

CONFIABILIDADE DE SENSORES UTILIZADOS COM O ARDUINO E RUÍDO DA ENTRADA ANALÓGICA

Pereira, T.S.S. ¹, Araújo, J. W. B. ², Ferrando, D. F. C. ², Kakuno, E. M. ²

¹ Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL) – Bagé – RS – Brasil

² Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil

RESUMO

Este trabalho apresenta resultados de medidas de umidade (DHT11) e temperatura (LM35D) utilizando a plataforma Arduino e discutem questões relacionadas à confiabilidade dos sensores, ruídos nas medidas analógicas e como realizar filtro de ruído por hardware e por software.

Palavras-chave: Arduino; DHT11; LM35D; ruído.

1 INTRODUÇÃO

O uso de microcontroladores como o Arduino vem se popularizando cada vez mais, e com isso práticas de medir grandezas físicas através de transdutores (sensores) comerciais também, porém pouco se discute as características dos sensores utilizados, como por exemplo, sua precisão, acurácia e resolução.

Medidas realizadas de forma ingênua acabam por inviabilizar a reprodução dos experimentos, ou no pior dos casos o mesmo é reproduzido de forma “grosseira”, o que pode levar ao experimentador tirar conclusões equivocadas. Neste contexto, é proposto uma análise de abordagens de mediadas de temperatura e umidade com os sensores LM35D e DHT11, ambos de baixo custo e frequentemente usado com o Arduino. Com o objetivo de verificar a confiabilidade e precisão dos sensores (LM35 e DHT11) foi separado seis LM35D e realizadas as medidas quase que simultânea entre os sensores (a diferença de tempo entre cada leitura foi menor que 0,0035 segundos). Já o DHT11 precisa de no mínimo 2 segundos entre cada medida no mesmo sensor, logo foram dispostos cinco destes sensores e realizadas as leituras quase que simultânea entre eles, porém com 3 segundos entre cada grupo de leituras. Por confiabilidade entende-se o quanto o dispositivo se aproxima das especificações do fabricante, e por precisão o grau de coerência entre os valores medidos, durante medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, em mesmas condições. Na sequencia é sugerido alguns procedimentos que podem melhorar a qualidade dos valores obtidos a partir das leituras, através da utilização de filtros por hardware e por software.

2 METODOLOGIA (MATERIAIS E MÉTODOS)

Foram selecionados algumas unidades de dois tipos de sensores bastante utilizados com a plataforma Arduino, seis sensores de temperatura LM35D e cinco sensores de temperatura e umidade DHT11, com a finalidade de verificar problemas de reprodutibilidade das medidas.

O DHT11 possui internamente dois transdutores resistivos, um para medir umidade e um para medir a temperatura (NTC). Segundo o fabricante consegue-se

medir a umidade com uma acurácia de $\pm 5\%$ a uma temperatura de 25°C , e com um tempo de resposta na ordem de 6 segundos, para 63% da variação total da umidade do meio, isto é, caso o meio sofra uma variação de 10% na sua umidade relativa, o sensor deve registrar uma variação de 6,3% em 6 segundos. Para a temperatura o fabricante informa uma acurácia de $\pm 2\%$ $^{\circ}\text{C}$ a 25°C , e um tempo de resposta de 10 segundos, para 63% da variação total do meio. O DHT11 possui um conversor análogo digital interno de 16 bits, tornando possível fazer a leitura de sua saída a partir de entradas digitais do Arduino, para isso deve utilizar o padrão de comunicação indicado pelo fabricante, porém já existem bibliotecas do DHT11 para o Arduino, a utilizada neste trabalho foi disponibilizada por Adi Dax em 2015.

Para a conexão do DHT11 ao Arduino, seguiu-se o diagrama sugerido pelo fabricante, com um resistor de *pull-up* de 4,7 k Ω e um capacitor de 100 nF por sensor, o capacitor foi inserido paralelo aos terminais de alimentação, com finalidade de filtrar possíveis ruídos da fonte de 5 V fornecido pelo Arduino. Os cinco sensores foram lidos quase que simultaneamente, tendo entre cada conjunto de medidas um intervalo (delay) de 3 segundos, pois o fabricante indica que o tempo mínimo de atualização de dados é de 2 segundos.

O LM35 é produzido por diversos fabricantes (Texas Instruments - TI, National Semiconductor - NS, Analog Devices Incorporation - ADI e outros) em diversas categorias que podem diferir entre os fabricantes, neste trabalho foram utilizados apenas sensores LM35D produzidos pela NS. Conforme o fabricante o sensor possui uma sensibilidade de 10 mV por $1,0^{\circ}\text{C}$ e uma linearidade de $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$, com uma acurácia de $\pm 2^{\circ}\text{C}$, por toda a faixa de medida, que vai de 0°C a 100°C . De forma análoga ao que foi realizado com o DHT11, a conexão do LM35D com o Arduino seguiu a montagem típica sugerida pelo fabricante, com a inserção de um capacitor de 100 nF paralelo aos terminais de alimentação em três dos seis sensores, com o objetivo de verificar possíveis variações na leitura devido ao ruído da fonte. Este sensor produz uma saída analógica, sendo necessário utilizar as entradas analógicas do Arduino, como o mesmo possui apenas seis entradas analógicas, foram analisados seis sensores quase que simultaneamente, tendo um intervalo de tempo entre cada conjunto de medida de 3,5 ms. Ainda com o LM35D, foram realizadas mediadas com diferentes comprimentos de cabos (que conectam o sensor ao Arduino) com e sem blindagem, com a finalidade de verificar alterações no ruído nas leituras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas com o DHT11 resultaram em divergências de mais de 50% nas leituras de umidades, comparando-se as leituras dos cinco sensores entre si, em um mesmo ambiente e registrados no mesmo instante. O menor valor registrado foi de 37% e o maior de 57% de umidade relativa. Estes resultados indicam que este sensor não deve ser utilizado sem que haja uma prévia aferição do mesmo, e desta forma implementar possíveis ajustes de leituras por meio do software.

O sensor de temperatura, LM35, mostrou-se mais fiel as especificações do fabricante e nesta seção são apresentados alguns resultados considerando diferentes condições de operação ou trabalho. Como é utilizada a entrada analógica do Arduino, esta fica dependente da tensão de referência utilizada: caso o usuário não opte em configurar este parâmetro, o Arduino assume a tensão de alimentação de 5,0V (fornecida pela USB, quando conectado ao computador) o que permite uma

resolução de 4,8876 mV nas medidas. O conversor Analógico Digital (ADC) do Arduino possui 10 bits, isto é, 1023 intervalos de medidas, portanto um passo, incremento na medida significa 5,0 V / 1023, que equivale a 4,8876 mV / passo. Considerando a sensibilidade do LM35D, isso equivale a 0,49 °C / passo. Considerando que a temperatura máxima de operação do LM35D é de 100 °C e corresponde a 1,00 V, na situação de se utilizar 5,0 V como tensão de referência do ADC, somente 20% da faixa dinâmica do mesmo está sendo utilizada. Para melhorar a resolução nas medidas e utilizar melhor a faixa dinâmica do ADC do Arduino, optamos por utilizar a tensão de referência interna do Arduino, o que corresponde a 1,1 V, o qual ainda tem a vantagem de ser mais estável que a fonte de alimentação de 5 V do Arduino. É comum encontrar porta USB de notebook que fornece 4,8 V em vez de 5,0 V! É possível utilizar uma tensão de referência externa, contudo esta solução requer outros componentes adicionais externos ao Arduino. Com a tensão interna de 1,1 V, obtemos uma resolução de 1,075 mV / passo, o que corresponde a 0,11 °C / passo. Neste caso o ADC do Arduino possibilita uma resolução melhor que os $\pm 0,25$ °C limitado pela linearidade do sensor, sendo que este último deve prevalecer, i.e., o limite é dado pelo sensor e não pela eletrônica de processamento. Nas medidas com 5,0 V como tensão de referência, observamos flutuações de um passo, i.e. uma leitura pode estar sendo arredondada “para cima” ou “para baixo”, por exemplo o menor valor medido para um dado instante foi de 21,51 °C e o maior de 21,99 °C, ou seja a diferença entre as leituras é de 0,48 °C que corresponde a um passo. Para a referência de 1,1 V, utilizada para os resultados descritos a partir deste ponto, obtemos os seguintes resultados para um dado instante: 22,90 °C; 22,80 °C; 22,58 °C; 23,01 °C; 22,58 °C e 23,12 °C, neste caso a diferença entre as leituras é maior que um passo (0,11 °C), tornando possível analisar a comparação entre os sensores. Foram realizadas 109800 medidas e o resultado para um sensor selecionado aleatoriamente, revela para um ajuste Gaussiano nas medidas uma largura de 0,18 °C a uma temperatura de 22,97 °C. Para as duas últimas medidas foram utilizadas conexões por “jumps” da ordem de 5 cm de comprimento, apesar destes cuidados, algum ruído é inserido nas medidas e este aspecto é discutido a seguir. Simulamos uma conexão remota dos sensores: (a) utilizando um cabo de rede com 4 pares de fios rígidos trançados de 2m e (b) 6 m de comprimento.

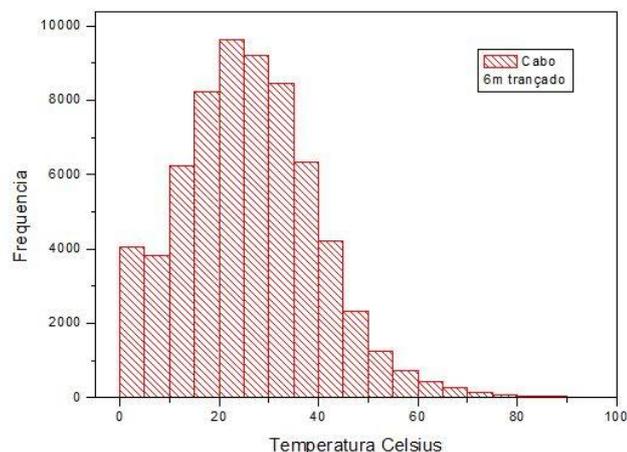


Figura 1: Histograma de 65600 medidas com LM35D e cabo trançado de 6m.

Para o caso (a) Foram realizadas 101900 medidas que a partir de uma análise Gaussiana resultou num uma largura de 1,82 °C a uma temperatura de 23,52 °C, para o caso (b) foram realizadas 65600 medidas com uma dispersão entre 0 °C a 80 °C, conforme figura 1:

Utilizamos um cabo blindado de 4 vias + blindagem (cabo de microfone), para conectar remotamente 3 sensores LM35D com 10 m de comprimento em três situações (c) sem filtro, (d) filtro resistivo, R e (e) filtro resistivo-capacitivo, RC, os dois últimos recomendado pelo fabricante no *data sheet* (folha de especificações do LM35). No caso (c) não foi possível realizar medidas, pois a saída do LM35D apresentava forte oscilação, conforme figura 2, que de acordo com o fabricante isso ocorre devido a um excesso de carga capacitiva na saída do sensor. Foram realizadas 118000 medidas e o histograma é mostrado na figura 3.

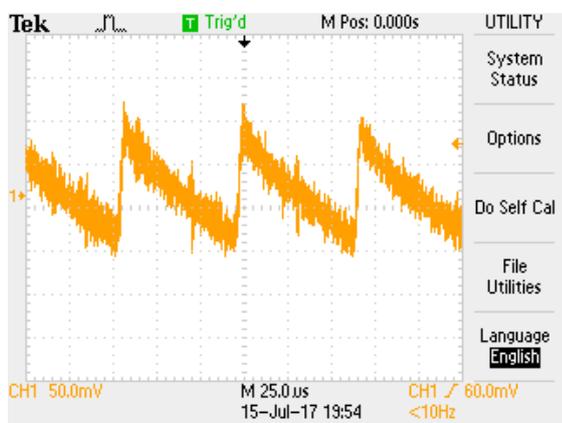


Figura 2: Oscilação na saída do LM35D, quando conectado a um cabo blindado de 10 metros de comprimento.

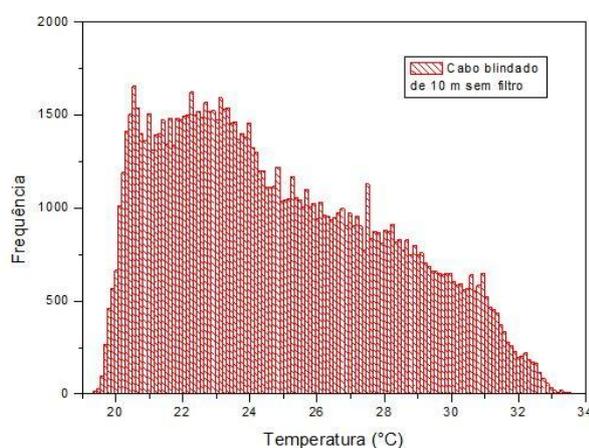


Figura 3: Histograma das medidas do LM35D com quando conectado a um cabo blindado de 10 metros de comprimento sem filtro à temperatura ambiente.

No caso (d), com um resistor de 1,8 kOhm em série com a saída do LM35D e no caso (e) um RC série conectado entre a saída e o comum (terra) do LM35D, sendo $R = 82 \text{ Ohms}$ e $C = 1,0 \text{ uF}$. Para o caso (e) foram realizadas 88800 medidas e resultou em uma largura de 0,32 °C a uma temperatura de 23,09 °C. Com o filtro resistivo (caso d) a performance é um pouco menor que o caso utilizando o filtro RC, contudo bem melhor do que sem filtro nenhum (caso c).

Este trabalho também sugere um filtro de software que seleciona as leituras analógicas dentro de um intervalo escolhido pelo usuário, por exemplo $\pm 20\%$ do valor médio, considerando leituras fora deste intervalo como ruído eletrônico e não variações do sensor, melhorando significativamente o resultado das leituras.

4 CONCLUSÃO

Com uma vasta gama de oferta de sensores com as respectivas bibliotecas para o Arduino e com custo bastante acessível, faz com que o Arduino torne-se muito atrativo aplicações amadoras. Contudo este trabalho chama a atenção para a seleção dos sensores quanto a sua confiabilidade, sendo bastante recomendado uma aferição prévia antes de sua utilização. E quanto a utilização das entradas analógicas do Arduino no que se refere a seleção da referência interna e dos ruídos

captados pelo ADC do Arduino. Resultados mais detalhados podem ser obtidos em Araújo, J. W. B., Ferrando, A. F. C., Kakuno, E. M., 2017, onde também está disponível o código do filtro de software sugerido no texto acima.

Este trabalho recebeu apoio material e financeiro do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID/UNIPAMPA, através do Edital CAPES no. 061/2013, e pela Portaria CAPES nº 096/2013 e CNPQ processo 405472 / 2015-3.

5 REFERÊNCIAS

Adi Dax (2015). DHT11 library for Arduino, <https://github.com/adidax/dht11>, acessado em 29/07/2017.

Aosong. Temperature and humidity module DHT11 Product Manual, <https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf>, acessado em 29/07/2017.

Araújo, J. W. B., Ferrando, D. F. C., Kakuno, E. M. (2017). Sensores, <https://github.com/KakiArduino/Arduino>, acessado em 29/07/2017.

National Semiconductor (2000). LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, <http://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/1276463.pdf>, acessado em 29/07/2017.