

# Sistema de automação residencial com controle remoto de TV

Rafael Melchior de Oliveira

17 de junho de 2025

## Resumo

Este trabalho descreve o projeto e a implementação de um sistema de automação residencial de baixo custo, controlado por um controle remoto infravermelho (IR) convencional. O objetivo principal foi desenvolver um protótipo funcional capaz de acionar duas cargas independentes — simuladas por lâmpadas — a partir dos sinais de um controle remoto de TV. O cérebro do sistema é o microcontrolador PIC16F877A, responsável por decodificar os sinais IR, gerenciar as saídas e fornecer feedback visual ao usuário.

A metodologia envolveu a integração de hardware e software. O hardware consiste em um módulo receptor IR para a captura dos comandos, um módulo relé de dois canais para o acionamento das lâmpadas, e um display LCD 16x2 com interface I2C para exibir o status do sistema e os códigos IR recebidos. Para uma montagem robusta e compacta, foi confeccionada uma placa de circuito impresso (PCI) personalizada em fenolite, utilizando o método de corrosão por percloroeto de ferro.

O firmware, desenvolvido em linguagem C para o compilador CCS, implementa uma rotina que aguarda a recepção de um sinal IR. Ao detectar um sinal, o código é decodificado e comparado com valores pré-definidos. Se um código correspondente a um dos botões programados for identificado, o microcontrolador alterna o estado do relé associado, ligando ou desligando a lâmpada. O projeto demonstrou-se eficaz, validando a aplicação prática de microcontroladores em soluções de automação e a viabilidade da construção de um sistema completo, desde a programação do chip até a fabricação da placa de circuito.

## 1 Introdução

A crescente busca por conforto, praticidade e eficiência energética tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias de automação residencial, também conhecidas como domótica. Inserida no conceito mais amplo de Internet das Coisas (IoT), a automação de residências transforma ambientes comuns em "casas inteligentes", onde tarefas como o controle de iluminação, climatização e segurança podem ser gerenciadas de forma centralizada e remota. Tais sistemas não apenas aumentam a conveniência dos usuários, mas também promovem a acessibilidade para pessoas com mobilidade

reduzida e contribuem para um consumo de energia mais consciente.

No entanto, a implementação de sistemas de automação comerciais frequentemente envolve altos custos e uma complexidade técnica que os tornam inacessíveis para muitos. Este cenário abre uma oportunidade para o desenvolvimento de soluções alternativas, de baixo custo e com maior flexibilidade, utilizando componentes eletrônicos amplamente disponíveis e conhecimentos de sistemas embarcados.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal o projeto, a construção e a validação de um protótipo de automação residencial de baixo custo, baseado no microcontrolador PIC16F877A. O sistema desenvolvido permite o acionamento independente de duas cargas elétricas, representadas por lâmpadas, através de comandos enviados por um controle remoto infravermelho (IR) convencional. Para fornecer uma interface clara ao usuário, o status do sistema é exibido em tempo real em um display de cristal líquido (LCD).

A realização deste projeto é de grande relevância no âmbito da disciplina de Microcontroladores, pois permite a aplicação prática e integrada de múltiplos conceitos fundamentais da eletrônica embarcada. Ele abrange desde a programação do microcontrolador em linguagem C e a decodificação de protocolos de comunicação sem fio (IR), até o acionamento seguro de cargas de alta potência com relés e o ciclo completo de desenvolvimento de uma placa de circuito impresso (PCI) personalizada, desde o seu desenho até a confecção final.

Para uma apresentação clara e organizada, este relatório está estruturado da seguinte forma: a seção de Metodologia detalha os componentes e os processos de hardware e software utilizados. Em seguida, a seção de Resultados e Discussão apresenta o funcionamento do protótipo e analisa seu desempenho. Por fim, a Conclusão sumariza os resultados alcançados e propõe caminhos para trabalhos futuros.

## 2 Metodologia

Esta seção detalha os procedimentos e recursos utilizados para o desenvolvimento do sistema de automação residencial. A metodologia foi dividida em quatro etapas principais: a seleção dos componentes de hardware, o projeto do circuito elétrico, a confecção da placa de

circuito impresso (PCI) e o desenvolvimento do software de controle.

## 2.1 Componentes de Hardware

A seleção dos componentes foi pautada pela disponibilidade, baixo custo e adequação aos objetivos do projeto. A seguir, são descritos os principais dispositivos utilizados.

**Microcontrolador PIC16F877A** Este componente é o cérebro do projeto. Trata-se de um microcontrolador de 8 bits da família PIC da Microchip, notável por sua versatilidade e ampla documentação. Ele possui 40 pinos, 33 dos quais podem ser usados para entrada/saída (I/O), sendo mais que suficiente para controlar os periféricos deste sistema. Sua função é receber e decodificar o sinal IR, acionar os relés e enviar informações para o display LCD.



Figura 1: Microcontrolador PIC16F877A.

**Módulo Receptor IR** Utilizou-se um receptor de infravermelho padrão, KY-022. Este componente é projetado para detectar sinais IR modulados na frequência de 38 kHz, que é comum em controles remotos de TV. Ele demodula o sinal recebido e o converte em um sinal digital de nível lógico, que pode ser lido diretamente por um pino do microcontrolador.



Figura 2: Módulo receptor de infravermelho.

**Módulo Relé de 2 Canais** Para permitir que o microcontrolador, que opera em baixa tensão (5V), controle as lâmpadas, que são cargas de alta tensão (AC), foi utilizado um módulo relé. Este módulo possui dois relés que funcionam como interruptores eletromecânicos. Crucialmente, ele oferece isolamento óptico (através de optoacopladores) entre o circuito de controle e o circuito de potência, garantindo a segurança do microcontrolador e do usuário.



Figura 3: Módulo relé de 2 canais.

**Display LCD 16x2 com Módulo I2C** Para fornecer feedback visual, foi empregado um display de cristal líquido (LCD) de 16 colunas por 2 linhas. O display está acoplado a um módulo conversor para o protocolo I2C, o que simplifica drasticamente a conexão com o PIC. Em vez de usar 6 ou mais pinos para uma conexão paralela, a comunicação é feita com apenas dois pinos: SCL (Clock) e SDA (Dados).



Figura 4: Display LCD 16x2 com módulo I2C.

## 2.2 Projeto do Circuito e Diagrama Elétrico

O circuito foi projetado para interconectar os componentes de forma lógica e funcional. O pino **RB0** do PIC16F877A foi configurado como entrada para receber o sinal do receptor IR. Os pinos **RD0** e **RD1** foram configurados como saídas para controlar os dois canais do módulo relé. A comunicação com o display LCD foi estabelecida através do barramento I2C, utilizando os pinos **RC4 (SDA)** e **RC3 (SCL)**. Um cristal oscilador de 4 MHz foi conectado aos pinos **OSC1** e **OSC2** para fornecer o sinal de clock para o microcontrolador. O diagrama esquemático completo do circuito é apresentado na Figura 5.

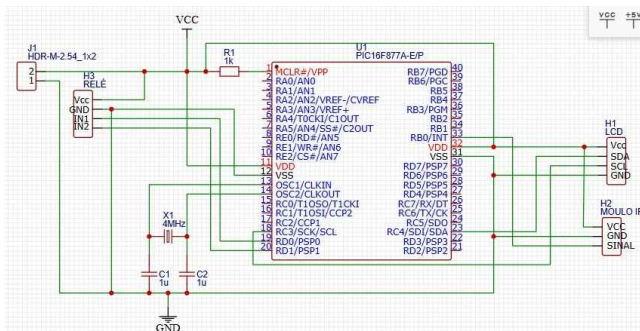


Figura 5: Diagrama esquemático do circuito de automação.

## 2.3 Confeção da Placa de Circuito Impresso (PCI)

Para garantir a robustez e a organização do protótipo, foi confeccionada uma placa de circuito impresso personalizada. O processo foi realizado em etapas:

1. **Desenho do Layout:** O layout das trilhas foi projetado em software para otimizar o roteamento e o posicionamento dos componentes.
2. **Transferência:** O método de transferência térmica foi utilizado para imprimir o layout em uma placa de fenolite virgem revestida de cobre.
3. **Corrosão:** A placa foi imersa em uma solução de **perclorato de ferro**, que remove o cobre não protegido pelo toner, revelando as trilhas do circuito. Este processo foi realizado com os devidos cuidados de segurança, incluindo o uso de luvas e ventilação adequada.
4. **Finalização:** Após a corrosão, a placa foi limpa para remover o toner e perfurada nos pontos de soldagem dos componentes. A Figura 6 mostra a placa finalizada.

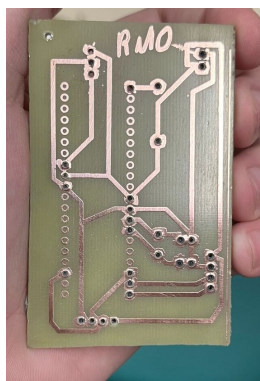


Figura 6: Placa de circuito impresso de fenolite confeccionada para o projeto.

## 2.4 Desenvolvimento do Software

O firmware do microcontrolador foi desenvolvido em **linguagem C** e compilado utilizando o **CCS C Compiler**. A lógica do software é responsável por toda a inteligência do sistema.

A tarefa mais crítica do software é a **decodificação do sinal IR**. Protocolos de infravermelho codificam dados binários (0s e 1s) através de padrões de tempo, seja pela largura dos pulsos ou pela distância entre eles. A Figura 7 ilustra um exemplo de como os dados são organizados em uma transmissão IR.

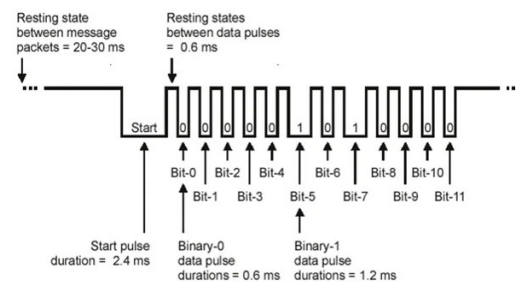


Figura 7: Exemplo de diagrama de tempo de um protocolo de comunicação IR, mostrando o pulso de início (start) e a codificação dos bits de dados.

No firmware implementado na função `read_ir_code()`, a decodificação é realizada de forma simplificada:

1. O sistema aguarda a borda de descida do sinal, que indica o início de um pulso.
2. Em seguida, ele mede o tempo para determinar o valor do bit. A lógica implementada espera o pulso terminar (sinal volta para nível alto) e então aguarda um tempo fixo de 600 microssegundos (`delay_us(600)`).
3. Após essa espera, o pino de entrada é lido novamente. Se o pino estiver em nível baixo, significa que um novo pulso já começou, caracterizando um bit '1'. Se ainda estiver em nível alto, caracteriza um bit '0'.
4. Esse processo é repetido 32 vezes para ler o código completo enviado pelo controle remoto.

O código decodificado é então comparado, no laço principal (`while(TRUE)`), com valores pré-definidos no programa. Se houver correspondência com o código de um dos botões desejados, a função `output_toggle()` é chamada para inverter o estado do relé correspondente (ligar se estiver desligado, e vice-versa), e uma mensagem de status é impressa no display LCD. Caso o código não seja reconhecido, ele é exibido no display para fins de depuração ou para o cadastro de novos botões.

### 3 Resultados

A fase de implementação do projeto foi concluída com sucesso, resultando em um protótipo de automação residencial plenamente funcional e alinhado aos objetivos iniciais. A montagem final, que pode ser vista na Figura 8, integra o circuito de controle em um invólucro protetor e o conecta às duas lâmpadas que simulam as cargas residenciais.



Figura 8: Protótipo final montado e em funcionamento, com o circuito de controle, o display LCD e as duas lâmpadas.

Os testes práticos validaram o comportamento esperado do sistema. Ao ser energizado, o display LCD exibia a mensagem “Esperando Sinal...”. A operação observada foi a seguinte:

- **Acionamento das Cargas:** Ao pressionar os botões correspondentes no controle remoto, as lâmpadas 1 e 2 alternaram seus estados (ligando e desligando) de forma independente e correta. O acionamento simultâneo de ambas as cargas também operou conforme o programado.
- **Feedback Visual:** Para cada comando executado, o display LCD atualizava o status em tempo real, exibindo mensagens como “Lampada 1” ou “Lampada 2”, fornecendo um feedback claro ao usuário.
- **Validação da Decodificação:** Ao pressionar botões não cadastrados, o sistema exibia o código hexadecimal lido no display. Este resultado prático não só confirmou o funcionamento correto da rotina de decodificação IR, como também demonstrou uma funcionalidade útil para a depuração e expansão do sistema.

O desempenho do protótipo foi estável e responsivo, confirmando que a integração de hardware via PCI personalizada e a lógica de software implementada foram eficazes para a aplicação proposta.

### 4 Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo, que

atingiu com sucesso seu objetivo de controlar duas cargas elétricas por meio de um controle remoto infravermelho. O protótipo funcional demonstrou a viabilidade da solução proposta, integrando de forma eficaz o microcontrolador PIC16F877A, sensores e atuadores.

A execução do projeto permitiu consolidar importantes conhecimentos práticos em sistemas embarcados. Foram superados desafios técnicos relevantes, como a implementação de uma rotina de decodificação de sinais IR baseada em temporização precisa e as particularidades do processo de confecção artesanal de placas de circuito impresso, que exigiu atenção para garantir a integridade das trilhas.

Apesar do êxito funcional, reconhece-se que o projeto em seu estado atual possui limitações, como a dependência de códigos de controle pré-definidos no firmware e a necessidade de linha de visada para a comunicação IR. Como perspectiva de **trabalhos futuros**, vislumbram-se melhorias significativas que poderiam ampliar a utilidade e a inteligência do sistema. Dentre elas, destacam-se:

- **Implementação de um “Modo de Aprendizado”:** Permitiria ao usuário cadastrar botões de qualquer controle remoto, tornando o sistema universal.
- **Adição de Controle de Intensidade (Diminuição):** Utilizando um TRIAC controlado por PWM, seria possível não apenas ligar e desligar, mas também regular a intensidade da iluminação.

Em suma, o trabalho cumpre seu papel didático e tecnológico, provando ser possível desenvolver soluções de automação eficazes e acessíveis com componentes comuns no mercado. O resultado obtido serve como uma base sólida para projetos mais complexos e inteligentes no campo da domótica.

### Referências

- **Microcontrollers Lab.** *TV Remote Controlled Home Automation System using PIC Microcontroller*. Publicado em: 27 de abril de 2021. Disponível em: <https://microcontrollerslab.com/tv-remote-controlled-home-automation-system/>. Acessado em: 17 de junho de 2025.
- **Mascarenhas, Alberto Willian.** *Material de Aula e Slides da Disciplina de Microcontroladores*. Instituição de Ensino Superior, Departamento de Engenharia, 2025.
- **Google.** *Modelo de Linguagem Gemini*. Estruturação de conteúdo e formatação LaTeX para relatório técnico. Acessado em: 17 de junho de 2025.
- **Microchip Technology Inc.** *PIC16F87XA Data Sheet, 28/40/44-Pin 8-Bit CMOS FLASH*

*Microcontrollers*. Documento DS39582C. Chandler, Arizona, 2003.

- **Mazidi, Muhammad Ali; McKinlay, Rolin D.; Causey, Danny.** *PIC Microcontrollers and Embedded Systems: Using Assembly and C for PIC18*. 1ª Edição. Pearson, 2007.
- **Malvino, Albert; Bates, David.** *Eletrônica – Volume 1*. 8ª Edição. McGraw-Hill, 2016.