

Balança Medição Massa

Aluno :
Sérgio Santos, N^o: 1020881

Docente/Orientador
Isabel Gonçalves Vaz, *igv*
Unidade Curricular
PESTA

4 de abril de 2021

Agradecimientos

This is the acknowledgements section. You should replace this with your own acknowledgements.

Resumo

O projeto proposto é fazer uma balança utilizando um micro controlador, um sistema *Embedded*.

Uma célula de peso vai ser o sensor de conversão entre massa e diferença de potencial através de uma ponte *Wheatstone*, gerando um sinal proporcional.

Após obter este sinal será ligado a um amplificador **ADC** dedicado para este tipo de funcionalidade, com 24 bits de resolução, amplificação programável e taxa de transferência fisicamente programado, trata-se do integrado **HX711**, com um protocolo de comunicação que lhe é próprio. Depois esta comunicação serie vai ser entregue ao micro controlador.

A programação do **MCU**, o código as livrarias e ou drivers é para ser feito em linguagem **C**.

Palavras Chave: Código, Programação.

Conteúdo

1	Balança	5
1	section	6
1.1	subsection	6
1.2	subsection	6
2	subsection	6
2	chapter	7
1	section	7
2	Material	7
3	chapter	9
1	Validação	9
4	Definições	10
5	Physics	11

Lista de Figuras

1.1	Balança medieval	5
1.2	Balança moderna [6]	5
1.3	Balança de Mola	6
2.1	Load Cell 50Kg	8
2.2	Load Cell Amplifier [HX711]	8
2.3	HX711 Schematic	8

Lista de Tabelas

2.1	Lista de material	7
-----	-----------------------------	---

||

Acrónimos

API	–	Application Programming Interface
ASCII	–	American Standard Code for Information Interchange
ASN.1	–	Abstract Syntax Notation - One
ASR	–	Alcatel Service Router
ATM	–	Asynchronous Transfer Mode
CADREDE	–	Sistema de Gestão do Cadastro de Rede da PT
COTS	–	Components Of The Shelf
CPU	–	Communications Processor Unit
CRC	–	Cyclic Redundancy Check
CRM	–	Customer Relationship Management
CSMA/CD	–	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
ER	–	Elemento de Rede
eTOM	–	Enhanced Telecom Operations Model
FAB	–	Fulfillment, Assurance & Billing
FCAPS	–	Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security
FCS	–	Frame Check Sequence
FIFO	–	First In First Out
ROM	-	Read-only Memory
RAM	-	Random-access Memory
JTAG-DP	-	Joint Test Action Group
SWD-DP	-	Serial Wire Debug
IAP	-	in-application programming
ICP	-	in-circuit programming

1. Balança

As balanças foram criadas por necessidade, quando o desenvolvimento de comércio durante a antiguidade os produtos que não recorriam a contagem por unidades, tais como objetos irregulares por exemplo o ouro devia ser valorizado, a forma de medir sua massa tornou-se numa variável de medição para troca de bens.

A relíquia mais antiga de uma balança de medir massa foi descoberto na vila de *Indus River*, perto do conhecido por hoje de Paquistão, e estima-se ser por volta de 2000 B.C. Estas primeiras balanças eram alavancas em equilíbrio, onde nos extremos eram colocados cestos e se colocava os pesos, este estava centrado no seu centro de massa, assim se os pesos nos dois cestos serem iguais fica em equilíbrio (horizontal), era um sistema de comparar com pesos fixos estabelecidos como norma (*contra-pesos*).



Figura 1.1: Balança medieval

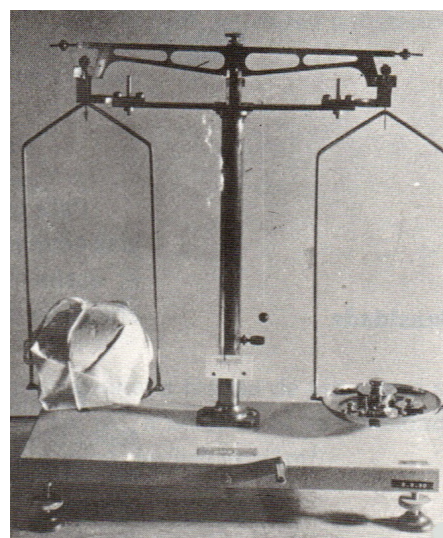


Figura 1.2: Balança moderna [6]

Este sistema pode ter grande precisão, mas também pode facilmente ser adulterado.

Os métodos de medir a massa de objetos não conheceu nenhuma melhoria tecnológica relevantes até a era industrial. Só nos fins do século *XVIII* é que o meio de medir a massa de objetos não dependia de **contra-pesos**. As balanças por molas foi inventado por **Richard Salter**, um fabricante de balanças por volta dos anos de 1770 na Inglaterra.



Figura 1.3: Balança de Mola

A balança por mola, como o nome implica, mede a pressão (ou sua tensão) exercido sobre a mola para determinar a massa do objeto. Este tipo de balanças ainda são muito comum nos dias de hoje por serem bastante económicas de fabricar, mas não tem tanta precisão como as eletrónicas desenvolvidas e aperfeiçoadas durante o século XX.

As balanças eletrónicas mais modernas utilizam resistências elétricas em materiais permeáveis e fazer passar uma corrente elétrica na qual é possível detetar a variação de condutividade das resistências em que é proporcional a pressão exercida sobre esse material, podendo daí se deduzir o peso dos objetos que se encontrem na balança.

1 section

1.1 subsection

1.2 subsection

2 subsection

2. chapter

1 section

2 Material

Lista de Material		
Peça	Quant	Preço [uni]
Fonte de alimentação 12V 1A	1	3.87 €
Conversor DC-DC com voltímetro	1	7.75 €
ET BASE AVR Atmega128 Board	1	23.92 €
Test Input Board	1	3.71 €
Test Output Board	1	3.71 €
IDC Socket 10 way	12	0.31 €
IDC Header Straight 10 way	12	0.25 €
Flatcable	?	? €
20x4 LCD Module Blue	1	12.24 €
SparkFun Load Cell Amplifier HX711	1	13.04 €
50Kg Load Cell	1	12 €
	<i>total</i>	86.96 €

Tabela 2.1: Lista de material

Depois também tem-se despesas no equipamento para a programação do hardware que em princípio só se gasta uma vez, isto é, se não se estragar. No caso do programador da Atmel o **ICE** pode custar até 185.55 €.

Também temos de ter em conta que os preços são **PVP**, que no caso se for preços comerciais são dez vezes inferior, e se for para produção em grande escala também tem descontos por quantidade.



Figura 2.1: Load Cell 50Kg



Figura 2.2: Load Cell Amplifier [HX711]

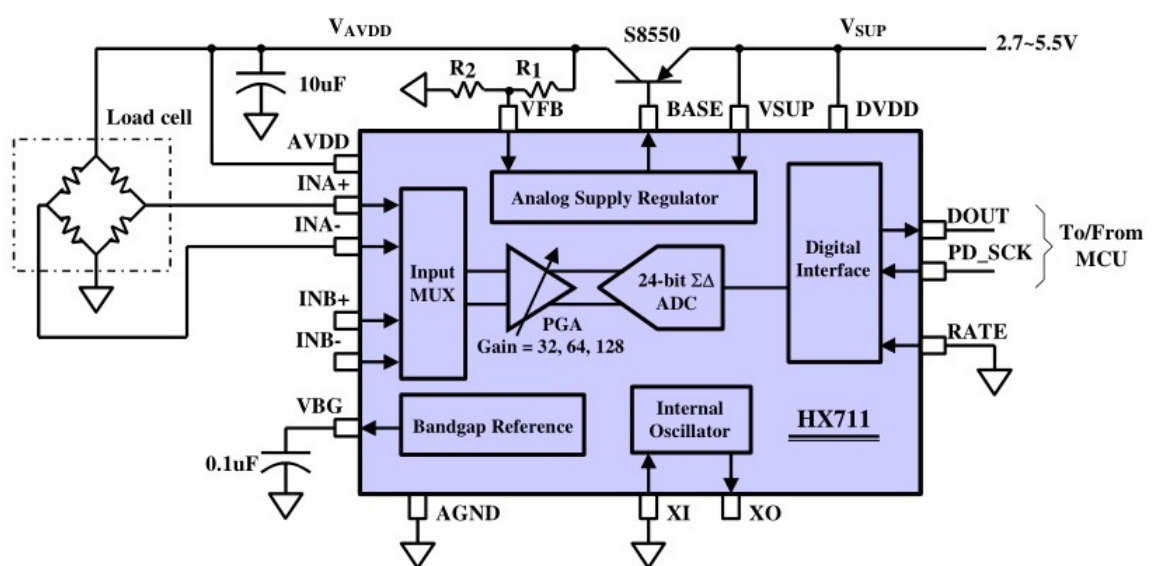


Figura 2.3: HX711 Schematic

3. chapter

1 Validação

4. Definições

Definição 1 Capacitância

$$\begin{aligned}Q_c(t) &= \int^t i(t) \, dt \\&= Q_c(0^-) + \int_{0^-}^t i(t) \, dt \\V_c(t) &= \frac{Q_c(t)}{C} \\&= \frac{1}{C} \int^t i_c(t) \, dt \\&= \frac{Q_c(0^-)}{C} + \frac{1}{C} \int_0^t i_c(t) \, dt \\&= V(0^-) + \frac{1}{C} \int_0^t i_c(t) \, dt \\i_c(t) &= C \frac{dV_c(t)}{dt}\end{aligned}$$

Definição 3 Resistência

$$\begin{aligned}V_R(t) &= R \, i_R(t) \\i_R(t) &= \frac{V_R(t)}{R}\end{aligned}$$

Definição 2 Indutância

$$\begin{aligned}\psi_L(t) &= \int^t V_L(t) \, dt \\&= \psi_L(0^-) + \int_{0^-}^t V_L(t) \, dt \\V_L(t) &= L \frac{di_L(t)}{dt} \\i_L(t) &= \frac{\psi_L(t)}{L} \\&= \frac{1}{L} \int^t V_L(t) \, dt \\&= \frac{\psi_L(0^-)}{L} + \frac{1}{L} \int_0^t V_L(t) \, dt \\&= i_L(0^-) + \frac{1}{L} \int_0^t V_L(t) \, dt\end{aligned}$$

Definição 4 Valor Médio

$$X_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T X(t) dt$$

Definição 5 Valor Eficaz

$$X_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T X^2(t) dt}$$

5. Physics

Força [N]

$$\sum F_{(t)} = M a_{(t)} = M \ddot{x}_{(t)}$$

$$\sum F_R = \sum F_{action} - \sum F_{reaction}$$

$$f_{(t)} = -K x_{(t)}$$

$$\dot{f}_{(t)} = -B \dot{x}_{(t)}$$

There are only forces if there is a physical object subject to them.

Torque [N.m]

$$\sum T_{(t)} = J \gamma_{(t)} = M \ddot{\theta}_{(t)}$$

$$\sum T_R = \sum T_{action} - \sum T_{reaction}$$

$$T_{(t)} = -K \theta_{(t)}$$

$$T_{(t)} = -B \dot{\theta}_{(t)}$$

$$T = F \times r$$

Never mix potatoes with bananas.

Energy [Joule]

$$W = F d$$

$$W = P \Delta t$$

$$E = M C^2$$

Cinetic Energy [Joule]

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Potencial Energy [Joule]

$$E_p = m g h$$

Heat

Q – Heat energy

$Q_{(t)}$ – temperature

R – heat resistance

$$Q = \frac{Q_{1(t)} - Q_{2(t)}}{R}$$

$$\frac{\partial f}{\partial x}$$

$$\frac{A \times B}{C} \times D \approx E,$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Média aritmetica dados classificados} \\ \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^c x_i n_i = \sum_{i=1}^c x_i f_i \end{array} \right| \begin{array}{l} \text{Variância de uma amostra dados classificados} \\ s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^c (x_i - \bar{x})^2 n_i \end{array}$$

$$IC_{1-\alpha} = [A, B] \text{ ; para } 1 - \alpha = 0.95, \alpha = 0.05, \frac{\alpha}{2} = 0.025$$

$$\text{Zona critica } Z_c = Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = \Phi^{-1}(0.975) \cong 1.96$$

$$P(A \leq \mu \leq B) = 1 - \alpha$$

$$\Delta = Z_c \times \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

$$A = \bar{x} - \Delta \quad \text{and} \quad B = \bar{x} + \Delta$$

\therefore

$$IC_{A_{0.95}} = [18.8877, 21.1956] \quad \text{and} \quad IC_{B_{0.95}} = [20.4519, 22.6314]$$

$$[\mu]$$

$$\begin{array}{lll} \bar{y}_{A_0} = 6,6111 & \bar{y}_{B_0} = 7,5111 & n = 90 \\ \delta_A = 2,3112 & \delta_B = 2,5140 & \end{array}$$

$$P(Y_A < 6) = P(Y_A \leq 5) = F_{i_B}(5) \cong 0,3677 \quad \text{e} \quad P(Y_B < 6) = P(Y_B \leq 5) = F_{i_B}(5) \cong 0,2444$$

$$\begin{array}{l} \hat{P}_A - \hat{P}_B \sim N \left(p_A - p_B; \frac{p_A q_A}{n_A} + \frac{p_B q_B}{n_B} \right) \quad \Delta = z_{(1-\frac{\alpha}{2})} \sqrt{\frac{\hat{p}_A \hat{q}_A}{n_A} + \frac{\hat{p}_B \hat{q}_B}{n_B}} \quad q = \\ (1-p) \end{array}$$

$$IC_{97\%}(\hat{P}_A - \hat{P}_B) = [(\hat{p}_A - \hat{p}_B) - \Delta; (\hat{p}_A - \hat{p}_B) + \Delta]$$

$$\hat{P}_A - \hat{P}_B \sim N(0,1233; 0,02788) \quad z_{(1-\frac{\alpha}{2})} = \phi^{-1}(0,985) = 2,1701$$

Recorrendo a calculadora casio $fx-9860GII$:

$$\Delta = InvNorm(0.985) \sqrt{\frac{0.3677(1-0.3677)}{90} + \frac{0.2444(1-0.2444)}{90}} \cong 0.3677$$

\therefore

$$IC_{97\%}(\hat{P}_A - \hat{P}_B) = [(\hat{p}_A - \hat{p}_B) - 0,3624; (\hat{p}_A - \hat{p}_B) + 0,3624]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \quad \mu_A - \mu_B = 0 \\ H_1 : \quad \mu_A - \mu_B < 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = 0 \\ \delta = s \end{array} \right. \implies \bar{X} = \bar{X}_A - \bar{X}_B \sim N \left(0, \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \right) ; \quad \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \cong 0.6558$$

$$P(\bar{X}_{H_0} \leq C) = 0.05 \quad \implies \quad RC_X]-\infty, -1.332] \quad \bar{x}_A - \bar{x}_B = -1.5 \in RC_X$$

$$z_0 = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{\frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}}} \cong -1.8523 \quad RC_z =]-\infty, -1.6448] \quad pvalue = P(Z < z_0) = 0.032$$

Condição NEE:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = 0 \\ \delta = s \end{array} \right. \implies \quad \bar{Y} = \bar{Y}_A - \bar{Y}_B \quad \sim N\left(0, \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}\right) \quad ; \quad \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \cong 0.1296$$

$$P(\bar{Y}_{H_0} \leq C) = 0.05 \quad \implies \quad RC_Y]-\infty, -0.5921] \quad \bar{y}_A - \bar{y}_B = -0.9 \in RC_Y$$

$$z_0 = \frac{\bar{y}_A - \bar{y}_B}{\sqrt{\frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}}} \cong -2.5 \quad RC_z =]-\infty, -1.6448] \quad pvalue = P(Z < z_0) = 0.0062$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : X \sim N(20.0417, 6.4494^2) \\ H_1 : X \approx N(20.0417, 6.4494^2) \end{array} \right.$$

NEE Região B:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : X \sim N(7.5111, 2.5140^2) \\ H_1 : X \approx N(7.5111, 2.5140^2) \end{array} \right.$$

$$q_0 = \sum_{i=1}^n \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} \quad \sim \quad \chi_{(k-m-1)}^2$$

$$RC_{\chi^2} = [InvChiCD(0.05, 5), +\infty] \quad \rightarrow \quad RC_{\chi^2} = [11.0705, +\infty]$$

$$q_0 = 8.5532 < 11.0705$$

$$[\mu]$$

$$\begin{array}{lll} \bar{y}_{A_0} = 6,6111 & \bar{y}_{B_0} = 7,5111 & n = 90 \\ \delta_A = 2,3112 & \delta_B = 2,5140 & \end{array}$$

$$P(Y_A < 6) = P(Y_A \leq 5) = F_{i_B}(5) \cong 0,3677 \quad \text{e} \quad P(Y_B < 6) = P(Y_B \leq 5) = F_{i_B}(5) \cong 0,2444$$

$$\hat{P}_A - \hat{P}_B \sim N\left(p_A - p_B; \frac{p_A q_A}{n_A} + \frac{p_B q_B}{n_B}\right) \quad \Delta = z_{(1-\frac{\alpha}{2})} \sqrt{\frac{\hat{p}_A \hat{q}_A}{n_A} + \frac{\hat{p}_B \hat{q}_B}{n_B}} \quad q = (1-p)$$

$$IC_{97\%}(\hat{P}_A - \hat{P}_B) = [(\hat{p}_A - \hat{p}_B) - \Delta; (\hat{p}_A - \hat{p}_B) + \Delta]$$

$$\hat{P}_A - \hat{P}_B \sim N(0,1233; 0,02788) \quad z_{(1-\frac{\alpha}{2})} = \phi^{-1}(0,985) = 2,1701$$

Recorrendo a calculadaora casio $fx-9860GII$:

$$\Delta = InvNorm(0.985) \sqrt{\frac{0.3677(1-0.3677)}{90} + \frac{0.2444(1-0.2444)}{90}} \cong 0.3677$$

$$\therefore IC_{97\%}(\hat{P}_A - \hat{P}_B) = [(\hat{p}_A - \hat{p}_B) - 0,3624; (\hat{p}_A - \hat{p}_B) + 0,3624]$$

$$\begin{cases} H_0 : & \mu_A - \mu_B = 0 \\ H_1 : & \mu_A - \mu_B < 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mu = 0 \\ \delta = s \end{cases} \implies \bar{X} = \bar{X}_A - \bar{X}_B \sim N\left(0, \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}\right) \quad ; \quad \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \cong 0.6558$$

$$P(\bar{X}_{H_0} \leq C) = 0.05 \quad \implies \quad RC_X]-\infty, -1.332] \quad \bar{x}_A - \bar{x}_B = -1.5 \in RC_X$$

$$z_0 = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{\frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}}} \cong -1.8523 \quad RC_z =]-\infty, -1.6448] \quad pvalue = P(Z < z_0) = 0.032$$

Condição NEE:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = 0 \\ \delta = s \end{array} \right. \implies \quad \bar{Y} = \bar{Y}_A - \bar{Y}_B \quad \sim N\left(0, \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}\right) \quad ; \quad \frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B} \cong 0.1296$$

$$P(\bar{Y}_{H_0} \leq C) = 0.05 \quad \implies \quad RC_Y]-\infty, -0.5921] \quad \bar{y}_A - \bar{y}_B = -0.9 \in RC_Y$$

$$z_0 = \frac{\bar{y}_A - \bar{y}_B}{\sqrt{\frac{\delta_A^2}{n_A} + \frac{\delta_B^2}{n_B}}} \cong -2.5 \quad RC_z =]-\infty, -1.6448] \quad pvalue = P(Z < z_0) = 0.0062$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : X \sim N(20.0417, 6.4494^2) \\ H_1 : X \approx N(20.0417, 6.4494^2) \end{array} \right.$$

NEE Região B:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : X \sim N(7.5111, 2.5140^2) \\ H_1 : X \approx N(7.5111, 2.5140^2) \end{array} \right.$$

$$q_0 = \sum_{i=1}^n \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} \quad \sim \quad \chi_{(k-m-1)}^2$$

$$RC_{\chi^2} = [InvChiCD(0.05, 5), +\infty] \quad \rightarrow \quad RC_{\chi^2} = [11.0705, +\infty]$$

$$q_0 = 8.5532 < 11.0705$$

$$\begin{cases} H_0 : \bar{X}_{H_0} \sim N(0, 0.6558) \\ H_1 : \bar{X}_{H_1} \sim N(-1.5, 0.6558) \end{cases}$$

$$\beta = P(\text{Aceitar } H_0 | H_0 \text{ Falsa})$$

$$\beta = (\bar{X}_{H_1} > -1.332)$$

$$\beta = \text{NormCD}(-1.332, 99999999, \sqrt{0.6558}, -1.5) = 0.4178$$

Potência do teste

$$1 - \beta = P(\text{Rejeitar } H_0 | H_0 \text{ Falsa}) = 0.5822$$

NEE Região B:

$$\begin{cases} H_0 : \bar{Y}_{H_0} \sim N(0, 0.1296) \\ H_1 : \bar{Y}_{H_1} \sim N(-0.9, 0.1296) \end{cases}$$

$$\beta = P(\text{Aceitar } H_0 | H_0 \text{ Falsa})$$

$$\beta = (\bar{Y}_{H_1} > -0.5921)$$

$$\beta = \text{NormCD}(-0.5921, 99999999, \sqrt{0.1296}, -0.9) = 0.1962$$

Potência do teste

$$1 - \beta = P(\text{Rejeitar } H_0 | H_0 \text{ Falsa}) = 0.8038$$

χ^2

Bibliografia

- [1] Bird, John: *HIGHER ENGINEERING MATHEMATICS, Fifth Edition*. Elsevier Ltd, 2006.
- [2] Bird, John: *HIGHER ENGINEERING MATHEMATICS, Sixth Edition*. Elsevier Ltd, 2010.
- [3] Bishop, Richard C. Dorf Robert H.: *Modern Control Systems, Thirteenth Edition*. Pearson Education, Inc, 2017.
- [4] Hawking, Stephen: *AOS OMBROS de GIGANTES*. Texto Editores, Lda, 2017.
- [5] James, Glyn: *MODERN ENGINEERING MATHEMATICS, Fifth Edition*. PEARSON EDUCATION LIMITED, 2015.
- [6] Martins, Maria Natália Cruz Isabel Pinheiro Martins Anabela: *À Descoberta da Física 9^o Ano de Escolaridade 1^o. Volume*. Porto Editora, Lda, 1993.
- [7] Resnick, JEARL WALKER David Halliday: *FUNDAMENTALS OF PHYSICS, Halliday and Resnick 10th edition*. John Wiley and Sons, Inc, 2014.
- [8] TIPLER, PAUL A. e GENE MOSCA: *PHYSICS FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS, Extended Version fifth edition*. W. H. Freeman and Company, 1999.

¹Apontamento