



## **ARDUINO: Sensores e entrada analógica, uma visão detalhada.**

John Welvins Barros de Araújo\*<sup>1</sup>  
Daniel Fonseca Corradini Ferrando<sup>2</sup>  
Edson Massayuki Kakuno<sup>3</sup>

Eixos Temáticos: Educação e tecnologias

O Arduino é um projeto eletrônico de plataforma aberta, com a filosofia de fornecer um “hardware” e um “software” de fácil uso. Tem sido proposto como ferramenta de ensino, nas áreas de exatas e engenharias, por vários grupos entre eles da PUC-SP, UFRGS (CAVALCANTE, 2011), UFRJ (SOUZA, 2011), UPF (DIONISIO, 2017), UFSC (SILVEIRA, 2017), IFRN (SILVA, 2014), UNIPAMPA (DWORAKOWSKI, 2016), e trabalhos em mestrados profissionais (SILVEIRA, 2017, DWORAKOWSKI, 2016). Contudo outras áreas do conhecimento podem se beneficiar desta plataforma, como exemplo a área da moda (LILYPAD, 2015) e com um pouco de imaginação, o ensino em todas as áreas do conhecimento poderão fazer uso desta plataforma. A plataforma Arduino permite a realização concreta de um modelo teórico, propiciando um aprendizado mais significativo.

A estrutura básica de um sistema de controle consiste em sentir o ambiente em volta, através de sensores, tomar decisão a partir dos dados destes sensores e em função deste resultado atuar no ambiente de forma a produzir o efeito desejado. O sensor novamente retorna o novo “status” do sistema, formando um elo de realimentação e controle. O primeiro estágio desta cadeia tríplice de controle (sensores), em muitos

<sup>1</sup> Fundação Universidade Federal do Pampa, Licenciatura em Física, CAPES, johnwelvins@gmail.com

<sup>2</sup> Fundação Universidade Federal do Pampa, Licenciatura em Física, CAPES, daniel.f.kiyoshi@gmail.com

<sup>3</sup> Dr., Fundação Universidade Federal do Pampa, edson.kakuno@unipampa.edu.br



projetos, é tratado de forma despreocupada e muita vez pode levar a interpretação errônea do evento.

Este trabalho discute questões de confiabilidade (quanto o sensor se aproxima das especificações do fabricante), precisão e acurácia. Podemos criar duas grandes categorias de sensores: sensores com resposta analógica e com resposta digital, este último possui internamente um pré-processamento do sinal, que facilita a conexão com o Arduino, contudo em algumas aplicações, a dissipação de potência no sensor pode comprometer a confiabilidade da medida, por exemplo, em medidas com sensores de temperatura. Os sensores analógicos requerem um estágio extra que consiste de um conversor Analógico-Digital (ADC – *analog to digital converter*). 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, onde o Arduino assume a tensão de alimentação (5 V) como referência. Muitos projetos não se atentam ao detalhe de que a tensão de alimentação facilmente pode variar e, portanto o valor lido pelo ADC também. Uma solução é utilizar a (b) referência interna de 1,1 V ou a (c) referência externa, onde o usuário escolhe o valor da tensão, 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 0 °C e 100 °C. Portanto o sinal de saída do LM35 possui uma dinâmica de zero a 1,0 V 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, 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.

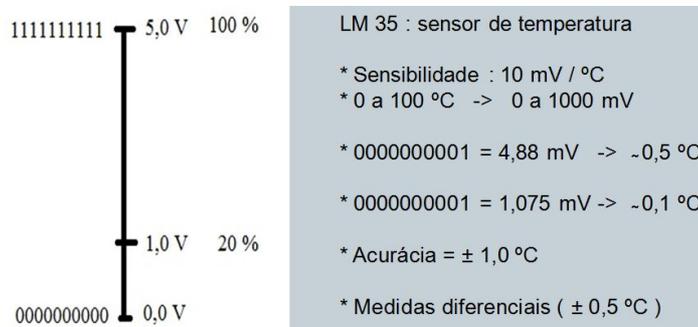


Fig.1: Escala indicando a faixa dinâmica de entrada de um ADC com referência de 5 V (fundo de escala, FS) e com o código binário de 10 bits correspondente.

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. 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, 2015, HX711).

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	-4,46	-6,04
64	40	39,20	39,52	32,30	32,58	3,85	3,88	-15,53 + 0,12	-19,77 - 0,16	-4,81	-6,07
128	20	19,60	19,76	16,15	16,28	1,93	1,94	-8,66 + 0,10	-10,53 - 0,12	-5,36	-6,47

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. 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  $\pm 20$ ,  $\pm 40$  e  $\pm 80$  mV para os ganhos de 128, 64 e 32 respectivamente, coluna (F.S. Fábrica). O chip HX711 disponibiliza no pino 6 (Vbg) a tensão de referência, o qual foi medido 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, calculo-se o F.S. Calc. =  $(V_{gb} \times 2) / \text{ganho}$ , 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. Há uma divergência na ordem de 19% do valor declarado pelo fabricante.

Também é relatado aqui um sumário dos resultados em testes de 5 sensores de umidade, DHT11, que devido ao seu baixo custo é utilizado amplamente com o Arduino. 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  $25^{\circ}\text{C}$ . Para a temperatura o fabricante informa uma acurácia de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ . 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 (DHT11, 2015). 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%. Estes resultados indicam que o sensor não deve ser utilizado sem que haja uma prévia aferição do mesmo, e desta forma implementar possíveis ajustes de leituras via software.

Este trabalho chama a atenção para a seleção dos ADC's e sensores quanto a sua confiabilidade, sendo recomendada uma aferição prévia antes de sua utilização. Também recomenda-se a seleção da referência interna do Arduino, sempre que possível. Resultados mais detalhados podem ser obtidos no endereço (<https://github.com/KakiArduino/Arduino>). Este trabalho recebeu apoio material e financeiro do PIBID/UNIPAMPA, através do Edital CAPES no. 061/2013, e pela Portaria CAPES nº 096/2013 e CNPQ processo 405472 / 2015-3.

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



## Referências

- CAVALCANTE, M. A., TAVOLARO, C. R. C., E MOLISANI, E., Física com Arduino para iniciantes, **Rev. Bras. Ensino Fís.**, v. 33, n. 4, 4503 (2011).
- DHT11. In: GitHub " Adi Dax ". 2015. Disponível em: <docs.google.com/document/d/1-Pnyt1KJSOJZMXGcqC-\_dc37n\_cFAvPsGDMf9N\_KbXQ/edit?ts=59ac7e5f>. Acesso em; 20set. 2017.
- DIONISIO, G., SPALDING, G. L. E. S, Visualização da forma de onda e conteúdo harmônico da corrente elétrica alternada em eletrodomésticos, **Rev. Bras. Ensino Fís.**, vol. 39, nº1, e1501 (2017), DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0121>.
- DWORAKOWSKI, L. A.; HARTMANN, Maria A.; 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.** 2016, vol.38, n.3, e3503. Epub June 07, 2016. ISSN 1806-1117. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0009>.
- HX711. In: AVIA Semiconductor. Disponível em: <[https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2017.
- LILYPAD ARDUINO PARA ESTILISTAS. In: MODA E TECNOLOGIA "GAUDARD, R.". 2015. Disponível em: <<https://modaetecnologia.com.br/2015/01/30/lilypad-arduino-para-estilistas/>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- LOAD CELL AMPLIFIER HX711 BREAKOUT HOOKUP GUIDE. In: SparkFun "SARAH AL-MUTLAQ, ALEX THE GIANT". 2015. Disponível em: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/load-cell-amplifier-hx711-breakout-hookup-guide>>. Acesso em; 20 set. 2017.
- 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, dez. 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, **Rev. Bras. Ensino Fís.**, v. 33, n. 1, 1702 (2011).