



# Desenvolvimento de um sistema de medição e armazenamento de temperatura para obtenção de um banco de dados global de microclima

## *Development of a temperature measurement and storage system to obtain a global microclimate database*

Erasmoc Costa\*, Roberto Ribeiro Neli†

### RESUMO

O microclima se refere ao clima de uma região de pequena área. Este é o cenário em que a maioria dos seres vivos habitam no planeta. No entanto, os dados referentes ao microclima ainda não são levados em considerações em estudos climáticos. Devido a diversos fatores, a obtenção de dados de microclima é sensível e de difícil aquisição. Desta forma, o desenvolvimento de um sistema compacto e robusto para obtenção destes dados é tema central do trabalho. Sendo o desenvolvimento realizado em etapas, começando com estudo dos componentes, passando por simulações e finalizando em testes práticos, obteve-se um sistema dentro das especificações de projeto, robusto e compacto capaz de coletar dados relevantes de microclima. O sistema se mostra relevante para a área estudada pela simplicidade de operação e facilidade de fabricação artesanal.

**Palavras-chave:** microclima, sensores, microcontrolador, temperatura

### ABSTRACT

Microclimate refers to the climate of a small area region. This is the scenario in which most living beings inhabit the planet. However, microclimate data are not yet taken into consideration in climate studies. Different from determining factors, obtaining microclimate data is sensitive and difficult to acquire. Thus, the development of a compact and robust system to obtain data is the central theme of the work. The development being carried out in stages, starting with the study of the components, going through simulations and ending with practical tests, if a system within the project specifications, robust and compact, capable of collecting relevant microclimate data. The system proves to be relevant to an area studied for its simplicity of operation and ease of artisanal manufacturing

**Keywords:** microclimate, sensors, microcontroller, temperature

## 1 INTRODUÇÃO

Grande parte dos organismos terrestres vivem próximos ao solo. No entanto, as estações meteorológicas realizam medidas de temperatura atmosférica, com medições feitas entre 1,5 m e 2 m acima do nível do solo. Dessa forma, as condições ambientais da maioria dos seres vivos não são levadas em considerações em estudos que analisam dados da temperatura obtidas de estações meteorológicas (POTTER; ARTHUR; PINCEBOURDE, 2013; WILD et al., 2019).

O microclima é por definição: “clima local, em escala de pequenos ambientes” (BRASIL, 2006). A partir das definições, pode-se presumir que a obtenção de dados de microclima não é uma tarefa simples, uma vez

\* Engenharia Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil; [erasmoc@alunos.utfpr.edu.br](mailto:erasmoc@alunos.utfpr.edu.br)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão; [rneli@gmail.com](mailto:rneli@gmail.com)



que são necessários numerosos instrumentos de medição, para cobrir de forma heterogênea a área a ser estudada. No entanto, os instrumentos de medição meteorológicos profissionais possuem custo elevado e são de difícil acesso e, medidores que não foram desenvolvidos para a finalidade de obtenção de dados de microclima, podem obter medidas não confiáveis, dificultando a análise dos dados coletados (WILD et al., 2019).

Existem outros fatores limitantes na coleta de dados de microclima, como: a precisão dos sensores, o consumo de energia do dispositivo, proteção contra a luz solar, proteção contra chuva e insetos, desempenho das baterias, capacidade da memória para o armazenamento de dados e, dimensões compactas.

Desta forma, é possível desenvolver um sistema para coleta de dados de microclima que apresente dados de forma confiável e tenha autonomia para operar em campo por um período de tempo aproximado de um mês?

Tendo em vista a importância do microclima e as dificuldades para se obter dados da temperatura de pequenas áreas, o trabalho objetiva desenvolver um sistema de medição e armazenamento de dados de temperatura para o abastecimento de um banco de dados global. Detalhando o objetivo da pesquisa em etapas, esta é focada em estudar os sensores de temperatura existentes no mercado e definir qual seria o mais adequado para a aplicação proposta; projetar e testar em laboratório o sistema de medição de temperatura, a fim de se obter precisão nos dados coletados; projetar, testar e implementar o circuito de armazenamento dos dados colhidos pelos sensores; e implementar o sistema de medição de temperatura em um protótipo definitivo.

## 2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

Os métodos utilizados para o desenvolvimento do projeto seguem os objetivos citados em INTRODUÇÃO e são divididos em Conceitos e definições, Sensor de temperatura, Memória externa, Interface de saída, Microcontrolador e Projeto, simulação, implementação e testes.

### 2.1 Conceitos e definições

O dispositivo desenvolvido neste trabalho deve ser microcontrolado e operar em campo, coletando informações da temperatura a cada 15 minutos e contendo dois sensores de temperatura, um deles medindo a temperatura 15 cm abaixo do nível do solo, e outro coletando dados no nível do solo. Desta forma, parte da Placa de Circuito Impresso (PCI) do dispositivo fica enterrada cerca de 15 cm no solo, enquanto o restante do dispositivo, fica sobre a superfície. Além disso, o equipamento deve ser capaz de coletar dados por, no mínimo, 30 dias consecutivos, sendo estes dados armazenados em uma unidade de memória não-volátil. Por fim, o aparelho deve possuir proteção contra a incidência direta de luz solar, bem como deve ser resistente a umidade e insetos. Os dados medidos são coletados por um pesquisador, via interface *Universal Serial Bus* (USB).

### 2.2 Sensor de temperatura

Partindo do estudo e definição dos componentes, com ênfase no sensor de temperatura, Wild et al. (2019), no desenvolvimento de um sistema com o mesmo objetivo do proposto neste trabalho, utiliza o termômetro digital DS7505U+, fabricado pela Maxim Integrated. A folha de dados (*datasheet*) do fabricante indica que este sensor apresenta baixo consumo, com tensão de operação que pode ir de 1,7 V a 3,8 V, leitura digital de alta precisão (de 9 bits a 12 bits), faixa de medição de -55°C a +125°C, com precisão de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ , filtro interno para imunidade a ruído no barramento de dados, protocolo de comunicação *Inter-Integrated Circuit* (I<sup>2</sup>C) e,



alta velocidade de conversão dos dados (25 ms a 200 ms, variando de acordo com a precisão). Por fim, os dados de temperaturas lidos pelo sensor são enviados em dois *bytes* para o microcontrolador, contendo a informação da temperatura com até 4 casas de precisão (DS7505, 2015). Possuindo boas referências e excelentes características, o sensor em questão foi o primeiro componente definido a ser utilizado no projeto.

### 2.3 Memória externa

O próximo componente de importância a ser estudado é o elemento de memória. Tendo em vista que o dispositivo em desenvolvimento opera em campo, alimentado por uma bateria, a memória deve ser não-volátil, sendo capaz de armazenar os dados coletados mesmo com a completa descarga da bateria. Dessa forma uma memória do tipo *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM) é a mais simples e fácil de operar, que se encaixa nos requisitos citados. Além disso, a operação em tensões em torno de 3 V e protocolo de comunicação I<sup>2</sup>C, da mesma forma que o sensor, também são características desejáveis.

Para a quantização da memória necessária para o projeto, a memória foi dimensionada para ser capaz de armazenar dados de dois sensores por até 45 dias. Dessa forma, como a leitura de ambos os sensores é realizada a cada 15 minutos e, a resposta recebida pela unidade de processamento, ao requisitar a temperatura, é retornada por 2 *bytes*, é possível determinar a quantidade de memória necessária para armazenar toda a informação, sem sofrer com falta de armazenamento. Sendo 2 *bytes* sendo lidos a cada 15 minutos, para se armazenar os dados referentes a uma hora, são utilizados 8 *bytes*. Logo, em m dia, são utilizados 192 *bytes*. Por fim, para 45 dias, 8640 *bytes* são necessários. Com isso, a demanda de memória fica em 8640 *bytes*, ou 69120 *bits*. Em posse desta informação, a memória com quantidade de armazenamento mais próximo ao requisitado é uma memória de 128000 *bits* (128 kb).

Ao se pesquisar memórias que atendam as especificações, o componente FM24C128 atende todos os requisitos. De acordo com seu *datasheet*, o dispositivo é um circuito integrado de armazenamento de dados, do tipo EEPROM, de 128 kb de memória, com interface de comunicação I<sup>2</sup>C e proteção de escrita de dados que também atende aos requisitos de tensão, operando em 3,3 V (FM24C128, 2000).

### 2.4 Interface de saída

Considerando então, a interface de saída, responsável por se conectar ao computador do usuário e apresentar os dados de forma organizada e intuitiva. Para uma conexão facilitada, e possível em todo computador/notebook, a interface deve possuir comunicação serial via USB. Dessa forma, o módulo conversor USB/serial FTDI232, consiste em uma placa de fácil utilização e implementação, que é comumente utilizada no ramo da eletrônica. Este módulo é composto basicamente pelo circuito integrado FT232RL, seu circuito de aplicação, barra de pinos de 6 terminais para conexão no dispositivo e conector USB modelo V3. Mais uma vez, pesquisando na folha de dados do fabricante, o módulo em questão apresenta no conector principal, os seguintes pinos: DTR, RX, TX, VCC, CTS e GND, sendo o primeiro pino, DTR e o último, GND (FT232RL, [200-]). Para a aplicação necessária neste projeto, apenas os pinos 2, 3 e 6, uma vez que a comunicação serial via UART realizada pelo microcontrolador não necessita de controle de fluxo. Portanto, para uma interface simples e informativa, o módulo FTDI232 se apresenta como uma ótima solução.

### 2.5 Microcontrolador

Finalmente, para o controle de todo o dispositivo, responsável por conectar todos os demais dispositivos e ser programado pelo desenvolvedor, o microcontrolador se torna o componente mais importante do projeto.



Pelo estudo realizado com os outros componentes, alguns periféricos são obrigatórios: Timer, *Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter* (USART), I<sup>2</sup>C e operação em 3,3 V. Outro fator determinante para a escolha da unidade de processamento é o interesse do projetista na arquitetura de microcontroladores PIC, da fabricante Microchip. Por existirem no mercado diversas famílias de PIC (com instruções de 4 *bits* a 32 *bits*) e por já estarem no mercado desde 1985, os microcontroladores desta arquitetura são amplamente utilizados em aplicações dos mais diversos ramos da eletrônica. Além disso, são programáveis em C, por meio de *Integrated Development Environment* (IDE) e facilmente graváveis, existindo diversos gravadores de baixo custo e fácil utilização disponíveis no mercado. Com isso, o microcontrolador escolhido para o desenvolvimento do projeto, por ser robusto e atuar no mercado há mais de 15 anos, foi o PIC16F877A. Este componente apresenta instruções de 8 *bits*, 3 módulos de Timer (sendo dois de 8 *bits* e um de 16 *bits*), 2 módulos PWM, protocolos de comunicação SSP e I<sup>2</sup>C, USART, PSP, 8 canais de conversores analógico/digitais (A/D) de 10 bits além de possuir ampla alcance de operação (2 V a 5,5 V) operar em modo de baixo consumo, memória EEPROM interna de 256 *bytes* e 14,3 kB de memória programável. Desta forma, este componente é extremamente robusto, apresentando todas as características necessárias para o projeto e muito mais (PIC16F877A, 2003).

Para finalizar os componentes necessários no desenvolvimento do circuito, o PIC deve funcionar com cristal oscilador de 8 MHz de *clock*. Além disso, 2 capacitores no valor de 100 nF são utilizados próximos aos pinos de alimentação (pinos 11, 12, 31 e 32) do microcontrolador, para garantir boa estabilidade contra ruídos durante seu funcionamento. E, por fim, 2 resistores de 4,7 k $\Omega$  são necessários para o bom funcionamento da comunicação serial, ligados aos pinos RX e TX (pinos 25 e 26) do PIC, além de um resistor de 10 k $\Omega$  ligado ao pino de Reset (pino 1).

## 2.6 Projeto, simulação, implementação e testes

Para o projeto do sistema, tanto o esquemático, o layout da PCI (placa de circuito impresso), quanto a programação do microcontrolador PIC, são desenvolvidas em Softwares especializados para este fim. Para o projeto e roteamento da placa, o software gratuito EasyEDA, do fabricante LCSC. Este ambiente de desenvolvimento foi escolhido por ter uma grande quantidade de componentes disponíveis, uma vez que é integrado com o fornecedor de componentes LCSC *components* e também é integrado a fabricante de PCIs JLCPCB. Desta forma, com o desenvolvimento da placa completa, o intuito do autor é fabricar a placa com o fabricante. Agora para a simulação das etapas do circuito, o software Proteus deve ser usado. A escolha deste apenas para simulação, se encontra no fato deste programa ser ótimo em simular circuitos digitais e programáveis, porém para o desenvolvimento do layout o EasyEDA se mostra mais versátil. Devido ao fato do PIC16F877A ser um componente presente na biblioteca do Proteus, facilita grandemente o desenvolvedor construir o código, tendo em vista que por meio da simulação é possível verificar o comportamento das linhas de código em ação, facilitando o debug e desenvolvimento geral do projeto.

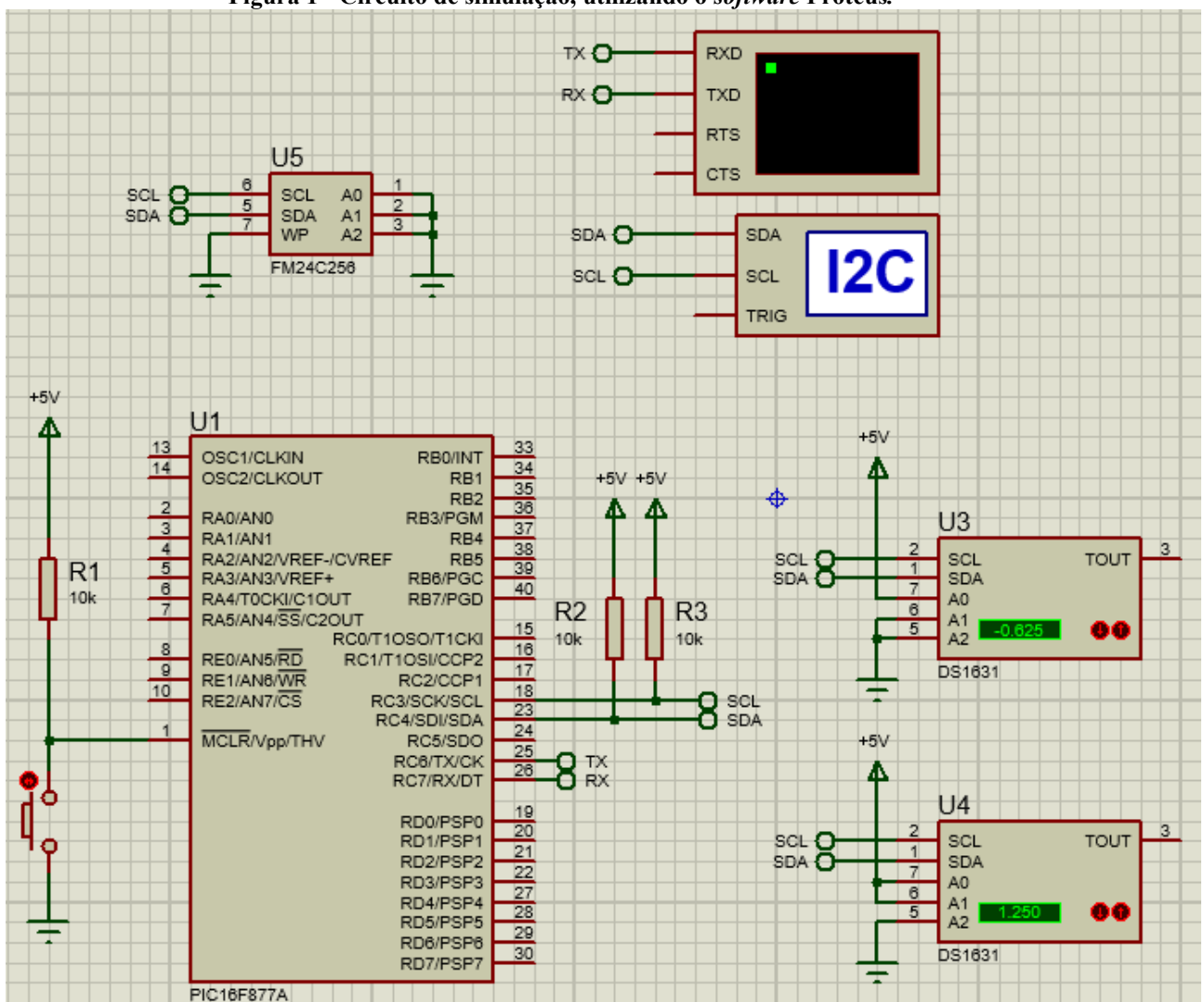
Para a escrita e compilação do código, o ambiente de desenvolvimento MikroC Pro for PIC. Esta IDE é extremamente robusta, com várias bibliotecas incluídas, com destaque para as bibliotecas de I<sup>2</sup>C e UART, que facilitam muito a codificação com o uso de funções prontas. No entanto, em alguns casos específicos, como no da comunicação serial, com os comandos que imprimem mensagem na tela do computador pelo módulo USB, as funções podem apresentar alguns erros na compilação. Ainda assim, analisando o todo, a IDE se mostra muito útil. Finalmente, os testes do sistema e de conformidade, devem ser feitos com o auxílio de instrumentos de medição, como osciloscópio e multímetro. Caso não possam ser utilizados os instrumentos da instituição de ensino, devido ao momento de pandemia em que o projeto está sendo desenvolvido, equipamentos do próprio autor podem ser usados. Além disso, medições controladas em laboratório, com

temperatura ambiente que se tenha controle, devem ser realizadas antes da aplicação em campo, garantindo o funcionamento do dispositivo antes da implementação final.

### 3 RESULTADOS

O projeto em questão ainda está sendo desenvolvido, estando atualmente na etapa anterior a implementação final do dispositivo. Desta forma, ainda não se existem dados coletados para análise. Por outro lado, a Figura 1 mostra a circuito de simulação no *software* Proteus, utilizado para simular o comportamento do dispositivo e a programação de seu microcontrolador.

Figura 1 - Circuito de simulação, utilizando o *software* Proteus.



Fonte: Autoria própria (2021).

Com a simulação e o diagrama esquemático, pode-se obter um sistema simples, compacto e funcional, que atende as especificações de projeto e com programação que realiza as medições de acordo com o desejado. Com a continuação do desenvolvimento, será desenvolvido o *layout* da placa de circuito impresso com dimensões de 5 x 21 cm (largura x comprimento), sendo um dos sensores localizado na extremidade inferior,



e o outro 15 cm acima. O microcontrolador, memória e baterias, devem estar localizados na mesma placa, porém 2 centímetros acima do sensor superior.

#### 4 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do presente trabalho, entende-se a importância da realização de um estudo aprofundado em cada componente que compõe um circuito eletrônico. Por meio da leitura de *datasheets*, é possível compreender os parâmetros de funcionamento de um componente, bem como obter seus limites máximos e mínimos de operação, para o projeto e desenvolvimento de um circuito eficiente, que apresenta o mínimo de falhas e o maior desempenho possível. Além do mais, com a folha de dados do fabricante em mãos, ainda é possível se encontrar circuitos de testes, algo que ajuda grandemente o projetista a obter as melhores condições de operação de um componente.

Com os dados que obtidos, entende-se que é possível desenvolver uma placa de circuito impresso, de fabricação artesanal, compacta e robusta, capaz de coletar dados de microclima em campo por períodos de um mês. Além disso, os dados obtidos do sistema servem para estudos sobre o clima, com dados de temperatura, de uma região que se tem interesse de estudo. Por fim, pela fácil utilização, projeto em questão acrescenta no contexto de estudo de microclima pela simplicidade em se obter dados tão importantes, e até então, subestimados e pouco conhecidos e analisados, para estudo da temperatura de uma região.

#### REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério dos Transportes. **Glossário de Termos Técnicos Ambientais Rodoviários**. Rio de Janeiro, RJ, 2006.
- FM24C128 – 128K-Bit Standard 2-Wire Bus Interface Serial EEPROM, Fairchild, 2001.  
Disponível em: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/FM24C128.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2021.
- FT232RL – USB to TTL 5V 3.3V Converter, Rajguru Electronics. Disponível em:  
<https://5.imimg.com/data5/XL/VE/MY-1833510/ft232rl-usb-to-ttl-5v-3-3vconverter.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2021.
- PIC16F87XA – 28/40/44 Pin Enhanced Flash Microcontrollers, Microchip, Datasheet, 2003.  
Disponível em: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2021.
- WILD, J.; KOPECKÝA, M.; MACEKA, M.; ŠANDAC, M.; JANKOVEC, J.; HAASED, T. Agricultural and Forest Meteorology. **Elsevier**, Amsterdam, vol. 268, p. 40-47, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.12.018>. Acesso em: 05 set. 2021.
- POTTER, K. A., ARTHUR, W. H.; PINCEBOURDE, S. Microclimatic challenges in global change biology. *Global Change Biology*, New York, vol. 19, p. 2932–2939, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.12257>. Acesso em: 05 set. 2021.