nestes produtos.

Foram realizadas entrevistas com fabricantes e revendedores de persianas, para verificar a utilização de automação e eletrônica nos produtos disponíveis no mercado. Na fase inicial as perguntas estavam relacionadas ao custo e preço final para o consumidor, qualidade, suporte e pós-venda e, por fim, um comparativo entre a venda de persianas manuais e eletrônicas.

Após a fase de pesquisas iniciou-se o desenvolvimento do projeto, no qual foram escolhidos os componentes e definido o método para cada fase de produção.

A Figura 1 mostra o diagrama em blocos dos subsistemas vislumbrados para o controle remoto e automático da persiana.

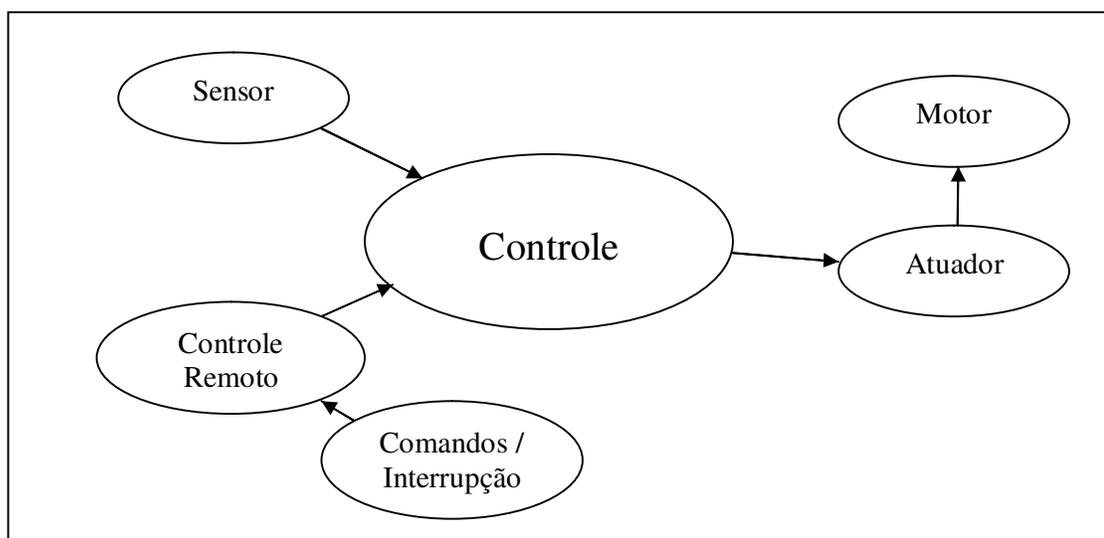


Figura 1 – Diagrama em blocos dos subsistemas
Fonte: Autoria própria

O sistema de controle é composto por vários subsistemas, que comunicam-se entre si. A partir desta ideia foram utilizados sistemas já conhecidos de atuação em motores, captação de sinais luminosos e de transmissão sem fio. O desenvolvimento foi feito a partir da implementação e testes de cada subsistema autonomamente.

Primeiramente foi desenvolvido um circuito eletrônico para funcionar como *driver* do motor de passo (responsável pela movimentação da persiana), ou seja, o circuito atuador. Os testes nesta etapa foram realizados no funcionamento do circuito integrado (CI). Também foram aferidos os sinais de entrada e saída do circuito, que movimentam o motor. Ainda foram verificados se os parâmetros elétricos estavam de acordo com o projeto.

Após a implementação e testes do circuito atuador foi desenvolvido um circuito de aquisição de dados dos sensores e amplificador do sinal para níveis de 0V a 5V. Este sub-sistema foi denominado de circuito sensor. O mecanismo deveria captar o sinal gerado pelos sensores de luz, amplificá-lo e disponibilizar a tensão para o circuito que controlar a atuação dos motores a partir das informações recebidas. Nesta etapa, os testes foram feitos basicamente medindo os valores gerados pelo sensor, o nível de amplificação e o sinal obtido na saída do sistema.

O terceiro sub-sistema implementado é relativo às interrupções manuais geradas pelo usuário, ou seja, nele estão os botões que definem os comandos para o sistema de controle. Este sistema foi denominado circuito interruptor. Inicialmente seriam sete botões, cada um com uma função específica. Três funções de pré-configuração: baixa, média ou alta luminosidade; quatro com funções de atuação direta nos motores, dois para realizar os movimento de “abrir” e “fechar” da persiana e outros dois para realizar os movimentos rotacionais de “abrir” e “fechar” das aletas da persiana. Neste circuito foram realizados testes simples, somente de continuidade do sinal de 5V até suas saídas.

Acochado ao circuito interruptor, foi implementado um circuito de controle remoto, feito com com sinal de radiofrequência (RF).

O último sub-sistema desenvolvido é o mais importante e de maior complexidade. Ele foi chamado de circuito de controle, que faz a análise dos dados obtidos a partir do circuito sensor, das interrupções geradas no circuito interruptor e foi responsável pela geração do sinal de controle para o circuito atuador. Foi utilizado um microcontrolador da família PIC da empresa *Michochip Technologies*, programado em linguagem C. os testes desta etapa abrangeram os códigos de programação, bem como as variáveis manipuladas e o sinal de saída.

Finalmente, foram realizados testes de funcionalidade e demonstração do sistema por completo. Neste momento foi ativado o circuito de *watchdog*. Isto permite que o circuito seja *resetado* se o software contiver algum *bug*.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como já abordado nos procedimentos metodológicos, o sistema subdivide-se em blocos que já são conhecidos e que foram estudados durante o curso de Tecnologia em Eletrônica, em diferentes cadeiras.

Com base nisso estão apresentadas na sequência as teorias e técnicas utilizadas em cada sub-sistema, relacionando-as com cada módulo, ou seja, motores, sensores de luz, transmissão infravermelho e controle de dados por microcontrolador.

2.1. MOTORES DE PASSO

Del Toro (1994) ressalta que a indústria de informática, que cresceu fortemente no início dos anos 90, popularizou o uso dos motores de passo, que foram e ainda são amplamente utilizados em componentes periféricos de computadores. Eles podem ser encontrados, por exemplo, em impressoras, *drives* de disquete, CD-ROMs e DVDs, nos quais proporcionam o posicionamento preciso dos leitores magnéticos ou óticos.

O motor de passo pode ser encontrado também em inúmeras aplicações fora da indústria de informática. Em muitas aplicações comerciais, militares e médicas, estes motores desempenham funções de cortar, misturar, agitar, medir, combinar e purificar. Também estão presentes na produção de alimentos empacotados, produtos comerciais acabados e mesmo na produção de filmes.

Apesar de ser acionado por uma sequência de sinais digitais, o motor em si exibe características que podem produzir um torque em regime permanente com uma só velocidade.

Dependendo de como é construído, o motor pode ser classificado de três maneiras:

- Motor de Passo de Ímã Permanente: quando existe um ímã permanente preso ao seu eixo.

- Motor de Passo de Relutância: quando não há ímã permanente, e é escolhido outro material como, por exemplo, o ferro.

- Motor de Passo Híbrido

Além da classificação através pela forma como ele é construído, o motor de passo ainda é classificado por sua polaridade

O motor recebe este nome porque sua forma de trabalho se resume em receber passos que excitam suas bobinas de forma sequencial e fazem com que o rotor se movimente conforme mostra a Figura 2.

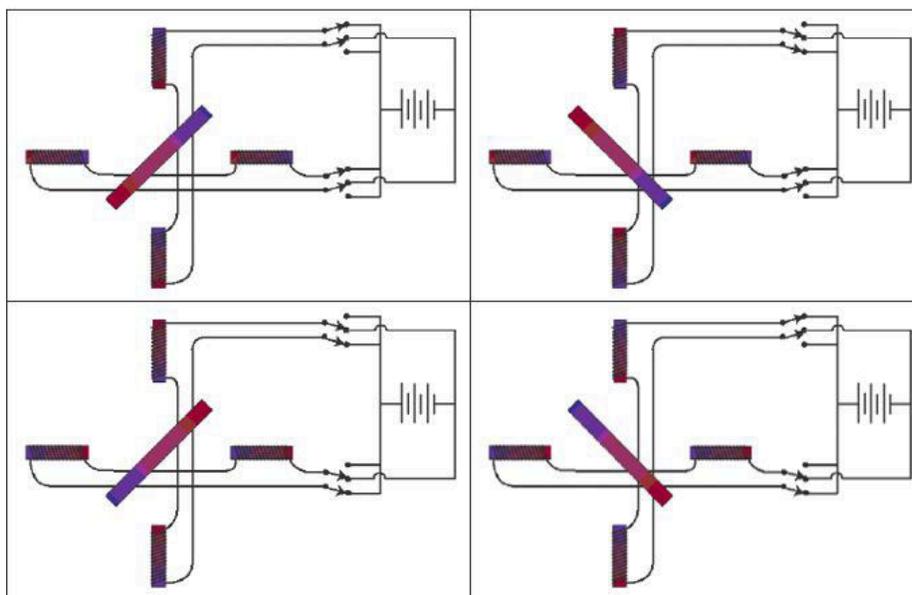


Figura 2 - Funcionamento do motor de passo
Fonte: ESTUDO DO MOTOR DE PASSO, 2010

2.2. SENSORES

Para Fraden (2004), sensores são frequentemente definidos como elementos que recebem um sinal ou estímulo e respondem a ele. O autor ressalta que esta definição é tão abrangente que englobaria quase tudo, desde um olho humano até o gatilho de um revólver. No entanto, em seu livro *Handbook of Modern*

Sensors, Fraden (2004) utiliza a definição de que sensores são elementos que recebem estímulos e respondem com um sinal elétrico e complementa que tais estímulos podem ser quantidade, propriedade ou condição que é medida.

2.3. SENSOR DE LUZ COM FOTORESISTOR

Sensores de luz recebem estímulos luminosos e respondem com a variação de uma grandeza elétrica (FRADEN, 2004). Existem diferentes tipos de sensores de luz que poderiam se adequar ao projeto proposto. Um componente barato e de fácil utilização foi escolhido: o fotoresistor.

O LDR (*Light Dependent Resistor*) ou fotoresistor é um resistor que varia sua capacidade resistiva ao receber estímulos luminosos. Desta maneira, pode-se medir a intensidade luminosa do ambiente por meio da variação obtida pelo componente.

A Figura 3 mostra um LDR, que geralmente é composto por uma capa plástica na qual existe uma lâmina de Sulfeto de Cádmio, que é uma substância sensível a luz.

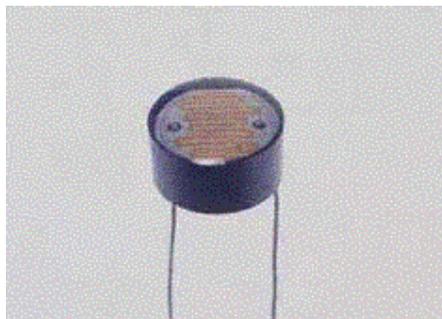


Figura 3 - Foto de LDR

Fonte: FOTORESISTOR, 2010

2.4. TRANSMISSÃO INFRAVERMELHA

No projeto, uma tecnologia de controle remoto avaliada foi a de infravermelho. Atualmente os controles remotos com raios infravermelhos são muito utilizados em televisores e aparelhos eletrônicos.

Um componente eletrônico capaz de emitir radiação infravermelha, muito popular, é o LED Infravermelho. Este elemento emite radiação em resposta à passagem de corrente elétrica por seus terminais. Existem ainda componentes capazes de identificar a presença da radiação infravermelha. Um deles é o foto-transistor, um transistor que possui acionamento por radiação infravermelha. Com a utilização destes dois componentes é possível montar a estrutura para um transmissor/receptor infravermelho.

2.4.1. TRANSMISSÃO VIA RF

Outra opção para comunicação remota é a transmissão por radiofrequência (RF do inglês *radio frequency*). Esta tecnologia é amplamente utilizada para acionamentos à distância em centrais de alarme, portões eletrônicos, fechaduras eletrônicas e outros. Para transmissão de dados à distância a radiofrequência também é muito difundida e atualmente existem aplicações, além do próprio rádio, como o *Bluetooth* e *WiFi*, muito conhecidos devido à utilização em celulares e computadores portáteis.

As ondas de radiofrequência assim como a radiação infravermelha, são ondas eletromagnéticas geradas a partir de uma carga elétrica em oscilação. Tais ondas têm a capacidade de se propagar no vácuo e em matéria. Elas são divididas em bandas de rádio que variam de 30KHZ a 300 mil MHZ. (RAIOS INFRAVERMELHOS, 2010)

2.5. MICROCONTROLADORES

Os microcontroladores são elementos que possuem funções integradas em somente um chip, basicamente possuem processador, memória e entradas e saídas. Foram projetados para comandar equipamentos específicos como, por exemplo, relógios, alarmes, eletrodomésticos e também são utilizados em instrumentação, em estações meteorológicas, em automóveis, e em inúmeras aplicações presentes no cotidiano.

A utilização de microcontroladores é muito difundida devido à algumas vantagens, tais como: baixo custo e consumo, portabilidade, eliminação de muitos componentes externos, reconfiguração por software e curto tempo para desenvolvimento em relação as outras tecnologias.

A Figura 4 mostra um circuito genérico de ligação de um microcontrolador PIC. Segundo Pereira (2005), os primeiros dispositivos programáveis tinham seus programas feitos em código de máquina. Tais códigos eram normalmente dígitos binários, o que dificultava extremamente o trabalho dos programadores. A partir deste problema e da crescente necessidade de programação de sistemas, foi criada a linguagem *Assembly*.

Pereira (2005) afirma que “*Assembly* consiste em uma forma alternativa de representação dos códigos de máquina usando mnemônicos”. Isto fazia com que o programador, ao invés de digitar uma sequência de zeros e uns, utilizasse comandos do tipo `MOVLW 0x8C`. Isso facilitou o trabalho do programador e melhorou sua produtividade, que poderia melhorar com a utilização de uma linguagem de alto nível. Uma opção intermediária é a linguagem C, que varia entre o *assembly* e as linguagens de alto nível. O C também trouxe benefícios à maneira de programar e aumentou a produtividade por ser versátil e ainda mais fácil de entender.

Atualmente, a maioria dos microcontroladores disponíveis no mercado conta com o uso de compiladores C para o desenvolvimento de software.

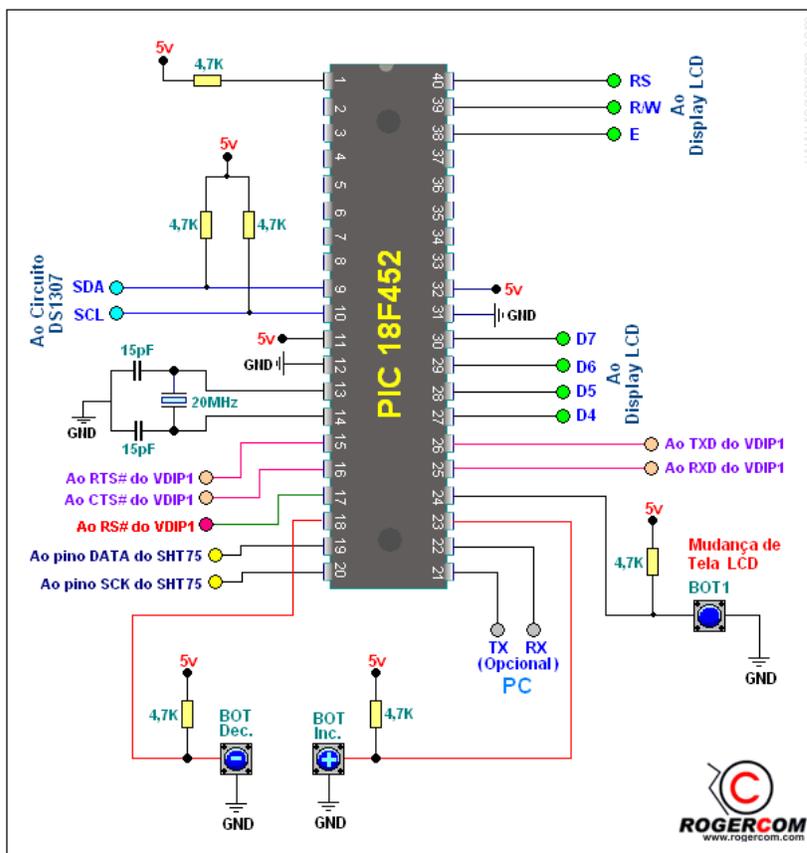


Figura 4 - Esquema genérico de ligação de um PIC18F452

Fonte: MICROCONTROLADORES, 2010

Neste projeto foi utilizada a linguagem C para desenvolver a rotina de controle dos motores. A escolha foi determinada por sua facilidade em trabalhar com variáveis e por deixar que os compiladores se encarreguem da alocação de memória, assim o desenvolvedor pode se preocupar mais com a intenção principal da rotina.

3. ANÁLISE DE MERCADO

A automação de persianas verticais ainda não é difundida no mercado local de decoração residencial. As lojas oferecem, em sua maioria, a automação dos modelos de persianas rolô e romana (apresentadas na Figura 5 e Figura 6, respectivamente), conforme pesquisa de mercado realizada mediante entrevista com lojas do ramo.



Figura 5 - Modelo de Persiana Rolô

Fonte: DITOLEDO, 2010



Figura 6 - Modelo de Persiana Romana

Fonte: DITOLEDO, 2010

Os modelos de persianas verticais, que são o foco deste projeto, segundo informação dos lojistas, são mais difíceis de motorizar por não existir fornecedores de automação para este modelo no mercado brasileiro, o que encarece ainda mais os projetos. A Figura 7 mostra um modelo de persiana vertical instalado em uma residência.



Figura 7 - Modelo de Persiana Vertical

Fonte: DITOLEDO, 2010

A relação dos estabelecimentos que participaram da análise de mercado foi determinada a partir da tradição que representam no mercado local. Cada loja também pode representar diferentes mercados consumidores, por estarem localizadas em diferentes bairros da capital paranaense: Água Verde, Jardim Botânico e Rebouças.

Uma breve entrevista foi realizada com vendedores de cada uma das lojas, com informações sobre a oferta de automação de persianas, valores dos produtos e procura no mercado local.

As entrevistas revelaram que o alto custo e a tecnologia empregada na automação das persianas verticais inviabilizam a oferta do produto em alta escala, fazendo até com que algumas lojas deixem de oferecer o serviço. Outro fator que prejudica a popularidade no mercado é a estrutura necessária para suportar os motores que promovem o movimento das persianas verticais. Além de volumosa, a estrutura necessária é anti-estética.

Os atendentes ouvidos durante a pesquisa afirmaram que a aquisição de persianas verticais automatizadas fica restrita a ambientes comerciais, como clínicas

de estética ou hospitais em que a automação das persianas se faz necessária pela imobilidade dos pacientes. O modelo, mesmo pouco comercializado, também é procurado para espaços compostos por janelas grandes, com metragens que variam entre três e cinco metros.

A Empresa D é o único estabelecimento a oferecer, além das persianas automatizadas, o sistema disponível para cortinas de tecido em diferentes modelos como franzido, com pregas ou com forro. A cortina automatizada é composta por trilhos especiais motorizados, que realizam a abertura da cortina. Os comandos podem ser enviados por controle remoto ou por um painel de controle fixado na parede.

O registro de vendas de persianas automatizadas nas quatro lojas entrevistadas, considerando os dois modelos mais comercializados, é variado. Entre os estabelecimentos entrevistados, a loja com maior venda destes produtos é a Empresa B, com média de 80 vendas mensais.

Em relação aos valores, os preços da automação de persianas também variam. O valor mais acessível, oferecido pela loja Empresa A, é de R\$ 750,00, chegando a R\$ 3 mil na loja Empresa C. Estes valores referem-se apenas ao equipamento de motorização e desconsideram a persiana em si. O resumo da pesquisa está apresentado no Quadro 1.

| Loja | Produtos oferecidos | Valores da automação | Vendas/mês |
|-----------|--|--|------------------|
| Empresa A | Automação de persianas rolô e romana | Rolô: R\$ 750,00 Romana: R\$ 900,00 | 5 unidades |
| Empresa B | Automação de persianas rolô e horizontal | R\$ 2.000,00 | 70 a 80 unidades |
| Empresa C | Automação de persianas romana e rolô | De R\$ 750,00 a R\$ 3.000,00 | 2 unidades |
| Empresa D | Automação de persianas romana, horizontal, rolo e cortinas de tecido | A partir de R\$ 1.300,00 | 1 unidade |

Quadro 1 - Relação de produtos oferecidos pelas lojas entrevistadas

Fonte: Autoria própria

Uma empresa francesa do ramo de motorização e automação residencial é a que está presente em todas as lojas entrevistadas. Atuando em todo o mundo, a empresa está no Brasil desde 1998 e oferece os produtos: persianas externas de enrolar, toldos, cortinas e persianas de interiores, telas de projeção, janelas e brises.

A empresa descarta a possibilidade de aplicar-se a automação em persianas verticais, apresentando apenas a informação de que “qualquer tipo de cortina que seja feita sob medida pode ser motorizada: rolô, celular, plissada, romana e também persianas de alumínio ou madeira”.

Neste sistema o motor é instalado diretamente no trilho da cortina. Os comandos do controle remoto são emitidos por radiofrequência e também podem ser acionados por um interruptor. O sistema está representado na Figura 8.

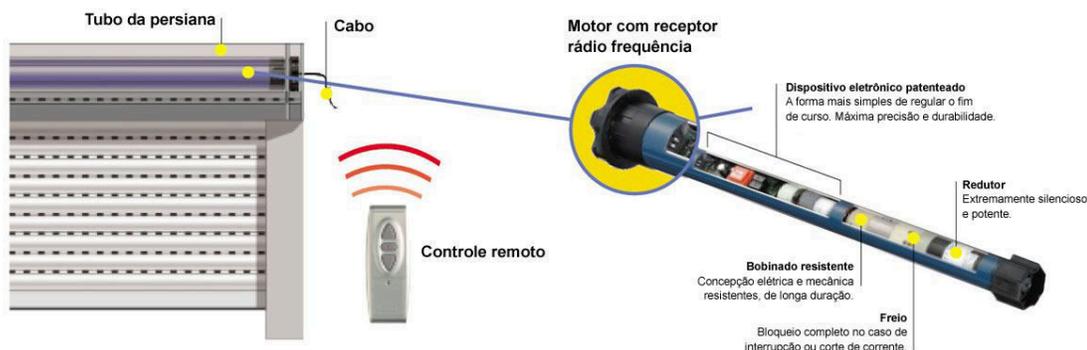


Figura 8 - Sistema de automação encontrado a venda em lojas do ramo
Fonte: SOMFY, 2010

Uma informação relevante que foi levantada na análise de mercado foi que, entre as lojas entrevistadas, nenhuma oferece a automação interligada com sensores de luz para abertura de persianas. Diante deste cenário, a criação de um sistema de automação de persianas verticais com preço acessível e sistema compacto interligado com sensores de luz é uma inovação no mercado. O presente projeto se enquadra nestes critérios ao apresentar um produto viável e que pode servir como concorrência aos atuais modelos disponíveis.

4. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do projeto levou em consideração as etapas descritas na introdução deste trabalho, com foco na automação do sistema de persianas. Conforme previsto, foram desenvolvidos cinco sub-circuitos para o total funcionamento do produto com o objetivo de possibilitar a atuação dos motores, a captação dos sinais luminosos e a transmissão sem fio.

Os cinco subsistemas são: circuito atuador, circuito sensor, circuito interruptor, circuito de controle remoto e circuito de controle. Inicialmente cada um deles foi criado em separado e, quando integrados, formaram o sistema completo.

4.1. CIRCUITO ATUADOR

Com a função de atuar como *driver* do motor de passo, o desenvolvimento do circuito atuador configurou-se como o mais fácil de todo o produto. Isto porque estão disponíveis no mercado de componentes eletrônicos, diversos circuitos integrados (CI) que executam tal função. Desta forma, não foi preciso desenvolver um novo circuito atuador e sim utilizar os mecanismos existentes.

Um desses circuitos integrados é o ULN2803, composto basicamente por um arranjo de transistores *Darlington* que pode controlar correntes de até 500 mA por fase. Este foi o escolhido para o projeto do *driver* dos motores de passo. A escolha se justifica pelo circuito ser compatível com a corrente dos motores utilizados na produção do projeto e por possuir portas capazes de controlar dois motores simultaneamente.

Os motores de passo ligados ao circuito atuador são de uma fabricante brasileira, nos modelos AK35BY e AK39H, escolhidos pela facilidade de encontrá-los no mercado e por serem compatíveis com a estrutura física utilizada na persiana.

Responsável pela rotação das aletas, o motor AK35BY (Figura 9) possui torque de 350 g.cm, passo de 7,5°, tensão de fase de 12V e corrente de fase de 0,29A.



Figura 9 - Motor AK35BY
Fonte: Autoria própria

O motor AK39H (Figura 10) apresenta torque de 1,1 Kgf.cm, passo de 1.8°, tensão de fase de 12V e corrente de fase de 0,1A. Esse motor controla a abertura e o fechamento da persiana.



Figura 10 - Motor AK39H
Fonte: Autoria própria

Foram feitos testes com o ULN2803 ligado aos dois motores de passo descritos acima. Conforme indicado no *datasheet* dos dois motores, cada entrada foi excitada, na sequência correta, com uma tensão de 5V. Verificou-se que na saída eram habilitados 12V correspondentes ao transistor interno, conforme a Figura 11. A

tensão aplicada às fases dos motores possibilitou o funcionamento correto de ambos, rotacionando o eixo.

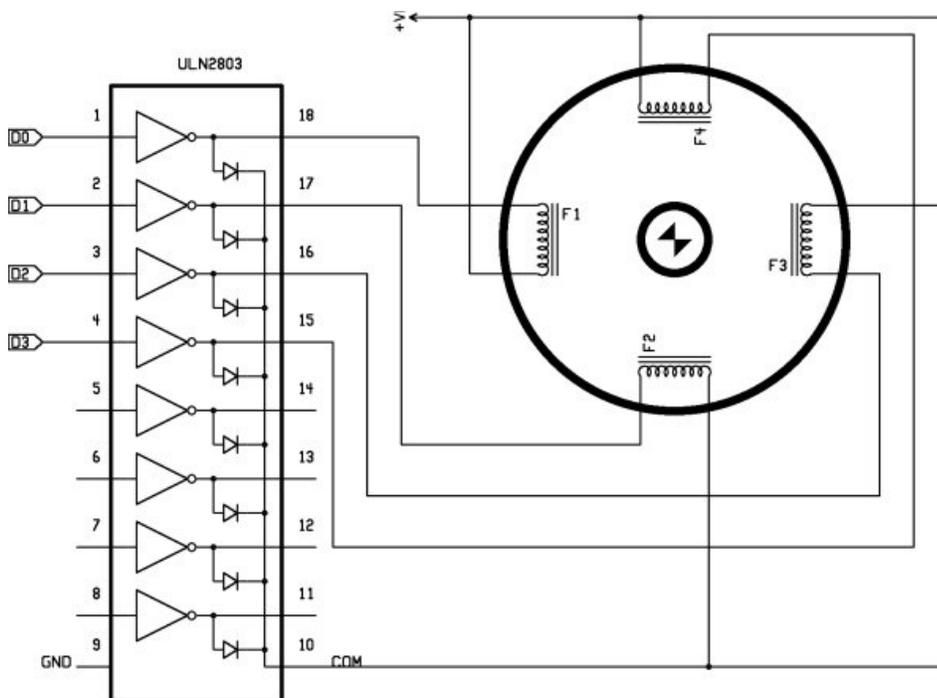


Figura 11 - Esquema de ligação com um motor usando o ULN2803

Fonte: ROGERCOM, 2010

A função do ULN2803 é atuar como um isolador. Ao receber 5V e habilitar 12V na saída, impede que a tensão aplicada ao motor interfira na tensão do circuito.

Para os motores escolhidos no projeto, a sequência de passos demonstrando qual fio do motor deve ser excitado, está apresentada nos Quadros 2 e 3, respectivamente.

| Passo | Amarelo | Preto | Laranja | Azul | Vermelho | Vermelho |
|-------|---------|-------|---------|------|----------|----------|
| 0 | 12 V | 12 V | | | 0 V | 0 V |
| 1 | | 12 V | 12 V | | 0 V | 0 V |
| 2 | | | 12 V | 12 V | 0 V | 0 V |
| 3 | 12 V | | | 12 V | 0 V | 0 V |

Quadro 2 - Sequência de passos para movimentar o motor AK35BY

Fonte: AKYIAMA, 2010

| Passo | Vermelho | Azul | Verde | Amarelo | Preto | Branco |
|-------|----------|------|-------|---------|-------|--------|
| 0 | 12 V | 12 V | | | 0 V | 0 V |
| 1 | | 12 V | 12 V | | 0 V | 0 V |
| 2 | | | 12 V | 12 V | 0 V | 0 V |
| 3 | 12 V | | | 12 V | 0 V | 0 V |

Quadro 3 - Sequência de passos para movimentar o motor AK39H

Fonte: AKYIAMA, 2011

4.2. CIRCUITO SENSOR

O desenvolvimento do circuito sensor foi mais simples do que o esperado. Ao invés de utilizar-se um amplificador operacional para gerar a tensão entre 0V e 5V e atuar como uma entrada analógica no circuito de controle, optou-se apenas pelo componente LDR (*Light Dependent Resistor*) para a captação do sinal de luz. A escolha é justificada pelo fato do LDR possuir grande variação de resistência, que, quando colocado em um divisor de tensão e submetido à variação de luminosidade, proporciona uma variação suficiente de tensão para os padrões de leitura do controle, com tensões aproximadas de 0,5V e 4,9V.

No divisor de tensão foi escolhido um resistor de 10Ω , como proteção para impedir a passagem de correntes mais altas, conforme a Figura 12. A variação da resistência do próprio LDR serve para gerar a variação de tensão utilizada na entrada analógica do circuito de controle. Ao receber a radiação luminosa, o LDR diminui sua resistência interna variando entre aproximadamente 10Ω e 5Ω .

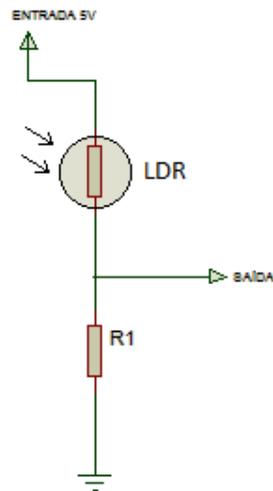


Figura 12 - Divisor de Tensão
Fonte: Autoria própria

Um fato importante observado durante os testes nos sensores foi a dificuldade de instalação do sensor interno, que deveria verificar as condições de luminosidade no ambiente interno, para que o circuito de controle avaliasse a necessidade de abertura das aletas da persiana.

No entanto, vislumbrando o desenvolvimento de um projeto que roga pela sustentabilidade e que evita o desperdício, optou-se pela retirada do sensor da luminosidade interna. A medida permite que a persiana abra automaticamente quando há luminosidade externa e promova a iluminação do ambiente, sem a necessidade da utilização de lâmpadas. Caso o sensor interno não fosse retirado do projeto, os ambientes com boa iluminação interna nunca necessitariam da abertura da persiana. Esta alteração foi realizada juntamente com o professor orientador na reunião do dia 21 de setembro de 2010. Desta forma, a Figura 13 apresenta a estrutura do sistema.

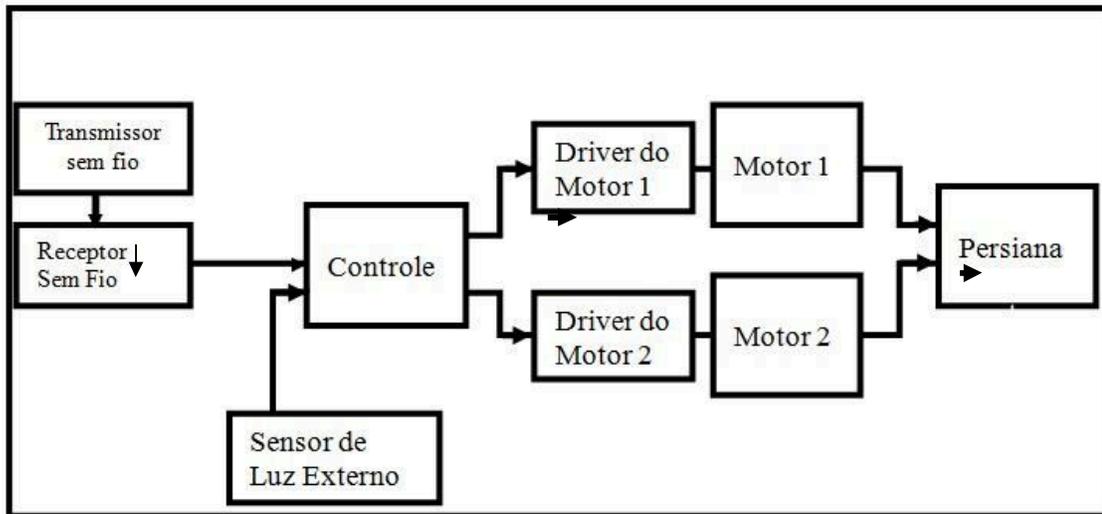


Figura 13 - Nova estrutura do sistema

Fonte: Autoria própria

4.3. CIRCUITO INTERRUPTOR

Uma análise anterior ao desenvolvimento do projeto apontou que não seria necessária a aplicação de sete botões no circuito interruptor, conforme previsto inicialmente. Isto porque, pensando no consumidor final, a configuração para baixa, média ou alta intensidade da luz – função que ocuparia três botões – ficaria confusa.

Com o objetivo de facilitar o manuseio do produto pelo usuário, ficou estabelecida a possibilidade de simplesmente habilitar ou desabilitar o modo automático - função pré-configurada no sistema - para a verificação da luz externa, e consequentemente promover a entrada de luz no ambiente com apenas um botão do circuito interruptor. Caso a preferência do usuário seja determinar a intensidade da luz externa que entra no ambiente como baixa, média ou alta, o recomendado é a utilização do controle remoto.

Foram utilizados neste circuito botões *push button*, conforme mostrada na Figura 14 . Além do botão responsável por habilitar o modo automático da persiana, compõem o circuito interruptor dois botões para comandos de abertura e fechamento da persiana, e outros dois para a rotação das aletas.



Figura 14 - *Push Buttons* do circuito interruptor
Fonte: Autoria própria

Nos testes de produção, os cinco botões foram ligados em uma tensão de 5V, mesma tensão do circuito de controle. Cada botão foi testado para verificar se, quando pressionado, habilitava a tensão de 5V. Os botões também foram ligados a um resistor de *pull down* (conforme apresenta a Figura 15), que faz a tensão de saída do botão ficar em 0V enquanto ele não é pressionado. Isto que garante que o sistema está jogando nível lógico 0 na saída e que esta será a entrada do controlador.

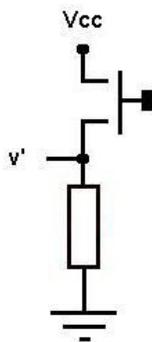


Figura 15 - Resistor de *pull down*
Fonte: Autoria própria

Esta medida se faz necessária para garantir que o controlador receba o sinal correto (0V ou 5V) e não fique em estado aberto, o que poderia ocasionar uma má interpretação do sinal pelo controlador e o funcionamento incorreto do produto.

4.4. CIRCUITO DE CONTROLE REMOTO

O circuito de controle é responsável pela transmissão dos comandos do usuário para o funcionamento da persiana, por meio dos elementos transmissor e receptor. O transmissor é independente do sistema, enquanto o receptor é diretamente ligado na alimentação do circuito de controle.

Inicialmente, o sistema escolhido para realizar esta função foi o que utiliza a tecnologia de luz infravermelha. No entanto, os testes demonstraram que tal tecnologia com os componentes disponíveis e adquiridos para a execução do projeto não foi satisfatória, fazendo necessária a aplicação de um sistema com tecnologia de radiofrequência (RF).

4.4.1. Sistema Infravermelho

O sistema que utilizou a tecnologia infravermelha foi desenvolvido por meio de um circuito emissor e um circuito receptor, de acordo com a Figura 16.

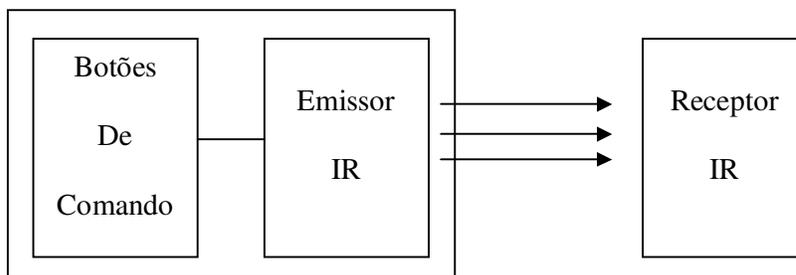


Figura 16 - Representação do circuito infravermelho

Fonte: Autoria própria

O circuito emissor foi submetido a testes que verificaram o acionamento dos leds pelos botões do controle remoto e consistiram em verificar se os comandos acionados pelos botões do emissor eram recebidos e corretamente interpretados pelo microcontrolador.

Durante esta análise verificou-se que a distância entre o emissor e o receptor não poderia ultrapassar aproximadamente dois metros, prejudicando o funcionamento do controle remoto, cujo objetivo principal era movimentar a persiana à distância. Outro aspecto negativo observado no sistema infravermelho foi a interferência de obstáculos na recepção dos comandos, exigindo o direcionamento do emissor em linha reta ao receptor. Neste caso, o equipamento que comporta o sistema de controle deveria ficar exposto, comprometendo a estética da persiana. Por tais motivos optou-se por não utilizar a tecnologia de infravermelho.

4.4.2. Sistema de RF

O sistema de radiofrequência foi a alternativa encontrada para substituir o controle remoto infravermelho da persiana. A decisão foi tomada juntamente com o professor orientador deste projeto, em reunião no dia 24 de março de 2011.

Este modelo foi escolhido por possibilitar maior alcance do sinal (inclusive sem visada direta) e por sofrer pouca interferência de objetos, permitindo que o equipamento e o sistema de controle fiquem acomodados atrás da estrutura da persiana, preservando a estética do produto. Outro fator relevante foi a facilidade de encontrar produtos de baixo custo para a composição do sistema de controle remoto de radiofrequência no mercado.

4.4.2.1. Solução pronta de transmissor/receptor RF

Com as dificuldades encontradas no desenvolvimento do sistema infravermelho, optou-se pela compra de um conjunto transmissor/receptor disponível no mercado e que permitisse o desenvolvimento de um projeto de boa qualidade, porém com custo acessível.

O sistema emissor e o sistema receptor de radiofrequência, foram adquiridos em loja especializada. O controle remoto, representado pela Figura 17, possui quatro canais de 433 MHz enquanto o sistema receptor utilizado (Figura 18) possui quatro canais de 433 MHz e pode ser programado para receber comandos por pulso ou retenção.

Esta solução pronta teve um custo total de R\$ 89,00. Tal valor se enquadra na necessidade do projeto em manter o baixo custo.

Outra modificação importante foi a retirada do quinto botão, que servia exclusivamente para habilitar ou desabilitar o modo automático. Com este controle remoto tal função passa a ser obtida por meio da combinação de duas teclas que ao serem pressionadas ao mesmo tempo por 5 segundos, habilitam ou desabilitam o modo automático.



Figura 17 - Aparelho emissor por radiofrequência
Fonte: HUNION, 2011



Figura 18 - Aparelho receptor por radiofrequência
Fonte: HUNION, 2011

No comando por pulso, cada clique no controle remoto aciona determinado comando. Aplicado na persiana automatizada, um clique aciona a abertura da persiana e outro clique interrompe o procedimento. Quando programado para o comando de retenção, o sistema só funciona mediante pressão contínua. Desta forma, é preciso que o botão do controle remoto permaneça pressionado durante toda a operação de abertura e fechamento da persiana.

Outro diferencial do sistema de controle remoto RF é a possibilidade de acionar o motor de várias persianas simultaneamente com um único comando do controle emissor, mediante configuração prévia no sistema receptor. Para que isso seja possível basta que cada persiana de determinado ambiente possua um mecanismo receptor. Neste caso, os aparelhos receptores devem ser configurados de modo a reconhecer um único transmissor.

4.4.2.2. Solução Desenvolvida de Transmissor/Receptor RF

A partir dos testes feitos com o transmissor/receptor comprados prontos foi levantada a alternativa futura de desenvolver um circuito de transmissão RF e um circuito de recepção RF com vistas à redução de custos.

A partir desta ideia, foram comprados dois módulos RF, transmissor e receptor, apresentados na Figura 19 e na Figura 20, respectivamente.

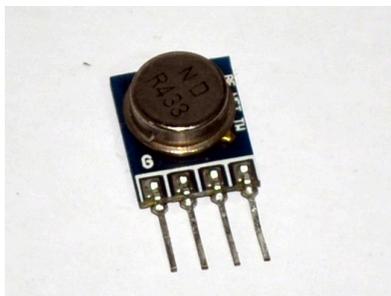


Figura 19 - Módulo transmissor RF
Fonte: Autoria própria

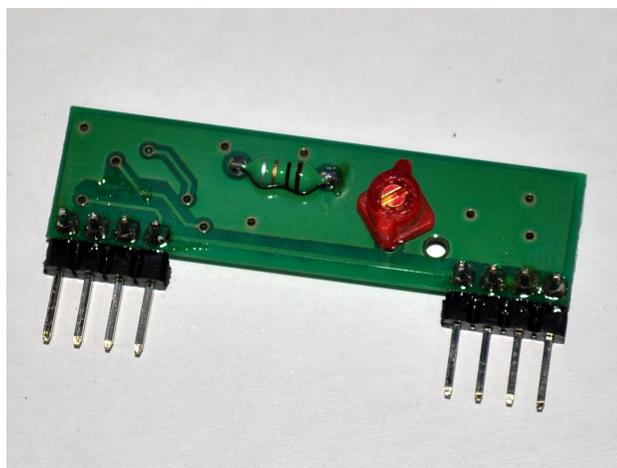


Figura 20 - Módulo receptor RF
Fonte: Autoria própria

Tais módulos são componentes encontrados em lojas especializadas e possuem a capacidade de trabalhar com sinal de 433MHz. Isto significa que a sequência de pulsos enviada para o transmissor provoca uma emissão de sinais de RF para o receptor. Este disponibiliza a mesma sequência de pulsos para o circuito em que estiver instalado.

Para que fossem enviados dados de forma serial foi necessária a utilização de um codificador junto ao módulo transmissor e de um decodificador junto ao receptor. Após breves pesquisas em lojas especializadas, foi escolhido o CI HT12E como codificador e o CI HT12D como decodificador.

Este par *encoder/decoder* funciona em varias aplicações que estão a venda no mercado e possui um custo acessível (em média R\$ 5,00 o par). O HT12E possui quatro entradas de dados e oito entradas para endereços, ou seja, pode enviar 4 bits de dados e configurar um endereço com 8 bits. O HT12D também possui 8 bits de endereço e os mesmos 4 bits de dados.

A Figura 21 mostra o circuito com a configuração deste sistema de transmissão.

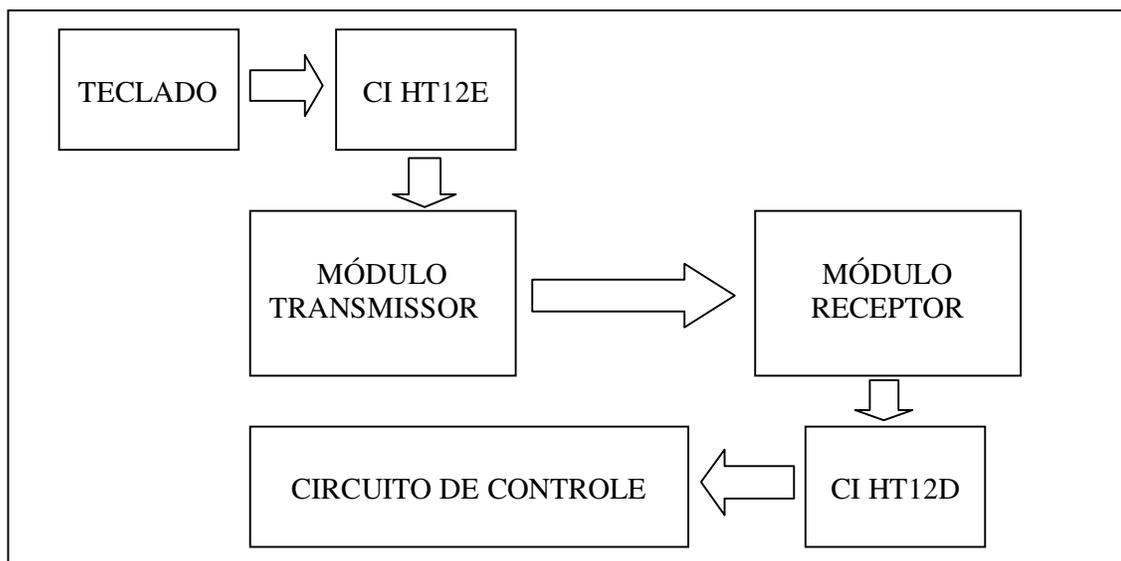


Figura 21 - Representação do sistema de transmissão RF
Fonte: Autoria própria

Para realizar os testes com o transmissor, foi ligado um *push-button* a cada pino de dados do CI HT12E, que ao ser acionado fazia com que a tensão no pino fosse para 0V. O HT12E leu as entradas digitais e enviou os dados para o módulo transmissor de forma serial. Com o módulo receptor ligado ao CI HT12D, o sinal serial recebido do transmissor via radiofrequência era decodificado e entregue aos pinos de dados do receptor, reproduzindo corretamente os comandos.

A partir dos testes com este circuito decidiu-se utilizar esta solução em virtude dos resultados. Outro fator determinante na escolha desta solução foram os custos reduzidos e a possibilidade de modificações. Uma solução de terceiros, como demonstrado no item 4.4.2.1, não permitiria tal flexibilidade. Além disso, o módulo receptor RF pode ser soldado na placa principal, diminuindo o espaço ocupado. Menor, o produto tem a instalação facilitada.

Além dos módulos e dos CIs também é necessário que haja uma carcaça para o controle remoto, que pode ser adquirida em lojas especializadas por valores abaixo de R\$ 10,00.

4.5. CIRCUITO DE CONTROLE E SISTEMA COMPLETO

O circuito de controle é formado pelo microcontrolador PIC16F628A, que foi programado para receber os dados de entrada do circuito sensor e do controle remoto, para então controlar o funcionamento da persiana. Para programar o microcontrolador, foi utilizada uma placa de gravação de PIC e o software MikroC, da empresa MikroElektronika. Este software é um ambiente integrado de desenvolvimento para linguagem C.

O esquema de ligação dos componentes é ilustrado pela Figura 22.

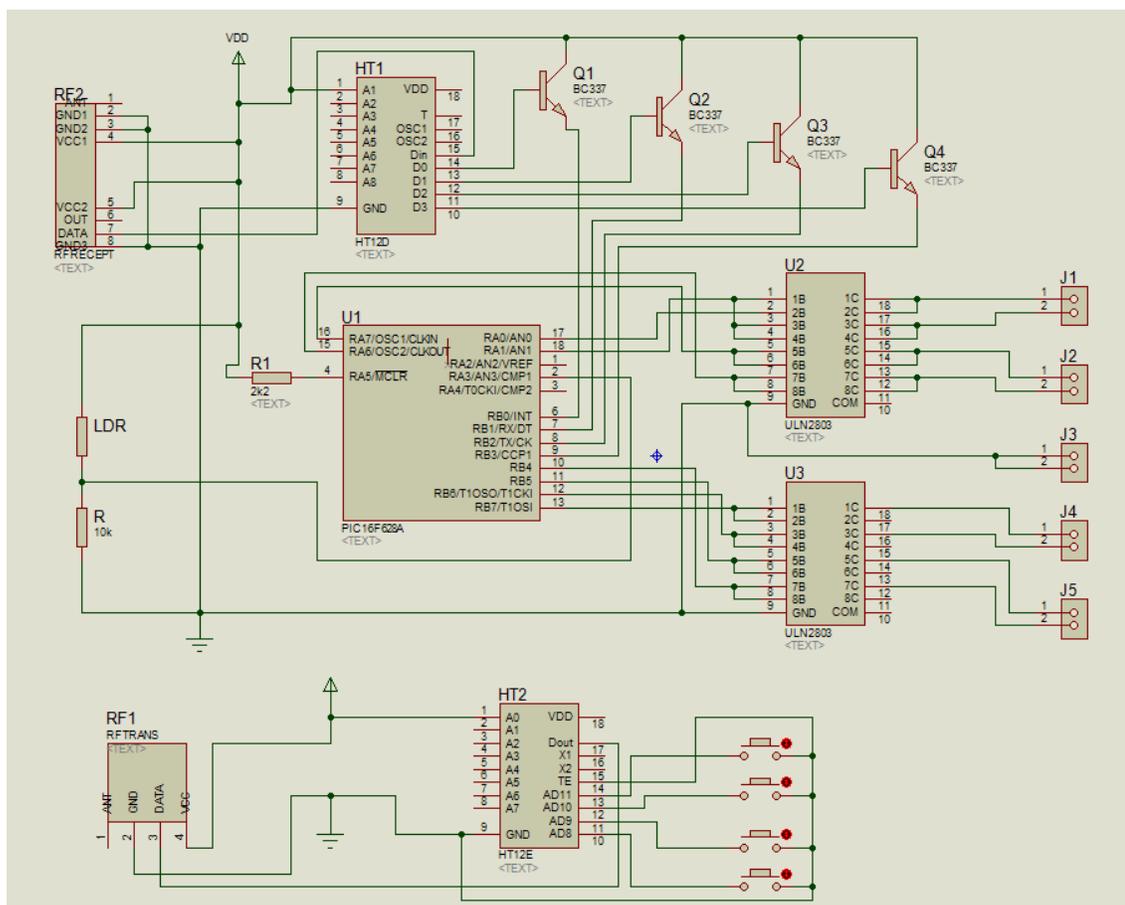


Figura 22 - Composição do circuito de controle
Fonte: Autoria própria

O fluxograma da solução é apresentado na Figura 23.

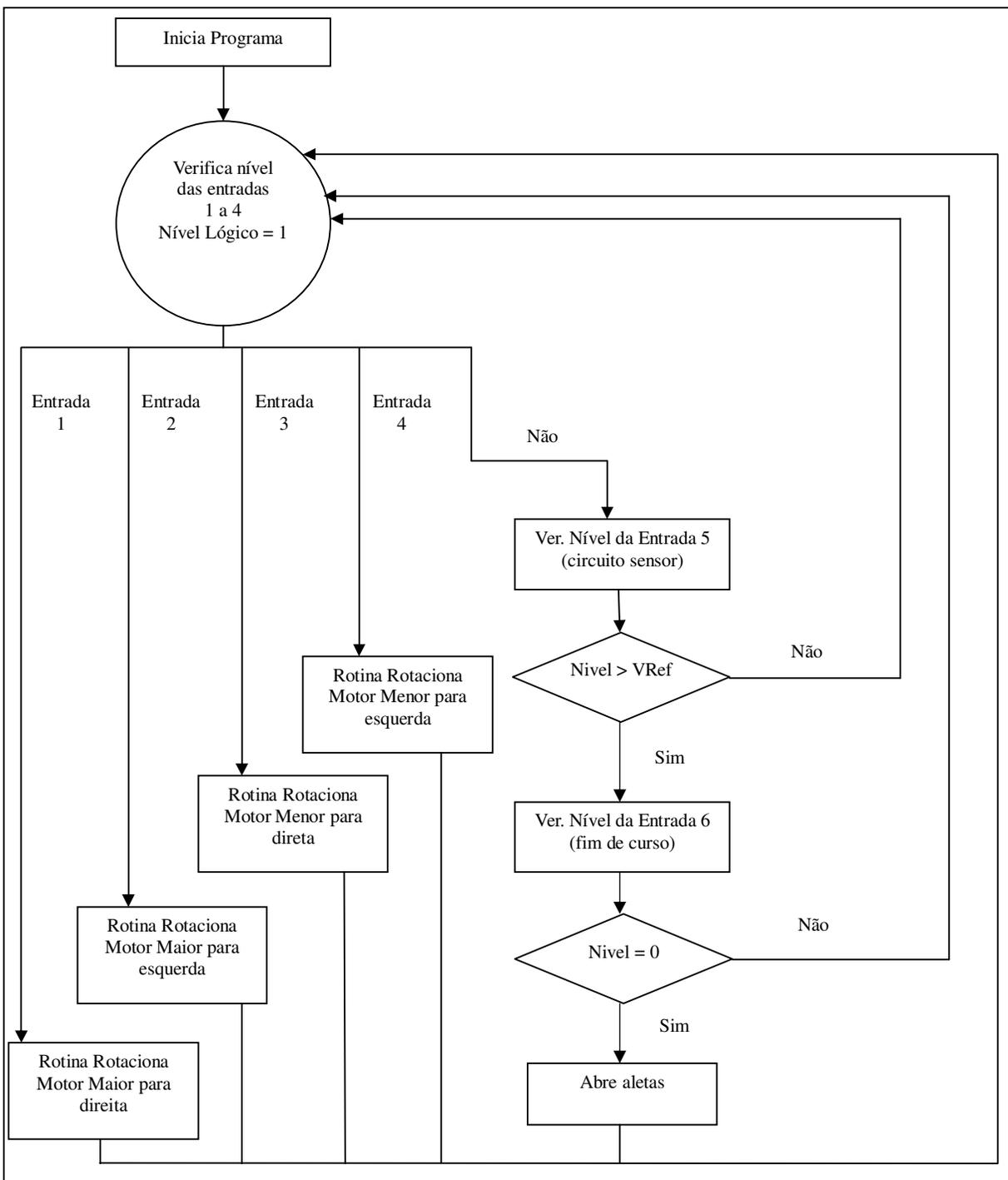


Figura 23 - Fluxograma da rotina do microcontrolador
Fonte: Autoria própria

O microcontrolador foi configurado para receber quatro entradas digitais que correspondem aos quatro comandos do controle remoto. Ao aplicar-se 5V em uma das entradas digitais, o PIC reconhece a instrução e habilita a rotina que movimentava o motor específico.

O Quadro 4 mostra a função de cada entrada do microcontrolador na movimentação do motor.

| Pino de entrada | Função |
|-----------------|--|
| 2 | Rotaciona o motor AK 35BY no sentido horário |
| 3 | Rotaciona o motor AK35BY no sentido anti-horário |
| 15 | Rotaciona o motor AK 39H no sentido horário |
| 16 | Rotaciona o motor AK 39H no sentido anti-horário |
| 2 + 15 | Habilita / Desabilita modo automático. |

Quadro 4 - Função dos comandos do controle remoto

Fonte: Autoria própria

Além das entradas digitais, o PIC foi configurado para habilitar uma entrada analógica, no pino 18 (AN1). Esta entrada recebe uma tensão fornecida pelo sistema sensor. Neste caso o microcontrolador funciona como um voltímetro e mede a tensão no pino 18.

Em testes feitos com circuito sensor conectado ao microcontrolador, foi verificado que para se obter uma luminosidade satisfatória no ambiente interno é necessário que haja boa iluminação externa. Medindo-se a tensão do circuito sensor, resultante da variação da luminosidade externa, foi verificado que a tensão de 1,7V é um bom parâmetro para que o microcontrolador decida abrir as aletas da persiana.

Tal teste foi realizado com o motor acoplado à persiana, com o circuito de controle já funcionando e recebendo os dados do circuito sensor. À medida que o LDR diminui sua resistência pela incidência de luz a tensão sobre o pino 18 do microcontrolador também diminui. Quando a tensão fica menor que 1,7 Volts o PIC passa a movimentar o motor de rotação das aletas para sua abertura.

Um fato importante nesta etapa de testes foi o problema relacionado ao número de passos necessários para que as aletas da persiana fossem rotacionadas até a posição correta com maior passagem de luz. Nos primeiros testes houve dificuldade quanto ao seu correto posicionamento, pois não havia a indicação de início ou fim de curso. Em outras palavras, não se conhecia o momento exato de parar a rotação e nem a posição exata das aletas. Para corrigir esta situação, foi necessário o acoplamento de chaves de início e fim de curso na primeira aleta da persiana conforme mostra a Figura 24.



Figura 24 - Desenho do contato proposto para fim de curso
Fonte: Autoria própria

Após a instalação das chaves de fim de curso, foi necessário utilizar mais duas entradas digitais do microcontrolador para receber a informação de que o motor já rotacionou as aletas até o fim. Com isto foram feitos novos testes e calculado o número de passos do início ao fim da rotação. Metade destes passos faz com que a persiana pare no meio da rotação e fique na posição mais favorável à passagem de luz.

Durante a abertura e fechamento da persiana também percebe-se um ruído feito pela própria movimentação da persiana em seu trilho. Aparentemente este

ruído é ocasionado pelo passo do motor que causa pequenas trações na corda da persiana.

Com estes testes, foi possível avaliar o funcionamento da persiana em modo automático e via de controle remoto. A Figura 25 mostra a persiana com os motores acoplados para os testes. O gabinete do lado esquerdo da persiana acomoda os dois motores.



Figura 25 - Persiana com os motores acoplados para testes
Fonte: Autoria própria

4.5.1. Estrutura Mecânica

Além do projeto eletrônico foi necessária a montagem da estrutura mecânica para testes e verificação do real funcionamento do sistema. Tais elementos são descritos nos itens subsequentes.

4.5.2. Gabinete

O gabinete adquirido para acomodar os motores e o circuito, possui 15 cm de comprimento, 10 cm de largura e 5,7 cm de profundidade. Nele foram feitos dois furos para passagem dos eixos dos dois motores, quatro furos para fixação dos parafusos do motor AK39H e dois furos para fixação do motor AK35BY.

Além das furações necessárias à acomodação dos motores, ainda há uma furação para saída da antena do módulo receptor e uma furação para encaixe do pino de alimentação.

A fixação do gabinete na parede é feita por parafusos atravessando dois furos presentes na base do gabinete.

4.5.3. Acoplamentos

Para acoplar corretamente os motores à estrutura mecânica da persiana, foram utilizadas peças para encaixe do eixo do motor e que faziam o movimento correto para posicionar as aletas da persiana.

A estrutura da persiana possui uma corda que recolhe e estende as aletas, e possui uma engrenagem que rotaciona as aletas, conforme a Figura 26.



Figura 26 - Estrutura de movimentação da persiana
Fonte: Autoria própria

O motor AK35BY possui eixo com diâmetro de 2 mm e para acoplá-lo à persiana, seria necessária a fabricação de uma peça que possibilitasse o encaixe do eixo à engrenagem pertencente à persiana, conforme a Figura 27.

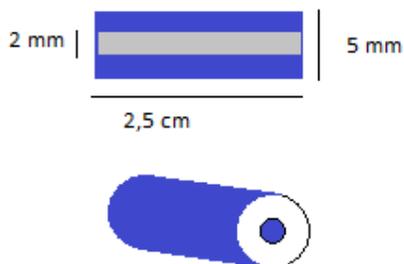


Figura 27 - Peça para acoplar o eixo do motor
Fonte: Autoria própria

O custo para fabricação desta peça é de R\$ 5,00 e foi levantado junto à empresa FGM Plásticos (www.fgmplasticos.com.br), situada em Pinhais – PR.

Para o motor AK39H também seria necessária a fabricação de uma peça que proporcionasse a movimentação da corda da persiana. Para isto foi proposta a utilização de uma polia com a furação de 5 mm para encaixe do eixo do motor, que possui 5 mm de diâmetro. A Figura 28 mostra o desenho lateral da polia para movimentar a corda da persiana.

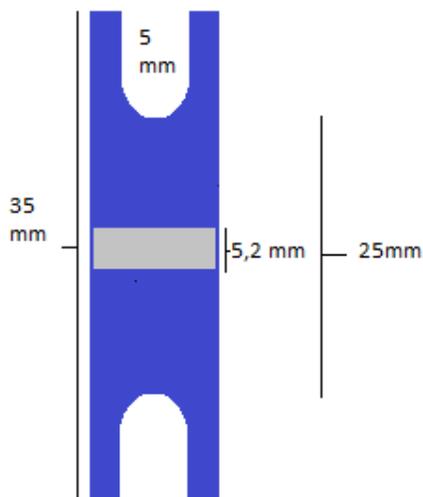


Figura 28 - Polia para movimentar a corda da persiana
Fonte: Autoria própria

Para a fabricação desta polia, o custo foi de R\$ 10,00 cada peça, valor também orçado na FGM Plásticos. Um fato importante verificado durante os testes foi que a polia, sendo feita de plástico, não possui a capacidade de atrito suficiente para movimentar a corda. Então pode ser utilizado um revestimento interno de borracha, silicone ou semelhante (na ranhura da polia), para que a corda tenha fixação na polia. Nos testes foi utilizado um revestimento de silicone.

4.5.4. Teste de torque para estruturas maiores

Ao final da montagem mecânica da persiana, foi realizado um experimento com uma persiana de maior tamanho. Especificamente 230 cm de largura por 200

cm de altura. Para calcular, mesmo que aproximadamente, o torque necessário para um motor abrir e fechar tal persiana, foi amarrada uma garrafa contendo 2 litros de água (aproximadamente 2 Kg) à corda responsável pela abertura da persiana. Ao soltar a garrafa, seu peso foi suficiente para abrir a persiana.

Com este teste foi possível verificar que, para persianas com maiores estruturas, um motor de torque de 2 Kgf/cm poderia ser utilizado para a automação.

4.6. ORÇAMENTO

O levantamento dos custos do projeto foi baseado no orçamento de cada componente do sistema. A Tabela 1 demonstra o orçamento geral.

Tabela 1 - Orçamento

| Produto | Qdade | Valor (R\$) | Loja Referência |
|---|--------------|--------------------|------------------------|
| Motor AK39H | 1 | 90,00 | Pares Eletrônica |
| Motor AK35BY | 1 | 39,00 | Pares Eletrônica |
| CI PIC16F628a | 1 | 8,00 | Pares Eletrônica |
| CI ULN2803 | 2 | 4,00 | Pares Eletrônica |
| CI HT12E | 1 | 2,75 | Sucitech Automação |
| CI HT12D | 1 | 2,75 | Sucitech Automação |
| Mód. Transmissor RF | 1 | 7,50 | Sucitech Automação |
| Mód. Receptor RF | 1 | 7,50 | Sucitech Automação |
| Fonte 12Volts 2A | 1 | 19,90 | Beta Comercial |
| Bornes 2 vias | 6 | 2,16 | Beta Comercial |
| JAC Femea p/ Fonte | 1 | 1,50 | Beta Comercial |
| Resistores | 12 | 0,36 | Beta Comercial |
| LDR 10mm | 1 | 2,50 | Beta Comercial |
| Push Buttons | 5 | 2,50 | Beta Comercial |
| Placa Circuito Impresso do Controle Remoto | 1 | 8,00 | Jahger Eletrônica |
| Carcaça do Controle Remoto | 1 | 4,50 | Recla Eletrônica |
| Bateria 4,5 V do Controle Remoto | 1 | 8,35 | Pares Eletrônica |
| Placa Circuito Impresso do Controle Principal | 1 | 27,50 | Jahger Eletrônica |
| Gabinete Plástico 15x10x5,7cm | 1 | 9,53 | Pares Eletrônica |
| Polia usinada em nylon | 1 | 10,00 | FGM Plásticos |
| Acoplamento usinado em nylon | 1 | 5,00 | FGM Plásticos |
| TOTAIS | 37 | 263,30 | |

Fonte: Autoria própria

Nos custos do projeto também é necessário incluir as despesas com mão de obra para produção. Este valor foi levantado de maneira simplificada durante o projeto, pois não havia uma maneira de avaliar o tempo exato gasto para montagem de um sistema completo. Estima-se que, com todos os componentes, há a

possibilidade de montar um sistema completo em aproximadamente duas horas, fato baseado no próprio desenvolvimento deste projeto.

Com o valor total em materiais de R\$ 263,30, a fabricação de um “Sistema Automatizado de Persianas Verticais” deve ainda sofrer um acréscimo nos custos em torno de R\$ 40,00 pela mão de obra, somando R\$ 303,30.

Estimando um lucro de 60% sobre o valor de fabricação, o produto seria vendido por R\$ 485,28. Sobre este valor ainda podem incidir os gastos com estrutura para fabricação, tais como: aluguel, contas de água, energia elétrica, telefone e outros. O valor final dependerá do investimento inicial, estrutura de fabricação e da aceitação do produto pelos consumidores, portanto, não é possível afirmar um valor exato para o preço final produto.

A proposta deste projeto é que o valor final seja em torno de R\$ 600,00, pois conforme pesquisa de mercado o produto de menor valor no mercado local custa em torno de R\$ 750,00 para o consumidor final. Ressalta-se que os produtos disponíveis não possuem os mesmos atributos do projeto em questão.

5. CONCLUSÃO

A ideia de um produto capaz de ser introduzido em um nicho de mercado com grande potencial de sucesso frente à concorrência, com a possibilidade de aprimoramento e a redução de custos mostra-se muito atrativa. O produto é passível de melhorias em suas funcionalidades, contribuindo para uma evolução das tecnologias e facilidades do mercado atual.

O projeto “Controle Automatizado de Persianas Verticais” propôs o desenvolvimento de um produto comercialmente viável. Durante o desenvolvimento chegou-se a um produto que, apesar de protótipo, deu mostras da excelência técnica e da possibilidade de se tornar um produto com acabamento profissional e viabilidade financeira.

Fica claro, porém, que existem ainda algumas dificuldades a serem enfrentadas e melhorias realmente necessárias para que o produto seja fabricado e instalado em residências. Uma importante questão encontrada foi o ruído gerado pela movimentação da persiana em seu trilho. Este problema deve ser investigado para que se obtenha um produto com qualidade comercial.

Após a pesquisa de mercado e a realização prática deste projeto, podemos perceber, sobretudo, um grande ganho em experiência acadêmica. Nem sempre, durante o curso, tivemos a oportunidade de pesquisar e implementar uma solução completa para determinada necessidade. Isto nos traz o desafio de unir várias tecnologias estudadas separadamente durante o curso. Por isso pode-se constatar a importância do trabalho de conclusão de curso, na formação do aluno.

REFERÊNCIAS

DEL TORO, Vincent. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1994.

FRADEN, Jacob. **Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications**. Boston: Birkhäuser, 2004.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC: programação em C**. São Paulo: Érica, 2003.

ESQUEMA GENÉRICO DE LIGAÇÃO DE UM PIC18F452. Disponível em: <<http://www.rogercom.com/microcontroladores/pag05.htm>>. Acesso em 14 jun. 2010.

ESTUDO DO MOTOR DE PASSO. Disponível em: <<http://www2.eletronica.org/artigos/outros/estudo-do-motor-de-passo-e-seu-controle-digital>>. Acesso em: 10 jun. 2010

FOTORESISTOR. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Fotoresistor.html>>. Acesso em: 14 jun. 2010

MIKROELECTRONICA PRODUCTS. Disponível em: <<http://www.mikroe.com>>. Acesso em: 20 jun. 2010

FOTORESISTOR. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Fotoresistor.html> >. Acesso em: 15 jan. 2010

MICROCONTROLADORES. Disponível em: <<http://www.rogercom.com/microcontroladores/pag05.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2010

DITOLEDO. Disponível em: <<http://www.ditoledo.com.br>>. Acesso em: 20 fev. 2010

HUNION ELETRÔNICOS. Disponível em: <[http:// www.hunion.com.br](http://www.hunion.com.br) >. Acesso em: 10 jun. 2010

FGM PLÁSTICOS. Disponível em: <[http:// www.fgmplasticos.com.br](http://www.fgmplasticos.com.br) >. Acesso em: 05 mai. 2010

AKYIAMA. Disponível em: <[http:// www.akiyama.com.br](http://www.akiyama.com.br) >. Acesso em: 05 mai. 2010

SOMFY. Disponível em: <[http:// www.somfy.com.br](http://www.somfy.com.br) >. Acesso em: 20 jun. 2010

RAIOS INFRAVERMELHOS. Disponível em:
<http://www.notapositiva.com/trab_estudantes/trab_estudantes/fisico_quimica/fisico_quimica_trabalhos/raiosinfravermelhos.htm >. Acesso em: 20 jun. 2010