

COMUNICADO
TÉCNICO

228

Sete Lagoas, MG
Outubro, 2018

Embrapa

Utilização de Microcontrolador para Armazenamento de Dados Meteorológicos com Eficiência Energética e Baixo Custo

Marcos Antunes Ferreira Nunes Filho
Ricardo Nunes Nery
Elena Charlotte Landau
Daniel Pereira Guimarães
Raquel Eliúde de Oliveira Macedo

Utilização de Microcontrolador para Armazenamento de Dados Meteorológicos com Eficiência Energética e Baixo Custo¹

Introdução

O Brasil apresenta variações climáticas consideráveis, com grandes extensões situadas em regiões tropicais e, no Sul, em regiões subtropicais, ocorrendo tanto mudanças climáticas diárias quanto ao longo do ano. As variações de temperatura apresentam influências importantes sobre os seres vivos e características físicas de materiais. Na agricultura, o monitoramento de temperatura em campo é importante, pois permite obter séries históricas de dados do microclima para indicação de locais e épocas aptas para o plantio ou riscos de incidência de pragas e doenças; bem como determinar o chamado índice bioclimático de cultivares, estimar bem-estar de animais, etc. Da mesma forma, o conjunto de dados climáticos permite definir o momento adequado para a

realização de poda e aplicação (ou não) de substâncias reguladoras, de forma a estimular uma melhor brotação e, potencialmente, o desenvolvimento de frutos de melhor qualidade (A importância..., 2016). Assim, há diversos motivos para investir no monitoramento e registro de temperatura e outros dados climáticos.

Sistemas de monitoramento de dados climáticos com baixo custo podem ser desenvolvidos incluindo os seguintes componentes principais (adapt. de Nunes Filho et al., 2018):

Arduino: é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um microcontrolador Atmel AVR com suporte de entrada/saída embutido, com uma linguagem de programação padrão (Arduino, 2018).

Diodo: é um componente eletrônico de dois terminais, que conduz corrente elétrica preferivelmente em um só sentido, bloqueando a sua passagem no sentido oposto (Diodo..., 2018).

Regulador de Tensão: é um dispositivo que tem por finalidade a manutenção da tensão de saída de um circuito

¹ Estudante do Curso de Técnico em Eletrônica da Escola Técnica Municipal de Sete Lagoas, Estagiário na Embrapa Milho e Sorgo; Eng.-Agrôn., Bacharel em Sistemas de Informação, Bolsista Fapemig na Embrapa Milho e Sorgo; Bióloga, D.Sc. Pesquisadora em Zoneamento Ecológico-Econômico, Geotecnologias e Agroclimatologia na Embrapa Milho e Sorgo; Eng.-Florestal, D.Sc. em Manejo Florestal, Pesquisador na Embrapa Milho e Sorgo; Estudante do Curso de Sistemas de Informação da Faculdade Cenequista de Sete Lagoas, Bolsista PIBIC CNPq do Convênio CNPq/Embrapa Milho e Sorgo.

elétrico. Sua função principal é manter a tensão produzida pelo gerador dentro dos limites exigidos pela bateria ou sistema elétrico que está alimentando (Regulador..., 2018).

Resistor: é um dispositivo elétrico, que tem a finalidade de transformar energia elétrica em energia térmica por meio do efeito joule, e também com a finalidade de limitar a corrente elétrica em um circuito (Resistor, 2018).

Capacitor: é um componente que armazena cargas elétricas num campo elétrico, acumulando um desequilíbrio interno de carga elétrica (Capacitor, 2018).

Sensor BMP180: faz a leitura da temperatura e pressão atmosférica, é um sensor sucessor ao BMP085, foi desenvolvido para ser mais compacto e econômico (Thomsen, 2015).

Modulo RTC: sensor usado para registro da data (dia, mês, ano) e horário (hora, minuto, segundo). O módulo já vem pré-programado, baseado no DS1307 que é acessado pelo protocolo 12c, podendo ser configurado o formato de apresentação.

Mais detalhes sobre os componentes podem ser visualizados no Apêndice A.

Montado o sistema, garantir no campo o funcionamento dos sensores climáticos de forma autônoma em termos de energia representa um desafio. Como exemplos de trabalhos de monitoramento de dados climáticos com baixo custo utilizando microcontroladores podemos

citar: Oliveira et al. (2013), Nery et al. (2016) e Nunes Filho et al. (2018). Apesar dessas publicações, há carência de informações sobre a armazenam de dados climáticos, com eficiência energética e baixo custo. Este trabalho teve como objetivo a montagem de um protótipo de armazenamento de dados climáticos com autonomia energética, possibilitando a gravação de dados climáticos em um cartão SD, podendo ser utilizado em áreas distantes de locais sem energia elétrica corrente.

Montagem do sistema

Para o estudo da suplementação energética visando o funcionamento autônomo de sensores climáticos de baixo custo, foi montado um protótipo que tem a função de armazenamento de energia barata e limpa através de pilhas para alimentação do microcontrolador ATmega 328 programado para registro de dados de temperatura, após a conexão e programação do sensor climático.

A relação de componentes utilizados para a montagem do protótipo no circuito alimentador é apresentada na Tabela 1 e no Apêndice A.

Tabela 1. Relação de componentes utilizados para a montagem do protótipo testado

| Quantidade | Componentes |
|------------|----------------------------------------------|
| 1 | Sensor BMP180 |
| 1 | SD Card |
| 4 | Pilhas recarregáveis de 1,2 V e 2500mAh cada |
| 1 | Módulo para microSD |
| 6 | Placas fotovoltaicas de 2w cada |
| 1 | Módulo RTC |
| 1 | Microcontrolador ATmega 328 |
| 1 | LiPo Rider Pro |
| 4 | Resistores |
| 2 | Capacitores Eletrolíticos |
| 2 | Capacitores de Cerâmica |
| 1 | Cristal Oscilador 16Mhz |
| 2 | Diodos Retificador |
| 1 | Led |
| 1 | Push button |
| 1 | Regulador de Tensão 7806 |

A ligação dos circuitos pode ser observada no desenho esquemático das Figuras 1 e 2. Foi montado um microcontrolador Arduino *Standalone* (circuito básico de alimentação) utilizando o mesmo microcontrolador do Arduino UNO, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre: o ATmega 328. Esse microcontrolador teve a programação transferida via Arduino ISP (In-System Programmer), técnica que permite regravar um programa em um microcontrolador que já está fixado em uma placa sem precisar removê-lo (Mellis, 2008). Também foi feita a ligação do RTC, para registro da data e horário de obtenção dos dados climáticos

obtidos, para facilitar o acompanhamento e leitura dos dados climáticos coletados pelo sensor BMP180.

As células fotovoltaicas foram ligadas em um arranjo série-paralelo, gerando aproximadamente 10V durante o período do dia. Além disso, foram conectadas ao LiPo Rider Pro que, por sua vez, possui duas portas, uma para as placas solares e outra para as baterias, sendo elas um conjunto de 4 pilhas, e possui uma saída USB, que fornece 5V para o microcontrolador.

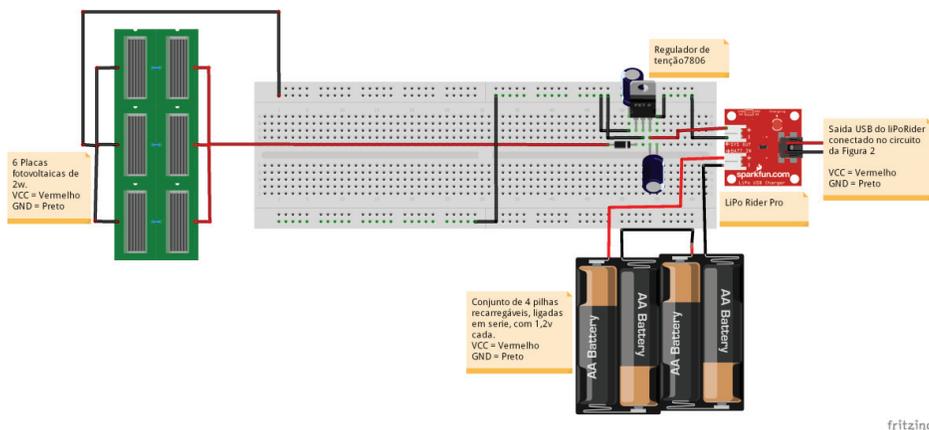


Figura 1. Desenho esquemático das ligações das placas fotovoltaicas e pilhas recarregáveis no LiPo Rider Pro. (Elaboração e imagens: M. A. F. Nunes Filho. Desenho esquemático elaborado utilizando o programa: Fritzing, 2016).

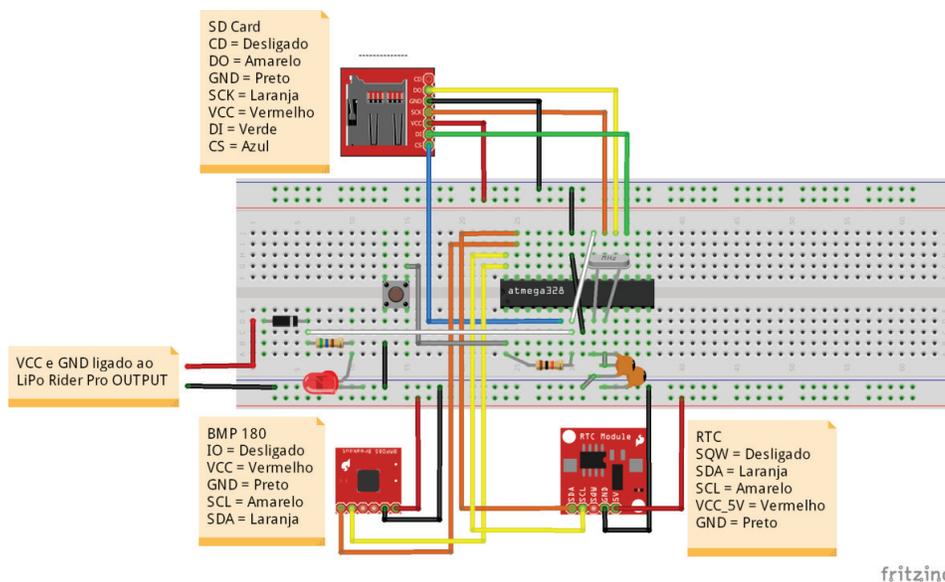


Figura 2. Desenho esquemático das ligações no Arduino Standalone, do sensor BMP 180, Módulo do RTC, Módulo para microSD e componentes presentes no Apêndice A. (Elaboração e imagens: M. A. F. Nunes Filho. Desenho esquemático elaborado utilizando o programa: Fritzing, 2016).

Após a montagem, para o funcionamento do sistema foi gerado um código fonte na linguagem C/C++ (linguagem nativa do Arduino). Posteriormente, foram efetuados testes avaliando a autonomia da consideração de diferentes alternativas de uso de baterias e pilhas de baixo custo e portáteis, bem como considerando o uso de uma programação para desligar e conseqüentemente economizar energia entre medições, visando aumentar a autonomia do sistema. Para definição do intervalo em que poderiam ser desativados os componentes sem interrupção das medições na frequência programada, foi também testado o tempo necessário de estabilização do sistema após cada ligação.

Funcionamento do sistema

O protótipo montado pode ser visualizado na Figura 3. O código fonte usado no projeto de armazenamento de dados meteorológicos, desenvolvido na linguagem C/C++ (linguagem nativa do Arduino), é apresentado no Apêndice B. Este foi adaptado a partir de outros códigos fontes, como os disponibilizados em Via de Silício (Almeida, 2017) e SparkFun (2018).

Foto: M. A. F. Nunes Filho

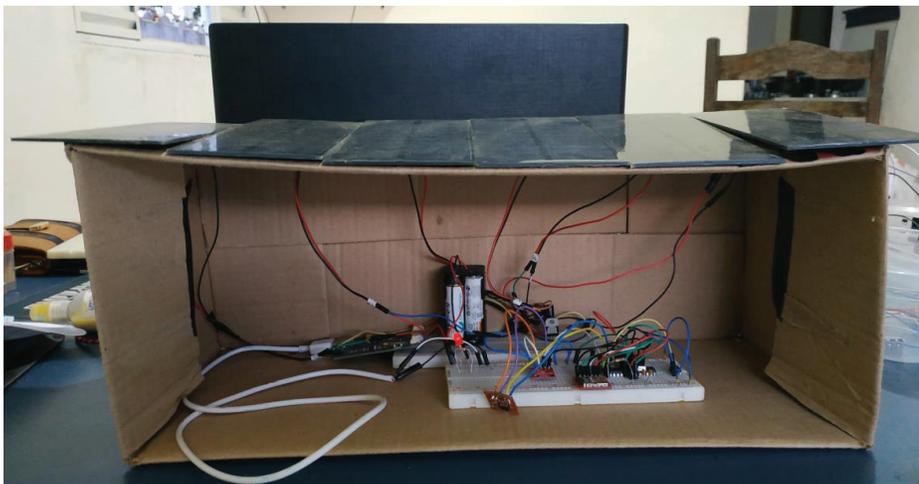


Figura 3. Imagem do Protótipo montado em funcionamento.

Efetuada medições e registro de dados a cada 5 minutos, com o uso de 4 pilhas recarregáveis novas (marca Sony) ligadas em série com capacidade de 2500mAh a autonomia máxima do sistema foi de 132 horas e 23 minutos (5 dias e meio). As medições gravadas no cartão SD podem ser observadas no Apêndice C, com os registros de data (dia, mês, ano), horário (hora, minuto, segundo), temperatura (em °C) e pressão (em Pa).

A unidade padrão de pressão no Sistema Internacional (SI) é o Pascal (Pa) (1 Newton/1m²). Meteorologistas tem usado tradicionalmente a unidade milibar (1 mb = 100 Pa), mas a unidade Pa é cada vez mais adotada. Usa-se ainda a uni-dade milímetros de mercúrio (mmHg) (ou polegadas de mercúrio). (Medidas, 2016)

Quanto ao tempo de estabilização do sistema, logo após ter sido ligado, demorou menos de um minuto, como pode ser observado no gráfico apresentado na Figura 4, resultante de um dos testes efetuados. Uma vez que a precisão do sensor é de +/- 0,1 °C, variações dessa magnitude foram considerados ajustes normais do sensor, as quais podem ser observadas mesmo após mais de dez horas de ligação contínua deste.

Mantendo a frequência de medições a cada 5 minutos e considerando um tempo inferior a um minuto para estabilização das medições, testes foram efetuados para economizar o gasto energético ao desligar o uso das baterias/pilhas durante 4 minutos e, a seguir,

foi ligado o sistema durante 1 minuto, o que resultou numa autonomia máxima de 334 horas, 14 minutos e 40 segundos (aproximadamente 14 dias). Para tal, foi adotada programação Arduino Sleep Mode, colocando o Arduino em modo de repouso durante determinado tempo entre cada gravação de dado no SD Card.

Durante a montagem do protótipo, foram também testadas outras opções que resultaram em erros. Com base nesses erros foi possível concluir que:

- É necessário fazer um dimensionamento das placas fotovoltaicas, utilizadas no protótipo, para que elas possam carregar as pilhas corretamente;

- A ausência dos diodos no circuito permite que a corrente circule no sentido inverso ao do circuito, causando danos às placas solares e ao regulador de tensão, além de ocasionar um descarregamento em uma velocidade além do esperado das baterias;

- O circuito foi montado no Arduino *Standalone*, pois com esse circuito, além de economizar tempo, espaço de montagem, também é mais barato, pois não é viável utilizar uma placa Arduino em todo projeto;

- Outras baterias também podem ser utilizadas, como o modelo 18650 de 3,7V com capacidade de 2600mAh, pois o LiPo Rider converte os 3,7V em 5V, necessários para alimentação do microcontrolador;

- O recarregamento das baterias utilizando painéis solares deverá aumentar a autonomia das baterias ou pilhas recarregáveis utilizadas.

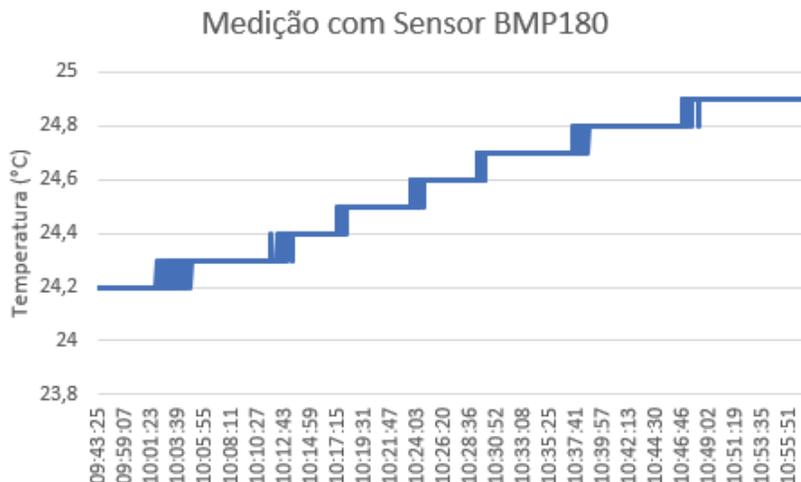


Figura 4. Teste da variação de temperatura com sensor BMP180 visando avaliar o tempo de estabilização do sensor logo após ser ligado. (Elaboração: M. A. F. Nunes Filho)

Considerações Finais

O protótipo de armazenamento de dados climáticos de baixo custo com eficiência energética foi montado com sucesso, com as placas fotovoltaicas alimentando o Arduino e recarregando as baterias durante o dia, para que à noite as baterias forneçam as condições necessárias, visando o seu bom funcionamento de modo que ele funcione por alguns dias de forma autônoma.

Com base no projeto, também podem ser adicionados outros sensores, como de umidade relativa do ar, precipitação e luminosidade, ou de medição de outras variáveis. Este protótipo prevê o armazenamento dos dados em cartões SD, porém o acoplamento de transmissores de dados climáticos sem fio, seja

utilizando radiofrequência ou outras frequências de transmissão de dados sem fio, poderá aumentar o potencial de uso do protótipo apresentado.

Referências

ALMEIDA, D. **Módulo cartão micro SD com NodeMCU**: construindo um datalogger. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/modulo-cartao-micro-sd-nodemcu-datalogger/>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

ARDUINO. In: WIKIPEDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

CAPACITOR. In: WIKIPEDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <<https://>>

pt.wikipedia.org/wiki/Capacitor>. Acesso em: 12 jan. 2018.

DIODO semiconductor. In: WIKIPEDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_semicondutor>. Acesso em: 12 jan. 2018.

FRITZING: version 0.9.3b. 2016. Disponível em: <<http://fritzing.org/home>>. Acesso em: 14 jan. 2018. Software.

GRIFFITHS, J. D. **Eletrodinâmica**: resistores. 2015. Disponível em: <<https://interna.coceducacao.com.br/ebook/paginas/840.htm>>. Acesso em: 7 dez. 2017.

A IMPORTÂNCIA da prática de registros de temperatura. 2016. Disponível em: <<http://gtthealthcare.com.br/blog/index.php/pratica-registros-de-temperatura>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

MELLIS, D. A. **Building an Arduino on a breadboard**. 2008. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Standalone>>. Acesso em: 4 maio 2018.

NERY, R. N.; LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SANTOS, A. H. dos; FERREIRA, R. V. M. **Sensores móveis e autônomos de temperatura de baixo custo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 206). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160875/1/doc-206.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

NUNES FILHO, M. A. F.; NERY, R. N.; LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. **Sistema de carregamento solar de baixo custo para medidor climático**.

Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. No prelo.

OLIVEIRA, G. **Entenda o funcionamento tipos e para que serve o capacitor**. 2015. Disponível em: <<https://www.sabereletrica.com.br/entenda-o-funcionamento-dos-capacitores/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

OLIVEIRA, G.; SILVA, D.; FERNANDES, C.; SILVA, R.; JESUS, L. de.; BERGIER, I. Desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto de umidade do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 6.; EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO PANTANAL, 1., 2013, Corumbá, MS. **Desafios e soluções para o Pantanal**: resumos. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2013. 3 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/93890/1/RE35.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

OSCILADOR de cristal. In: WIKIPEDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Oscilador_de_cristal>. Acesso em: 22 fev. 2018.

REGULADOR de tensão. In: WIKIPEDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Regulador_de_tens%C3%A3o>. Acesso em: 12 jan. 2018.

RESISTOR. In: WIKIPEDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Resistor>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

SOUZA, F. **Arduino UNO**. 2013. Disponível em: <<https://www>>.

embarcados.com.br/arduino-uno/>. Acesso em: 4 out. 2017.

SPARKFUN barometric pressure sensor breakout - BMP180. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/products/11824>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

TEIXEIRA, M. **Diodo semicondutor**. 2017. Disponível em: <<https://mundo-educacao.bol.uol.com.br/fisica/diodo-semicondutor>>. Acesso em: 6 fev. 2018.

THOMSEN, A. **Controlando temperatura e pressão com o BMP180**. 2015. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/temperatura-pressao-bmp180-arduino>>. Acesso em: 13 jan. 2018.

WENDLING, M. M. **CI Reguladores de Tensão**. 2009. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---ci-reguladores-de-tensao---v1.0.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

Literatura Recomendada

CRISTAL oscilador 16MHz. 2017. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/cristal-oscilador-16mhz/>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

LIPO Rider Pro. Disponível em: <http://wiki.seeedstudio.com/Lipo_Rider_Pro/>. Acesso em: 8 fev. 2018.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), à Agência Nacional de Águas (ANA), à Embrapa Milho e Sorgo e à Escola Técnica Municipal de Sete Lagoas, pelo apoio durante o desenvolvimento do trabalho. Agradecemos também a Deivity do Carmo Santos e Lucio Nei Bento, pelo esclarecimento de dúvidas e sugestões técnicas.

Apêndice A - Imagens dos componentes utilizados no projeto

Foto: M. A. F. Nunes Filho



Figura 5. O componente principal da placa Arduino UNO é o microcontrolador ATMEL ATMEGA328, um dispositivo de 8 bits da família AVR com arquitetura RISC avançada e com encapsulamento DIP28. Ele conta com 32 KB de Flash (mas 512 Bytes são utilizados pro bootloader), 2 KB de RAM e 1 KB de EEPROM. Pode operar a até 20 MHz. (Souza, 2013).

Foto: M. A. F. Nunes Filho

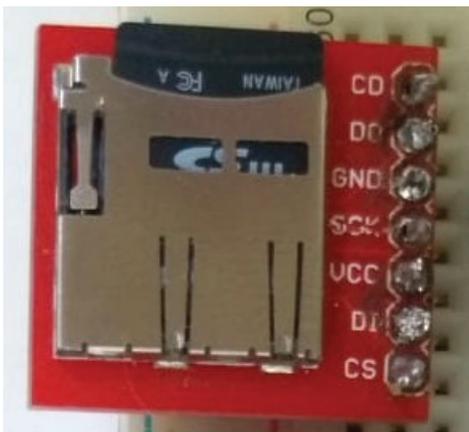


Figura 6. Módulo microSD: Placa de breakout para o soquete micro SD. Compatível com a interface SPI encontrada em qualquer cartão SD. Com esse módulo é possível fazer leitura e escrever dados em um cartão microSD com o Arduino.

Foto: M. A. F. Nunes Filho



Figura 7. Sensor BMP180 - O sensor de temperatura e pressão BMP180 é o sucessor do BMP085, e foi desenvolvido para ser um sensor ainda mais compacto e econômico em termos de energia (por volta de 3 μ A). Esse sensor é totalmente compatível com o BMP085, tanto em termos de software como em termos de firmware e interface. (Thomsen, 2015).

Foto: M. A. F. Nunes Filho

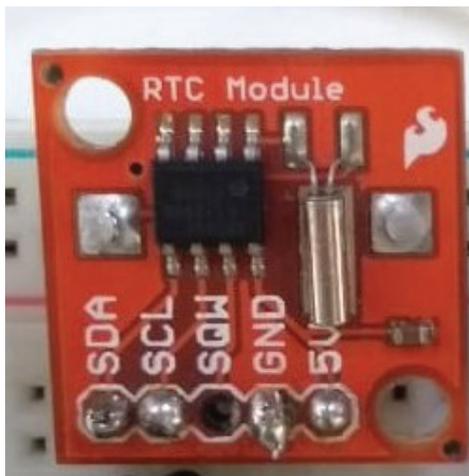


Figura 8. Módulo RTC (Real Time Clock): É um pequeno breakout que usa o DS1307 para acompanhar o ano atual, mês, dia, bem como a hora atual. Usado junto ao Arduino para montar algum tipo de relógio. Possui uma bateria de lítio, que garante que os dados sejam preservados mesmo sem alimentação externa, e é acionada automaticamente em caso de falta de energia no módulo.

Foto: M. A. F. Nunes Filho



Figura 9. O diodo semicondutor é um dispositivo eletrônico feito de silício ou germânio que tem como função retificar a corrente elétrica ou chavear um circuito. O diodo é construído a partir de materiais semicondutores, como o silício ou o germânio, que são fundidos para criar uma junção PN, sendo que P representa a polaridade positiva e N, a negativa. A polaridade positiva P de um diodo é onde há falta de elétrons, sendo essa região também chamada de lacuna ou buraco. A parte negativa N possui excesso de elétrons. O diodo é geralmente usado para proteção do circuito, evitando a corrente reversa. (Teixeira, 2017).

Foto: M. A. F. Nunes Filho



Figura 10. O regulador de tensão 7806 pode ser usado em fontes de alimentação, carregadores e circuitos em geral, tem uma tensão máxima aplicada na entrada de 35V, e regula para 6V na saída, com corrente máxima de 1A. (Wendling, 2009).

Foto: M. A. F. Nunes Filho



Figura 11. Resistor é todo dispositivo elétrico que transforma exclusivamente energia elétrica em energia térmica. A resistência elétrica é uma característica do condutor, portanto, depende do material de que é feito, de sua forma e dimensões e também da temperatura a que está submetido o condutor. (Griffiths, 2015)

Foto: M. A. F. Nunes Filho



Figura 12. Os capacitores são capazes de armazenar energia na forma de campo elétrico no seu processo de carga, liberando essa energia no processo de descarga. Eles são usados basicamente para armazenar energia.

O capacitor eletrolítico é polarizado, ou seja, há um terminal específico para o positivo e outro para o negativo dentro do circuito. Nesse tipo de capacitor, as informações mais importantes estão na capa plástica que envolve o dispositivo. (Oliveira, 2015).

Foto: M. A. F. Nunes Filho



Figura 13. São capacitores apolares, cujo dielétrico é feito de cerâmica. Geralmente possuem um encapsulamento de esfera achatada. Como trata-se em sua maioria de capacitores muito pequenos, usa-se com uma codificação especial para obter seu valor nominal de capacitância. (Oliveira, 2015).

Foto: M. A. F. Nunes Filho



Figura 14. LiPo Rider Pro: O LiPo Rider Pro é um aprimoramento do Lipo Rider; é uma placa que tem a função de usar a energia solar para alimentar dispositivos a 5v, além de carregar as baterias. (Lipo Rider Pro, 2018).

Foto: M. A. F. Nunes Filho



Figura 15. Cristal Oscilador de 16Mhz é um componente responsável por determinar com precisão a sincronia de tempo (clock) das operações de um microcontrolador como um ATmega. Ele é um componente eletrônico que utiliza a ressonância de um cristal em vibração de um material piezoeletrônico, para criar um sinal elétrico com uma frequência bastante precisa. Esta frequência é comumente usada para medir precisamente o tempo, tais como em relógios de quartzo, bem como para estabilizar frequências de transmissores de rádio. O cristal piezoeletrônico mais utilizado é quartzo. (Oscilador..., 2018).

Apêndice B - Código utilizado para coleta de temperatura e pressão.

```

/*Bibliotecas utilizadas*/
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <DS1307.h>
#include "RTClib.h"
#define DS1307_ADDRESS 0x68

#include "LowPower.h"

const int chipSelect = 4;

RTC_DS1307 rtc;
File dataFile;
Adafruit_BMP085 bmp180;
bool cartaoOk = true;

void setup () {

  Serial.begin(9600); // configura a taxa de comunicação em bits por segundo
  Wire.begin();
  rtc.begin();

  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
  }

  Serial.print("Initializing SD card...");

  // see if the card is present and can be initialized:
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:
    return;
  }
  Serial.println("Cartão SD Inicializado");

  String Menu = String("Data") + "," + String("hhmmss") + "," + String("T_oC") + "," + String("PA_Pa");
  String("PA_Pa");
  //Cria e escreve arquivo CSV

  File logFile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE);

  if (logFile) {

    logFile.println(Menu);
    logFile.close();

  } //fim logfile
  else{
    Serial.println("Erro ao abrir arquivo");
  }
}

```

```

if (!bmp180.begin()) {
  Serial.println("Sensor nao encontrado");
  while (1) {}
}
if (! rtc.isrunning()) {
  rtc.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); // Comente esta linha após hora e
data configurada
}
}
void loop() {

  //determina modo sleep por 4 minutos
  for (int i = 0 ; i < 61 ; i++) {
    LowPower.powerDown(SLEEP_4S, ADC_OFF, BOD_OFF);
  }

  DateTime now = rtc.now();

  delay(60000); // define o intervalo de 1 minuto
  if (cartaoOK) {
    dataFile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE);
  }
  String leitura = "";

  // Escrever os dados a serem armazenados em uma String
  leitura = String(now.day(), DEC) + "/" + String(now.month(), DEC) + "/" +
String(now.year(), DEC) + ";" + String(now.hour(), DEC) + ":" + String(now.minute(),
DEC) + ":" + String(now.second(), DEC) + ";" + String(bmp180.readTemperature()) + ";"
+ String(bmp180.readPressure());

  if (dataFile) {

    dataFile.println(leitura); // Escrevemos no arquivos e pulamos uma linha
dataFile.close(); // Fechamos o arquivo
  }

  delay(1000); // define o intervalo de 1 segundo
}

```

Apêndice C - Tabela com coleta das informações gravadas no arquivo CSV.

| Data | hhmmss | T_oC | PA_Pa |
|------------|----------|-------|-------|
| 08/08/2018 | 01:18:24 | 23.90 | 93267 |
| 08/08/2018 | 01:23:48 | 23.90 | 93268 |
| 08/08/2018 | 01:29:12 | 23.90 | 93262 |
| 08/08/2018 | 01:34:36 | 23.90 | 93258 |
| 08/08/2018 | 01:40:00 | 23.90 | 93259 |
| 08/08/2018 | 01:45:23 | 23.90 | 93262 |
| 08/08/2018 | 01:50:47 | 23.90 | 93250 |
| 08/08/2018 | 01:56:11 | 22.90 | 93254 |
| 08/08/2018 | 02:01:35 | 22.90 | 93250 |
| 08/08/2018 | 02:06:59 | 22.90 | 93246 |
| 08/08/2018 | 02:12:22 | 22.90 | 93246 |
| 08/08/2018 | 02:17:46 | 22.90 | 93244 |
| 08/08/2018 | 02:23:10 | 22.80 | 93234 |
| 08/08/2018 | 02:28:34 | 22.80 | 93223 |
| 08/08/2018 | 02:33:58 | 22.80 | 93230 |
| 08/08/2018 | 02:39:21 | 22.80 | 93234 |
| 08/08/2018 | 02:44:45 | 22.80 | 93232 |
| 08/08/2018 | 02:50:09 | 22.80 | 93238 |
| 08/08/2018 | 02:55:33 | 22.80 | 93228 |
| 08/08/2018 | 03:00:57 | 22.80 | 93238 |
| 08/08/2018 | 03:06:20 | 22.70 | 93235 |
| 08/08/2018 | 03:11:44 | 22.70 | 93236 |
| 08/08/2018 | 03:17:08 | 22.70 | 93232 |
| 08/08/2018 | 03:22:32 | 22.70 | 93228 |
| 08/08/2018 | 03:27:55 | 22.70 | 93228 |
| 08/08/2018 | 03:33:19 | 22.70 | 93225 |
| 08/08/2018 | 03:38:43 | 22.70 | 93229 |
| 08/08/2018 | 03:44:07 | 22.60 | 93230 |
| 08/08/2018 | 03:49:30 | 22.70 | 93226 |
| 08/08/2018 | 03:54:54 | 22.60 | 93227 |
| 08/08/2018 | 04:00:18 | 22.60 | 93231 |
| 08/08/2018 | 04:05:42 | 22.60 | 93240 |
| 08/08/2018 | 04:11:06 | 22.60 | 93228 |
| 08/08/2018 | 04:16:29 | 22.60 | 93229 |
| 08/08/2018 | 04:21:53 | 22.60 | 93236 |
| 08/08/2018 | 04:27:17 | 22.60 | 93240 |
| 08/08/2018 | 04:32:41 | 22.60 | 93238 |
| 08/08/2018 | 04:38:04 | 22.60 | 93238 |
| 08/08/2018 | 04:43:28 | 22.60 | 93241 |
| 08/08/2018 | 04:48:52 | 22.60 | 93237 |

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45
 Caixa Postal 151
 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
 Fone: (31) 3027-1100
 Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Formato digital (2018)



Ministério da
 Agricultura, Pecuária
 e Abastecimento Governo
 Federal

Comitê Local de Publicações
 da Unidade Responsável

Presidente

Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo

Elena Charlotte Landau

Membros

Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria
 Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira
 Simeone, Roberto dos Santos Trindade e
 Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações

Tânia Mara Assunção Barbosa

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto da capa

Elena Charlotte Landau