

UM OLHAR TÉCNICO PARA SENSORES E ENTRADA ANALÓGICA DO ARDUINO

John Welvins Barros de Araujo¹

Daniel Ferrando²

Edson Massayuki Kakuno³

Resumo:

Este trabalho discute questões de confiabilidade (o quão próximo o sensor se aproxima das especificações do fabricante), precisão e acurácia de sensores e conversores ADC popularmente utilizados com o Arduino, bem como o próprio ADC do Arduino. Também trata das formas pelos quais o ADC do Arduino acessa a tensão de referência. Analisa em detalhes o sensor de umidade DHT11 e a placa ADC HX711. As medidas com o DHT11 resultaram em divergências de mais de 50% nas leituras de umidade, comparando-se as leituras dos cinco sensores entre si, em um mesmo ambiente e registrado no mesmo instante. Foi verificada uma divergência na ordem de 19% (a menos) do valor declarado pelo fabricante em relação à máxima tensão lida pelo ADC. Podemos atribuir esta diferença devido ao valor do ganho não ser exatamente o valor declarado pelo fabricante. Uma boa prática neste caso é uma calibração prévia e implementar a correção via software.

Palavras-chave: Arduino; ADC; HX711, DHT11.

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

UM OLHAR TÉCNICO PARA SENSORES E ENTRADA ANALÓGICA DO ARDUINO

¹ Aluno de graduação. johnwelvins@gmail.com. Autor principal

² Aluno de graduação. daniel.f.kiyoshi@gmail.com. Co-autor

³ Docente. edsonkakuno@unipampa.edu.br. Orientador



UM OLHAR TÉCNICO PARA SENSORES E ENTRADA ANALÓGICA DO ARDUINO

1. INTRODUÇÃO

[(i) breve contribuição teórica]: O Arduino é um projeto eletrônico de plataforma aberta (open-source), com a filosofia de fornecer um “hardware” (circuito eletrônico) e um “software” (aplicativo de programação) fácil de usar. Tem o objetivo de fornecer uma plataforma em que qualquer um (leigo ou não em programação e/ou eletrônica) possa produzir um projeto interativo. O “hardware” é composto por uma placa eletrônica, placa Arduino, que contém um microcontrolador (possui quase todas as funcionalidades de um pequeno computador) que realiza pequenas tarefas que são definidas pelo código criado pelo “software” Arduino, que para o usuário se assemelha a um editor de texto, no qual os comandos são escritos sequencialmente (um comando ou comentário por linha). A placa Arduino identifica o meio em que se quer atuar através de sensores (luz, temperatura, umidade, etc.) e responde ao meio através de atuadores (motores, relés, lâmpadas, etc.). Vem sendo desenvolvido desde 2005 e a partir desta década (2011) tem sido proposto como ferramenta nas áreas de exatas e engenharias, por vários grupos entre eles da PUC-SP, UFRGS (CAVALCANTE, 2011), UFRJ (SOUZA, 2011, CORDOVA, 2016, AMORIM, 2015), UPF (DIONISIO, 2017), UFSC (SILVEIRA, 2017), IFRN (SILVA, 2014), UNIPAMPA (DWORAKOWSKI, 2016) e trabalhos em mestrados profissionais (CORDOVA, 2016, SILVEIRA, 2017, DWORAKOWSKI, 2016). Contudo outras áreas do conhecimento podem se beneficiar desta plataforma, como exemplo, citamos a área da moda [Lilypad 2017] e todas as área do conhecimento poderão fazer uso desta plataforma.

Este trabalho discute questões de confiabilidade (o quão próximo o sensor se aproxima das especificações do fabricante), precisão (o quanto uma seqüência de medidas divergem entre si) e acurácia (o quanto próximo o sensor se aproxima do valor real da grandeza), que é o parâmetro mais difícil de um sensor atender com fidelidade. Podemos criar duas grandes categorias de sensores: sensores com resposta analógica e outra com resposta digital, este último possui internamente um pré-processamento do sinal, que facilita muito a conexão com o Arduino, contudo a dissipação de potência no sensor pode comprometer a confiabilidade da medida em algumas aplicações, por exemplo, em sensores de temperatura. Os sensores analógicos requerem um estágio extra que consiste de um conversor Analógico - Digital (ADC – analog to digital converter). O Microcontrolador do Arduino possui um ADC de uso geral. Como o ADC converte potencial (tensão) em um código digital, este necessita de uma tensão de referência, que pode ser interna ou externa ao microcontrolador. No caso do Arduino, existe 3 possibilidades: (a) a configuração padrão, no qual usuário não precisa especificar nada em relação a tensão de referência, em que o Arduino assume a tensão de alimentação (de 5 V) como referência. [(ii) problemática]: Muitos projetos não se atentam ao detalhe de que a tensão de alimentação facilmente pode variar entre 4,75 V a 5,25 V ou mais e portanto o valor lido pelo ADC também pode flutuar nesta proporção. Para muitas aplicações isso é transparente, pois toleram variações na ordem de 10%, contudo

em aplicações mais sensíveis isso pode ser um problema. Existem situações em que é necessário utilizar um ADC externo, geralmente quando o sinal de entrada é muito baixo (100 mV ou menos) ou algum tipo de pré-processamento especial. O ADC externo exige algumas especificações, que dependendo da aplicação, necessitam de ser avaliadas. A justificativa para estas caracterizações é obter maior confiabilidade no processo de medidas, pois conhecendo-se a resposta dos sensores e dos ADC's podemos implementar eventuais correções.

Os objetivos deste trabalho é apresentar a caracterização de um sensor de umidade (DHT11) e um conversor ADC (HX711) para ilustrar algumas das divergências entre as especificações do fabricante e a resposta destes sensores.

2. METODOLOGIA

O universo amostral e a população deste trabalho compreendeu uma placa Arduino, duas placas conversoras ADC's HX711 (AVIA) e de cinco sensores DHT11 (AOSONG). Os dois módulos HX711, foram identificados por Placa A e Placa B. Para a leitura do Módulo, utilizamos uma placa Arduino 2009. Para tensão de medida, foi utilizada uma bateria de Lithium de 6,47V, conectado a um divisor de tensão resistivo. Utilizamos resistores de 1%, para minimizar o ruído devido aos mesmos. Um multímetro Fluke 8060A, de 41/2 dígitos para medir o sinal nas entradas A e B. Para comunicar com o Módulo HX711, o Arduino foi carregado com uma biblioteca disponível na web (AL-MUTLAQ, 2015) e utilizado um programa de teste, também disponível na web. Foi realizado medidas de nível de ruído, com as entradas A+, A- e B+, B- em curto e com um sinal de entrada obtida através de um divisor de tensão resistivo e uma bateria. Também foi realizada a verificação da leitura de potencial elétrico, aferindo desta forma a tensão de fundo de escala e a tensão de referência interna (1,25V). O Módulo foi alimentado com 5V fornecido pelo Arduino. A coleta de dados dos cinco sensores DHT11 foi realizada utilizando placa Arduino 2009 com uma biblioteca disponível na web (ADIDAX, 2015). Os cinco sensores foram montados em uma placa "proto-board" e a leitura seqüencial quase instantânea (limitada pelo tempo de processamento do Arduino, menor que 10 ms) e intervalo de 2 segundos para cada leitura do conjunto (dos cinco sensores DHT11). A coleta de dados foi realizada através do Arduino conectado a um computador via porta USB.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Uma solução para minimizar as oscilações nas leituras analógicas, é utilizar a referência interna do Arduino, pré-definida de 1,1 V ou a referência externa, onde o usuário escolhe o valor de referência, esta solução demanda de hardware externo. Uma segunda motivação para utilizar uma referência mais adequada são as características do sensor, por exemplo o sensor de temperatura LM35, produz uma resposta de 10 mV / grau Célsius (sensibilidade) e especificado para medir entre

zero e 100 C. Portanto o sinal de saída do LM35 possui uma dinâmica de zero a 1,0 V (1000 mV) que corresponde de zero e 100 C. Caso utilize a referência de 5,0 V, utiliza-se somente 20% da escala total de zero a 5,0 V (5000 mV), claramente o sistema está sendo sub-utilizado, Fig.1. Caso se utilize a referência de 1,1 V, estaremos utilizando mais de 90% da faixa dinâmica do ADC.

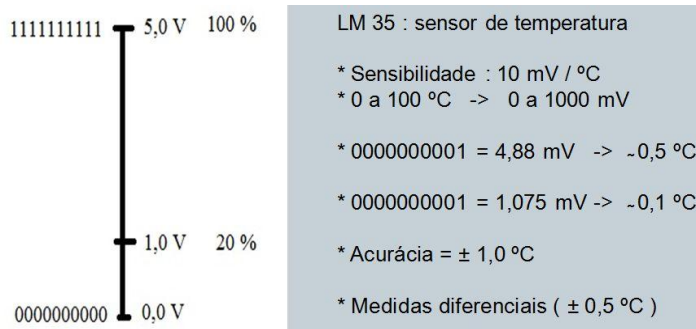


Fig.1: Escala indicando a faixa dinâmica de entrada de um ADC com referência de 5 V (fundo de escala, FS) e com o código binário de 10 bits correspondente.

Alguns exemplos de ADC com bibliotecas disponíveis para o Arduino são: HX711, ADS1115, Max31865 entre outros. A tabela 1 sumariza alguns resultados obtidos na caracterização de um ADC de baixo custo para o Arduino, o HX711 (Load 2017, HX711 2017).

Ganho	F.S. Fabrica mV	F.S. Calc. A mV	F.S. Calc. B mV	F.S. Med. A mV	F.S. Med. B mV	Passo A nV	Passo B nV	Offset A uV	Offset B uV	Offset % A xE-02	Offset % B xE-02
32	80	78,40	79,03	64,17	64,52	7,65	7,69	-28,61	0,24	-39	0,26
64	40	39,20	39,52	32,30	32,58	3,85	3,88	-15,53	0,12	-19,77	0,16
128	20	19,60	19,76	16,15	16,28	1,93	1,94	-8,66	0,10	-10,53	0,12

Tabela 1: Resultado das medidas de fundo de escala (FS), do passo e de offset do ADC HX711.

Foram caracterizadas duas placas, identificadas de “placa A” e “placa B”. Para cada parâmetro explorado foi realizada uma coleta de 4900 leituras do ADC. Medidas de tempo total de aquisição dos dados resultou em um tempo médio de uma leitura de 90,2843 ms, para a placa A e 86,3431 ms para a placa B, maior que o tempo estimado de 100 ms ou mais, uma vez que o ADC estava ajustado para 10 SPS (*sample per seconds* – amostragens por segundos), a partir deste resultado, supõem-se que a frequência de clock interno de 11,0592 MHz (data sheet do fabricante), na realidade é maior que o valor declarado.

Foram realizadas medidas de fundo de escala (FS), a equivalência de potencial para o incremento de uma unidade no código (Passo) e o offset (deslocamento em relação da posição de zero da escala) das placas A e B. O potencial de fundo de escala declarado pelo fabricante no data sheet é de ± 20 , ± 40 e ± 80 mV para os ganhos de 128, 64 e 32 respectivamente, coluna (F.S. Fábrica). O chip HX711 disponibiliza no pino 6 (V_{bg}) a tensão de referência, o qual medimos 1,2544 V para a placa A e 1,2645 para a placa B, aparentemente corresponde a metade do valor de tensão de referência utilizada pelo ADC e com base neste valor, calculamos o F.S. Calc. = (V_{bg} x 2) / ganho, da tabela 1. Com um potencial conhecido na entrada do HX711, determinamos os valores de tensão de fundo de escala (F.S. Med.) da tabela 1. Note que há uma divergência na ordem de 19% (a

menos) do valor declarado pelo fabricante. Podemos atribuir esta diferença devido ao valor do ganho não ser exatamente o valor declarado pelo fabricante.

Também é relatado aqui um sumário dos resultados em testes de 5 sensores de umidade, DHT11, é um sensor utilizado amplamente com o Arduino devido ao seu baixo custo. O DHT11 possui internamente dois transdutores resistivos, um para medir umidade e um para medir a temperatura (NTC). Segundo o fabricante consegue medir a umidade com uma acurácia de $\pm 5\%$ a um temperatura de 25°C . Para a temperatura o fabricante informa uma acurácia de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ a 25°C . 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 (ADIDAX, 2015). As medidas com o DHT11 resultaram em divergências de mais de 50% nas leituras de umidade, 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%. 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.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho chama a atenção para a seleção dos conversores ADC's e sensores quanto a sua confiabilidade, sendo bastante recomendada uma aferição prévia antes de sua utilização. Quanto à utilização das entradas analógicas do Arduino recomenda-se a possibilidade da seleção da referência interna, sempre que possível. Resultados mais detalhados podem ser obtidos no endereço (<https://github.com/KakiArduino/Arduino>). 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

ADIDAX. DHT11 [internet]; [acesso em 20 set 2017]. 2015. Disponível em: <https://github.com/adidax/dht11>.

AL-MUTLAQ, S.; GIANT, A. Load Cell Amplifier HX711 Breakout Hookup Guide [internet]; [acesso em 20 set 2017]. 2015. Disponível em <https://learn.sparkfun.com/tutorials/load-cell-amplifier-hx711-breakout-hookup-guide>.

AMORIM, H. S., DIAS, M. A., SOARES, V., Sensores digitais de temperatura com tecnologia one-wire: Um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4310 (2015), DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173742009>.

AOSONG Electronics, Temperature and humidity module DHT11 Product Manual.

Disponível em: <<https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2017.

AVIA SEMICONDUCTOR. HX711 datasheet[internet]; [acesso em 20 set 2017].
Disponível em:
https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf.

CAVALCANTE, M. A., TAVOLARO, C. R. C. E MOLISANI, E., Física com Arduino para iniciantes, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, 4503 (2011).

CORDOVA, H. TORT, A. C., Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº2, e2308 (2016), DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0012>.

DIONISIO, G., SPALDING, L., E., S., Visualização da forma de onda e conteúdo harmônico da corrente elétrica alternada em eletrodomésticos, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, nº1, e1501 (2017), DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0121>,

DWORAKOWSKI, L., A., HARTMANN, Â., M., KAKUNO, E., M., and DORNELES, P., F., T., Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2016, vol.38, n.3, e3503. Epub June 07, 2016. ISSN 1806-1117. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0009>.

GAUDARD, R. Lilypad Arduino para Estilistas [Internet]; [acessado em 20 set 2017]. Disponível em: <https://modaetecnologia.com.br/2015/01/30/lilypad-arduino-para-estilistas/>.

SILVA, J., T., SILVA, J., T., LIMA, G., F., Controle E Monitoramento de Nível Utilizando Plataforma Open Source Arduino, Revista INNOVER, volume 1, número 4, Dezembro 2014.

SILVEIRA, S., GIRARDI, M., Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio, Rev. Bras. Ensino Fís. vol.39 no.4 São Paulo, 2017, Epub22-Maio-2017, <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287>.

SOUZA, A. R., PAIXÃO, A. C., UZÊDA, D. D., DIAS, M. A., DUARTE, S. E AMORIM, H., S., A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, 1702 (2011).