

# BREEZE8051:

## Sistema Adaptativo de Controle de Temperatura

Eduardo Ferreira Valim, Gregório Koslinski Neto,  
João Pedro de Melo Roberto

22 de Junho de 2023

## 1 Introdução

O BREEZE 8051 um projeto realizado para a disciplina de Microcontroladores e Aplicações do curso de Engenharia de Computação na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). O projeto emprega um microcontrolador C8051F040, integrado à placa didática BIG8051.

O sistema desenvolvido é capaz de regular a temperatura em um compartimento, utilizando para isso um sensor de temperatura DS18B20 e um ventilador NOCTUA NF-P12 redux. A temperatura desejada pode ser definida por meio de botões na placa, sendo as informações exibidas em um Display de Cristal Líquido Gráfico (GLCD) e armazenadas na memória EEPROM da placa para uso futuro.

O propósito deste projeto é aplicar de maneira prática os conceitos e técnicas estudados durante o curso, além de oferecer uma solução eficiente para o controle de temperatura em compartimentos.

## 2 Arquitetura do Hardware

### 2.1 Componentes

#### 2.1.1 Placa de Desenvolvimento BIG8051

A placa BIG8051 é uma plataforma de desenvolvimento projetada para facilitar a programação e a implementação de projetos que utilizam o microcontrolador C8051F040. O sistema vem equipado com um conjunto robusto de recursos, incluindo uma ampla gama de periféricos onboard, tais como LCD, teclado, leitor de cartão RFID, buzzer, e vários módulos de comunicação. A placa BIG8051 também fornece pontos de solda para montagem de componentes adicionais, proporcionando aos usuários uma plataforma altamente customizável. Assim, esta se torna o ambiente ideal para aprendizado e prototipagem que usam o MCU, poupando tempo na instalação de muitos dos circuitos periféricos necessários.

#### 2.1.2 MCU C8051F0C40

O C8051F0C40 é um microcontrolador (MCU) de alto desempenho produzido pela Silicon Labs. Ele é baseado na arquitetura 8051 e integra um amplo conjunto de recursos, incluindo vários canais de entrada/saída digital, interfaces de comunicação serial, uma gama de temporizadores e contadores, além de um sistema de gerenciamento de energia integrado. O C8051F0C40 também vem com um Conversor Analógico/Digital (ADC) de alta resolução e velocidade, tornando-o ideal para aplicações que exigem aquisição de dados precisa e em tempo real. Este MCU é altamente configurável e suporta uma variedade de modos de operação, permitindo que os designers otimizem o desempenho e o consumo de energia para suas necessidades específicas.

#### 2.1.3 DS18B20

O DS18B20 é um sensor de temperatura digital produzido pela Maxim Integrated. Ele oferece medições de alta precisão, com uma resolução configurável de 9 a 12 bits, e uma faixa de temperatura operacional de -55°C a +125°C. Uma das características mais notáveis do DS18B20 é o uso da tecnologia 1-Wire, que permite a comunicação do sensor com um microcontrolador usando apenas uma linha de dados, simplificando significativamente o design do sistema. Além disso, o DS18B20 possui uma função de identificação única (Unique ID), permitindo que múltiplos

sensores sejam conectados na mesma linha de dados, cada um com sua própria identificação, facilitando a leitura de diversas temperaturas simultaneamente.

Este componente possui três pinos: GND, Tensão de entrada (Vcc) e Dados (DQ), e sua conexão deve ser feita conforme a figura 1.

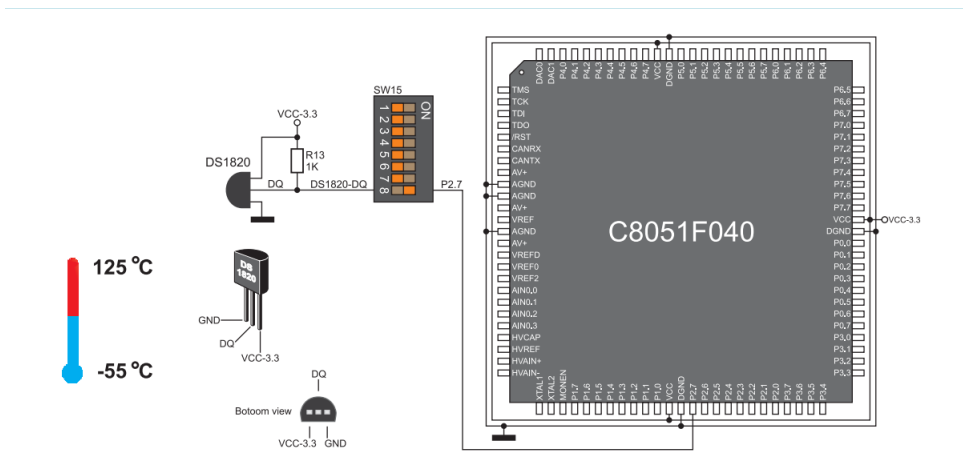


Figura 1: DS18B20 e esquema de conexão do sensor ao microcontrolador

A leitura de temperatura ocorre a seguinte sequência:

- Etapa 1. Inicialização
- Etapa 2. Comando ROM
- Etapa 3. Comando de função do DS18B20

Comando ROM:

- Skip ROM[ $CC_h$ ]: Permite que o barramento mestre acesse as funções de memória sem fornecer o código ROM.

Comando de função do DS18B20:

- Converte temperatura[ $44_h$ ]: Inicia uma conversão de temperatura única.
- Leitura de registro[ $BF_h$ ]: Permitir ao mestre ler o conteúdo.

O DS18B20 demora 200 ms para realizar a conversão da temperatura. A leitura do registrador é feita em 8 bits por vez, portanto, é necessário realizar duas leituras para obter a saída completa do sensor. Devido à precisão de 0,5 °C, o valor precisa ser ajustado multiplicando-o pela precisão para obter a temperatura real.

### Funções para Leitura:

- **Inicialização do Sensor:** A comunicação com o DS18B20 começa com uma sequência de inicialização, que consiste em um pulso de reset do mestre seguido por um pulso de presença do mesmo. Isso é ilustrado na Figura x-1. Quando o DS18B20 responde ao reset com o pulso de presença, indica ao mestre que está pronto para operar no barramento. Durante a sequência de inicialização, o pulso deve ser mantido em zero por pelo menos 480µs, e em seguida o sinal deve ser mantido em N.L.1 por pelo menos 480µs. Para uma simples leitura da temperatura do sensor, não é necessário ler o pulso de presença. O pino "DQ" foi definido como P2 7.

## INITIALIZATION PROCEDURE “RESET AND PRESENCE PULSES” Figure 11

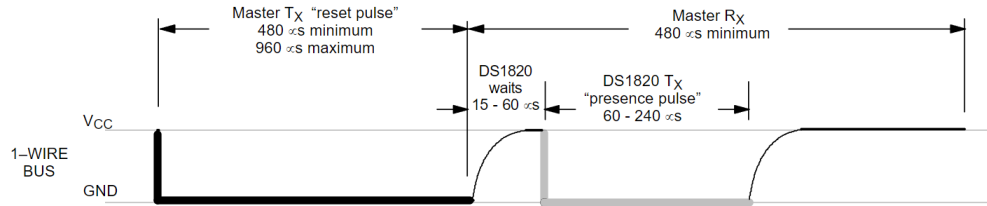


Figura 2: Função de Inicialização

- Função de Escrita do byte:** Existem dois tipos de intervalos de tempo de gravação: os intervalos de tempo "Write 1" e os intervalos de tempo "Write 0". Todos os intervalos de tempo de gravação devem ter uma duração mínima de  $60\mu s$ , com um tempo de recuperação mínimo de  $1\mu s$  entre os intervalos de gravação individuais. Com base na Figura 9, para ambos os tipos de gravações, inicialmente, o pulso é configurado em N.L.0. Para gravações de bits 1, é mantido por  $1\mu s$ , enquanto para bits 0, é mantido por  $60\mu s$ . Em seguida, o pulso é configurado como N.L.0 e mantido por  $60\mu s$  para gravações de bits 1, e por  $1\mu s$  para gravações de bits 0. Esse procedimento é repetido 8 vezes para cobrir todos os bits do registrador.

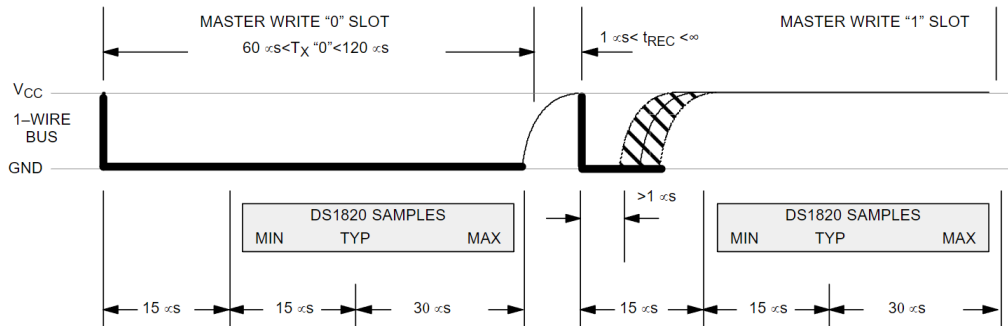


Figura 3: Função de Escrita de um bit

- Função de Leitura do byte:** Como ilustrado na Figura abaixo, todos os intervalos de tempo de leitura devem ter uma duração mínima de  $60\mu s$ , com um tempo de recuperação mínimo de  $1\mu s$  para cada mudança de nível lógico. Para realizar a leitura dos bits, o nível lógico do barramento é configurado como 0 por pelo menos  $1\mu s$ . Em seguida, o barramento é puxado para N.L.1 e mantido por pelo menos  $1\mu s$ . Os dados de saída do DS1820 são válidos por  $15\mu s$  após a última mudança de nível lógico. O nível lógico do barramento nesse intervalo é armazenado e, em seguida, é feito um intervalo de  $60\mu s$ . A leitura é feita 8 vezes para completar a varredura de todos os bits do registrador.

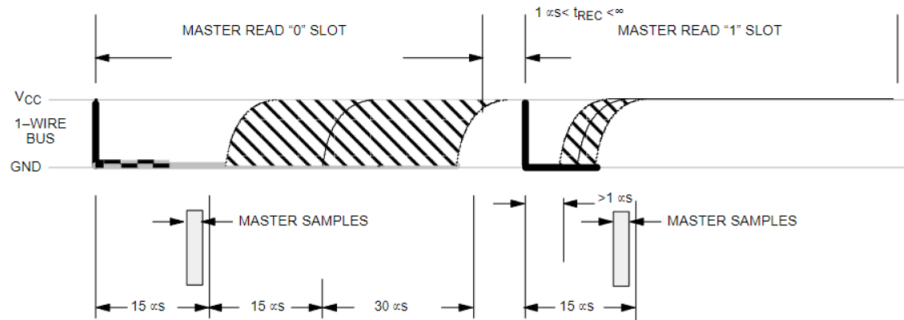


Figura 4: Função de Leitura de um bit

### 2.1.4 NOCTUA NF-P12 redux

O Noctua NF-P12 redux é uma versão modernizada e mais acessível do bem conceituado ventilador de refrigeração Noctua NF-P12. Este ventilador é reconhecido por seu desempenho silencioso e alta eficiência, tornando-o uma excelente escolha para sistemas de refrigeração de computadores e outras aplicações de resfriamento que demandam operação silenciosa. Esta ventoinha é alimentada por 12V e controlada por PWM numa frequência de 25MHz com 5V de amplitude.

É importante notar que embora este modelo proporcione ventilação suficiente ( $120,2 \text{ m}^3/\text{h}$ ) para os testes do protótipo, a efetivação desse fluxo requer uma velocidade de rotação maior, consequentemente produzindo mais ruído, o que não é o ideal. Isso se deve pelo fato de o NF-P12 ter sido projetado para aplicações necessitando de alta pressão estática, tais como radiadores e dissipadores, e não especificamente para otimização de fluxo de ar. Considerando as condições do protótipo testado - um gabinete pequeno com uma alta densidade de componentes, simulando um servidor compacto, essa capacidade de pressão estática provou ser útil. No entanto, para um produto final, seria mais apropriado utilizar um ventilador cujo design prioriza o fluxo de ar, como o modelo NF-S12B, também fabricado pela Noctua. Tal ventilador seria capaz de gerar um fluxo comparável ao do NF-P12, mas a uma rotação mais baixa, resultando em menos ruído.

## 2.2 Estruturação

A plataforma didática BIG8051 é o centro do sistema, onde todos os componentes são conectados. Nela estão presentes o microcontrolador, o display gráfico utilizado para mostrar a interface do projeto, os botões que controlam a temperatura ideal, e os terminais projetados para conexão do sensor DS18B20.

### 2.2.1 Controle da Ventoinha

O sinal PWM do MCU (que foi configurado para o pino 0 do PORT1) fornece a frequência necessária porém tem amplitude de apenas 3,3V. Para corrigir este problema e isolar eletricamente o circuito da ventoinha do circuito da placa BIG8051, garantindo maior segurança, foi utilizado um optoacoplador 4N35.

O sinal gerado pela placa passa por um resistor de  $47\Omega$ , gerando uma corrente que faz brilhar LED do optoacoplador com brilho ideal. Além disso, para evitar que a base fique "flutuando", um resistor de  $200K\Omega$  é conectado da base do transistor do 4N35 à referência do circuito do ventilador - na qual também é conectado um resistor de  $1K\Omega$  ao emissor do transistor, que é de onde parte o sinal que controlará a velocidade ventoinha - já com frequência e amplitude corretas. O diagrama completo pode ser visto na figura 5.

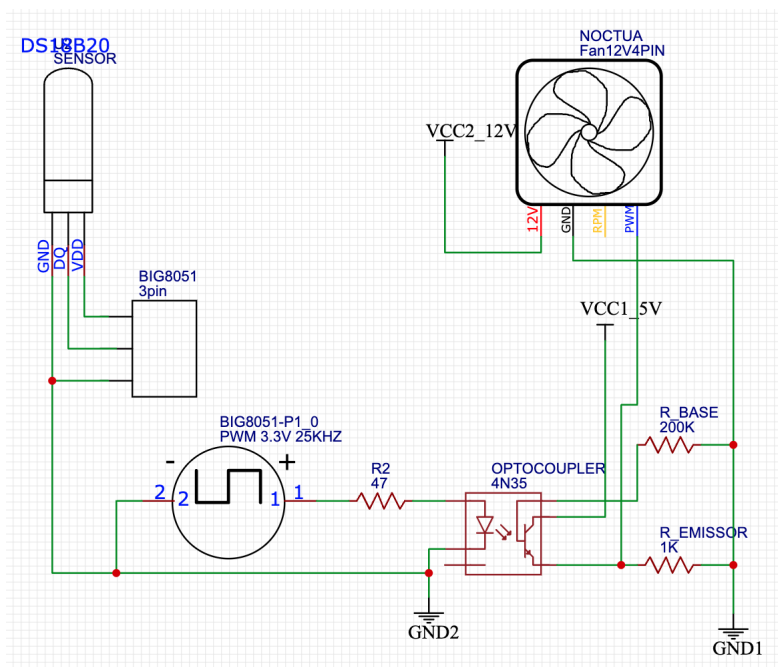


Figura 5: Diagrama de conexão dos circuitos

## 3 Implementação

### 3.1 Firmware

O Firmware do sistema foi todo desenvolvido utilizando a linguagem de programação C. Está contido, em sua maior parte, no arquivo breeze.c, e também em outros arquivos de cabeçalho e de código fonte. Devido a limitação no número de páginas deste relatório, o código será disponibilizado ao leitor através dos arquivos em anexo, e também pelo repositório: <https://github.com/edfvalim/Breeze8051>

### 3.2 Configuration Wizard

O software Configuration Wizard foi utilizado para auxílio nas configurações da placa didática. Nele foram configurados Timer, PCA, UART, SMBus, e as portas de I/O (Figura 6). Além disso, foi habilitado o Watchdog Timer e realizada a inicialização das fontes de reset e do oscilador. O arquivo de projeto e o código fonte config.c gerado também estão anexados.

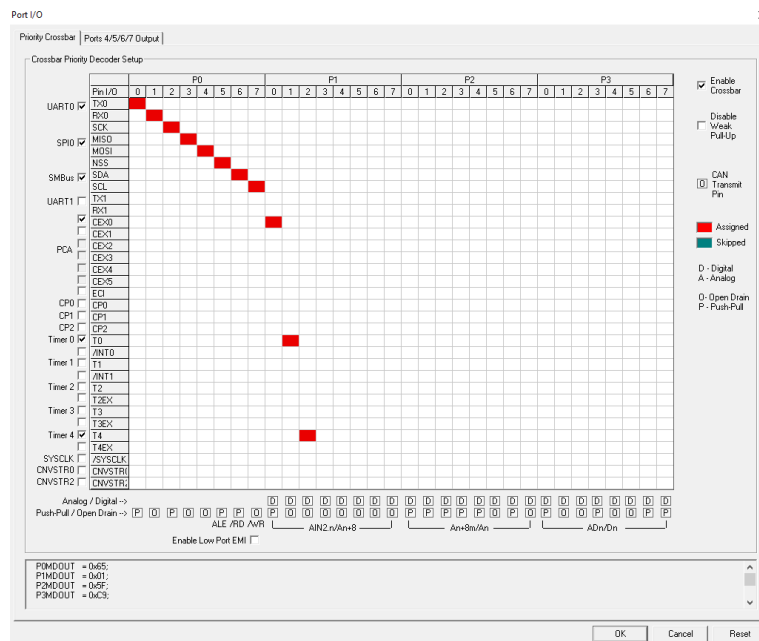


Figura 6: Configuração de Port I/O no Configuration Wizard

## 4 Operação

Depois de realizadas todas as conexões descritas na sessão anterior, o firmware (em anexo) é compilado, carregado e executado no MCU utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado da Silicon Laboratories. A interface do GLCD começa mostrando o carregamento do firmware e segue para a tela principal mostra a figura 7. Além do GLCD, as informações também são enviadas ao computador, através de porta serial virtual (no padrão EIA-232).



Figura 7: Interface gráfica do sistema.

A primeira linha mostra a condição no interior do gabinete, seguido pela temperatura atual. Em seguida está a temperatura ideal, que pode ser ajustada pelos botões indicados nas linhas seguintes. Por fim está a velocidade na qual a ventoinha está operando. A temperatura ideal escolhida pelo usuário é salva na memória EPROM para seu valor não seja alterado mesmo que o sistema seja reiniciado.

O sistema possui três modos de operação automatizados, que dependem da temperatura no recipiente monitorado:

1. FRIO: Temperatura atual menor que a ideal: nesta situação o ventilador permanece desligado;
2. QUENTE: Temperatura interna entre 1 e 5 graus centígrados mais alta que a desejada: aqui a ventoinha funciona em 50% de sua velocidade, afim de evitar ruído excessivo desnecessário;
3. MUITO QUENTE: Temperatura medida supera os 5 graus centígrados acima da temperatura ideal: aqui a ventoinha funciona em 100% de sua velocidade até que o ambiente seja suficientemente resfriado.

Além disso, foi programado no código um pequeno laço de histerese de 0,5 °C para evitar acionamento e desligamento repetidos na ventoinha.

## 5 Conclusão

Após a execução bem-sucedida do sistema, obtivemos o resultado desejado. O BREEZE 8051 é capaz de manter um pequeno ambiente em um determinado intervalo de temperatura programado pelo usuário. Este projeto serviu para demonstrar a versatilidade do microcontrolador C8051F040 em apenas um aplicabilidade dentre as mais variadas aplicações possíveis na microeletrônica.

## Referências

- [1] SiliconLabs, “C8051f040 components,” 20012.
- [2] MikroElektronika, “Big8051,” 2018.
- [3] V. Siliconix, “4n35 datasheet,” 2021.
- [4] D. Semiconductor, “Ds18b20 datasheet,” 2007.
- [5] NOCTUA, “Nf-p12 redux,” 20012.

[1] [2] [3] [4] [5]