



## EA076 - A — Projeto Final

**Professor:** Antônio Quevedo

Leonardo Rodrigues Marques RA: 178610

Henrique Roberto da Cunha Júnior RA: 174638

---

## 1 Introdução

Nesse projeto, abordamos dois aspectos: o efeito Hall e a medição de peso. O efeito Hall está relacionado ao surgimento de uma diferença de potencial em um condutor elétrico, transversal ao fluxo de corrente e um campo magnético perpendicular à corrente. Esse efeito tem diversas aplicações, dentre alguns exemplos são: indicador de Nível de Combustível, sensoramento Magnético de Corrente, sensor de Deslocamento. A medição de massa sempre foi essencial para o desenvolvimento científico e econômico do mundo. De tão essencial que esse valor é, diversos modos de metrificação foram criados a fim de obter o máximo de precisão possível. Portanto, tratamos de um método bastante utilizado nos dispositivos eletrônicos para obter os pesos dos objetos.

## 2 Metodologia

O módulo do Efeito Hall é bastante simples de usar. Basicamente, alocamos três pinos para o dispositivo na placa: GND, VCC e o pino PTB0 da placa FRDM KL25. Alocamos um componente ADC no Processo Expert do CodeWarrior para obter os valores medidos pelo sensor. Observamos que quando não excitado por um ímã, o valor medido do módulo varia em torno de 33000. Dependendo do lado de aproximação do ímã (norte ou sul) ao sensor, esse valor adquirido aumenta ou diminui linearmente. Portanto, aproveitando-se dessa dualidade, podemos escrevermos um código bastante simples que controla a direção do motor ("Exhaust" ou "Vent") de acordo com a aproximação do ímã.

A medição do peso, por outro lado, envolveu um trabalho bem mais elaborado. Usamos um dispositivo chamado célula de carga para medir o peso. Esse dispositivo é um transdutor de força, ou seja, força é medida, normalmente relacionando-a com a resposta de algum material à aplicação de carga. Existem vários tipos que avaliam essa resposta (mudança de pressão ou tensão, deformação), mas focamos no Strain Gauge, que é basicamente uma ponte de Wheatstone.

A ponte de Wheatstone é um circuito que avalia a mudança da resistência elétrica dado a uma determinada pressão ou força aplicada sobre ele. Valendo-se dessa propriedade, podemos então modelar uma função que associa a resistência a quantidade de peso. Entretanto, a deformação gerada sobre a célula gera

variações de resistência extremamente pequenas. Para resolvermos isso, abordamos duas estratégias: uma solução de hardware e uma solução de software.

A solução de hardware seria construir um circuito amplificador para gerar ganhos nos sinais. Com sinais mais "robustos", gerariamos dois componentes no Processo Expert afim de ler esses valores e relacioná-los com o peso. Entretanto, tivemos dificuldades na implementação do circuito. As principais dificuldades encontradas foram saturação e offset do amplificador. Diante de versas tentativas, desistimos dessa solução.

Dado o fracasso da abordagem anterior, focamos na solução de software. De qualquer forma, é ainda necessário um hardware para amplificar os sinais, que nesse caso, foi usado o **HX711**. A dificuldade está na obtenção dos dados desse dispositivo. Para isso, escrevemos um driver(software para comunicação com hardware) baseando-se no detalhes do protocolo do dispositivo, disponível no datasheet. Esse driver utilizava dois componentes BIT I/O do Processo Expert, nomeados como DT(data) e SCK(clock). Conseguimos realizar a comunicação e coletar dados razoáveis, entretanto faltava verificar a validade deles.

---

```
uint32_t ReadCount(){
    EnterCritical();
    unsigned long Count = 0;
    unsigned char i = 0;
    while(DT_GetVal());
    WAIT1_Waitns(500);

    for(i = 0; i < 24; i++){
        SCK_SetVal();
        Count = Count << 1;
        WAIT1_Waitns(500);
        if(DT_GetVal()) Count++;
        SCK_ClrVal();
        WAIT1_Waitns(500);
    }
    SCK_SetVal();
    WAIT1_Waitns(500);
    SCK_ClrVal();
    WAIT1_Waitns(500);
    Count = Count << 8;
    Value = Count & 0x7FFF;
    if(Count & 0x8000)
        Value = Value * (-1);
    ExitCritical();
    return Count;
}
```

---

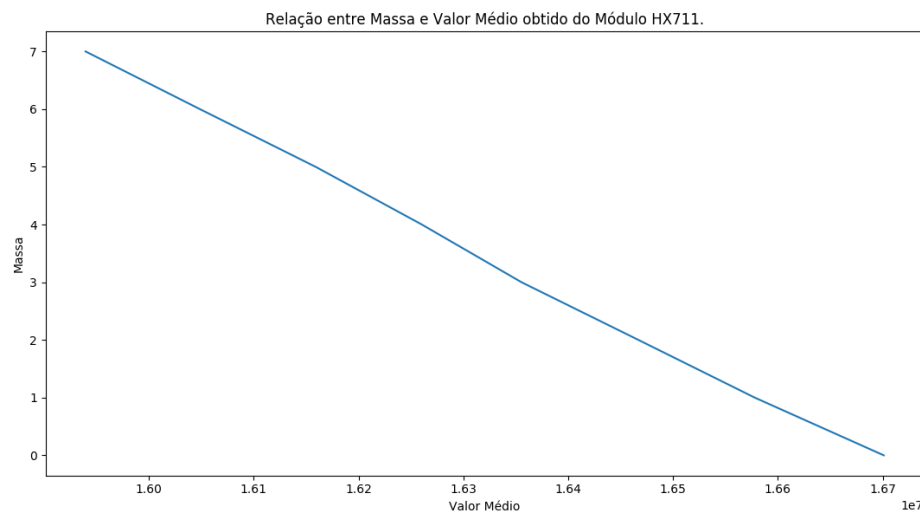
 }
 

---

Nesse última etapa, tratamos de verificar a coerência dos dados e calibrar a balança. Portanto, pegamos objetos com massas conhecidas e medidos seus respectivos valores pela função ReadCount. Obtivemos a seguinte relacionamento:

Valores Medidos		Média dos Valores	Massas(kg)
16700837	16701218	16701028	0.000
16578326	16577607	16577967	1.000
16466860	16467121	16466991	2.000
16353081	16357808	16355445	3.000
16259748	16260920	16260334	4.000
16161458	16156636	16159047	5.000
16048617	16048642	16048630	6.000
15936474	15942558	15939516	7.000

Ao plotarmos um gráfico com os valores da tabelas, obtivemos praticamente uma reta. Portanto, constatamos visualmente que a relação entre as grandezas variação de tensão e massa era linear.



Sabendo-se dessa linearidade, pudemos aplicar uma regressão linear afim de obter uma equação de uma reta estimadora para valores desconhecidos. Geramos os vetores Y, G e aplicamos a fórmula da regressão no Matlab.

$$Y = \begin{bmatrix} 1.000 & 2.000 & 3.000 & 4.000 & 5.000 & 6.000 & 7.000 \end{bmatrix} \quad G = \begin{bmatrix} 1.000 & 16701028 \\ 1.000 & 16577967 \\ 1.000 & 16466991 \\ 1.000 & 16355445 \\ 1.000 & 16260334 \\ 1.000 & 16159047 \\ 1.000 & 16048630 \\ 1.000 & 15939516 \end{bmatrix}$$

Utilizando-se da equação, tem-se  $\alpha$

$$\alpha = inv(G^T * G) * (G^T * Y)$$

$$\alpha = \begin{bmatrix} 155.6966361518347 & -0.0000093294216 \end{bmatrix}$$

Obtido os parâmetros da função linear, podemos escrever uma função em C para calcular a massa do objeto a partir do valor medido pela função ReadCount. Por questões de implementação, a função é multiplicada por 10 para viabilizar centena de gramas na formatação da string de impressão no display.

---

```
uint32_t calculateKG(unsigned long count){
    return 10*((155.6966361518347 - 0.0000093294216*(count)));
}
```

---

### 3 Resultados e Conclusão

A resposta obtida do motor dada a implementação do módulo do efeito Hall na placa FRDM-KL25Z foi extremamente satisfatória. No vídeo postado, é possível observar que o motor altera a direção de rotação conforme alteramos o orientação do ímã. Não houve disparidade entre o resultado esperado e obtido, nem por si só, dificuldades relevantes na execução. Entretanto, um projeto mais a fundo poderia ser abordado para explorar mais possibilidades do uso do efeito Hall.

Quanto à balança, enfrentamos diversos desafios na obtenção de uma medida precisa. Em primeiro lugar, não tínhamos uma balança ao alcance para verificar os pesos de calibração, o que adicionou imprecisão no modelo da reta. Em segundo lugar, a montagem era irregular, o que impedia o posicionamento correto do barbante que segurava os objetos. Uma solução mais confiável seria usar quatro células de carga e um placa retangular, dando mais estabilidade e melhor posicionamento na distribuição de carga.

Em terceiro lugar, tivemos um problema na implementação do driver. Ao realizar os 8 shifts para esquerda da variável de coleta, geramos valores desconexos com os pesos. Para contornar esse problema,

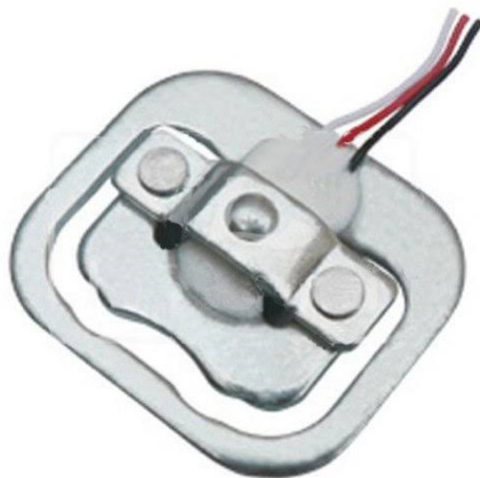


Figura 1: A carga deve se concentrar no ponto circular central do dispositivo.

tratamos as variáveis como unsigned e não deslocamos como devido. Apesar de não realizar essa última etapa, obtivemos valores extremamente concisos como demonstrado na metodologia. Inclusive, a balança conseguiu medir objetos não usados na calibração com precisão considerável.

## 4 Link do Vídeo e Observações

Link do Vídeo: <https://bit.ly/2rgiZyb>

- O esquemático não foi incluído no relatório, entretanto está disponível em formato PDF no mesmo diretório.
- O projeto foi bastante interessante, principalmente no tratamento da função ReadCount para comunicar com o dispositivo HX711.