

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS
CENTRO POLITÉCNICO
CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA
DISCIPLINA DE INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

MONITOR DE MOVIMENTOS COM ACELERÔMETRO

Desenvolvido por
Maurício Fiss Rodrigues

Relatório Final da Disciplina de
Instrumentação Eletrônica
<http://olaria.ucpel.tche.br/ie2013>

Pelotas, Julho de 2013.

1. Introdução

Os acelerômetros são sensores ou transdutores que medem acelerações. A aceleração é uma medida de quão rapidamente a velocidade varia e pode ser obtida segundo uma, duas ou três direções, utilizando acelerômetros uni, bi ou triaxiais, respectivamente.

Pode tirar-se partido dos acelerômetros para medir não só acelerações (dinâmicas), como também inclinação, rotação, vibração, colisão e gravidade (acelerações estáticas), constituindo assim um aparelho de elevada utilidade para projetos na área da eletrônica.

A proposta deste trabalho é monitorar movimentos ou vibrações na área médica, pois o uso de acelerômetros é fortemente usado na avaliação do movimento humano, na detecção de distúrbios do sono, na detecção de variáveis fisiológicas, entre outras aplicações que podem ser desenvolvidas.

2. Princípio de Funcionamento

2.1 Acelerômetro MMA7361L

O acelerômetro utilizado no projeto, ilustrado na figura 1, foi o MMA7361L, da *Freescale Semiconductor*, vários fatores foram levados em conta na hora da escolha deste componente, dentre eles estão: alta sensibilidade (800mV/g), o fato de ser analógico, triaxial, possuir preço acessível e ser encontrado já integrado a uma placa de circuito impresso. O diagrama de blocos e o diagrama esquemático da placa deste acelerômetro estão representados nas figuras 2 e 3, respectivamente.



Figura 1 - Acelerômetro MMA7361L

- Algumas das principais características deste componente são:
- Dimensões: 3mm x 5mm x 1mm;
- Baixo consumo (400 μ A em modo ativo e 3 μ A em modo *sleep*);

- Baixa tensão de operação (2.2 V – 3.6 V);
- Alta sensibilidade (800mV/g quando selecionado 1.5g como fundo de escala);
- Sensibilidade selecionável (1.5 ou 6g);
- Três eixos ortogonais (X, Y e Z);
- Frequência de amostragem (300 Hz);
- Princípio de transdução capacitivo;

2.2 Diagrama esquemático

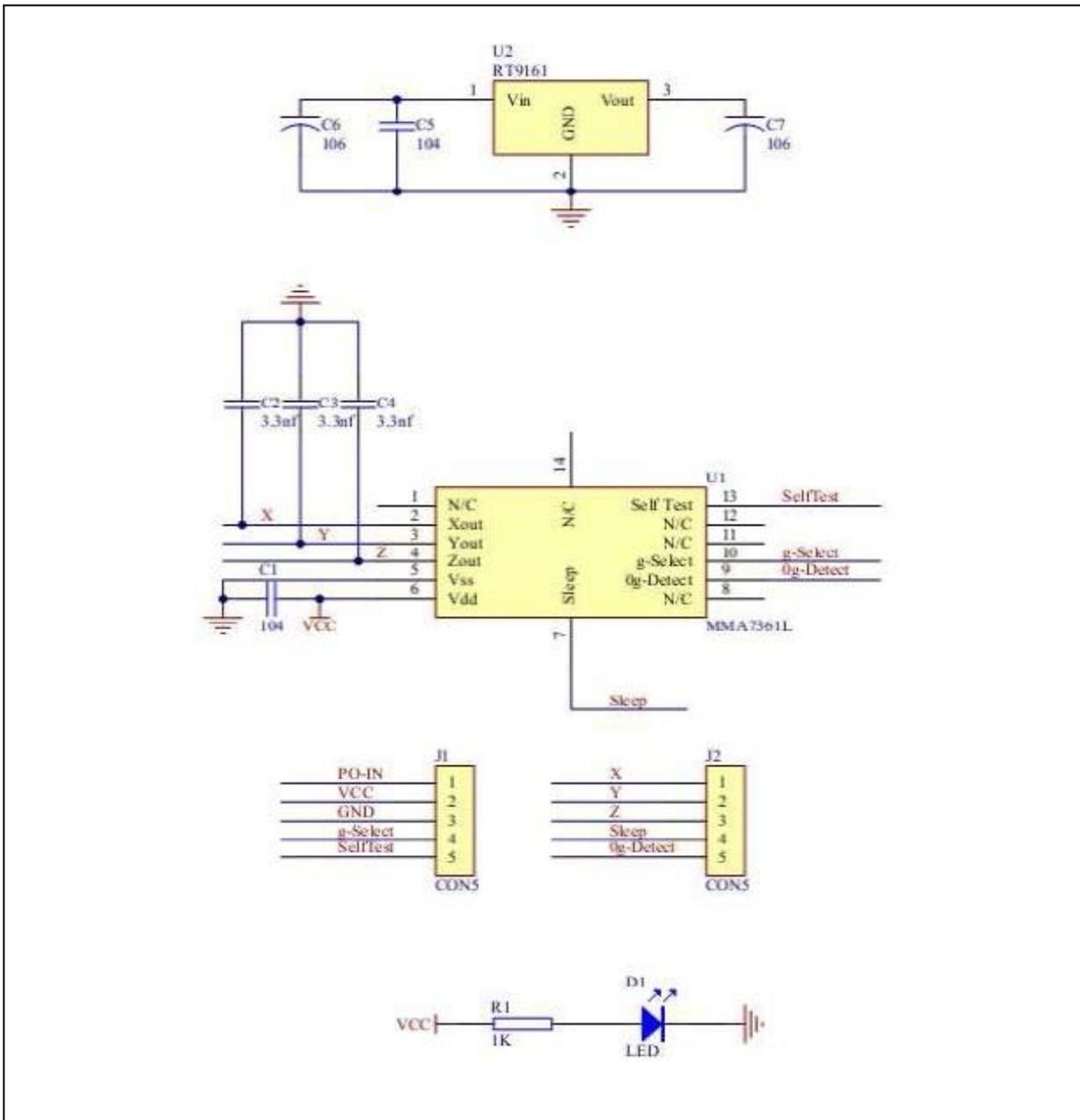


Figura 2 – Diagrama esquemático da placa do acelerômetro MMA7361L

2.3. Diagrama de blocos simplificado do acelerômetro

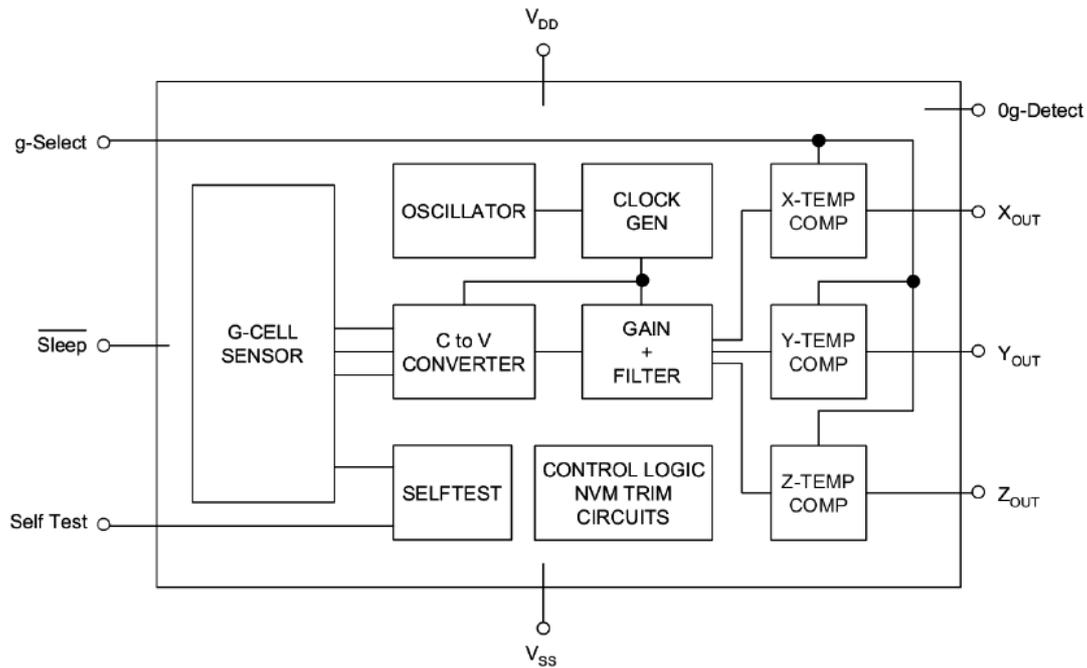


Figura 3 – Diagrama de blocos simplificado do acelerômetro.

Os valores da saída de cada eixo do acelerômetro são dados em tensão, podendo variar em condições ideais (temperatura de 25°C e tensão de alimentação de 3,3V) de 0,45V (-1,5g) até 2,85V (+1,5g). As figuras e mostram a orientação dos eixos em relação à cápsula do CI, bem como os valores de tensão relacionados à saída destes eixos.

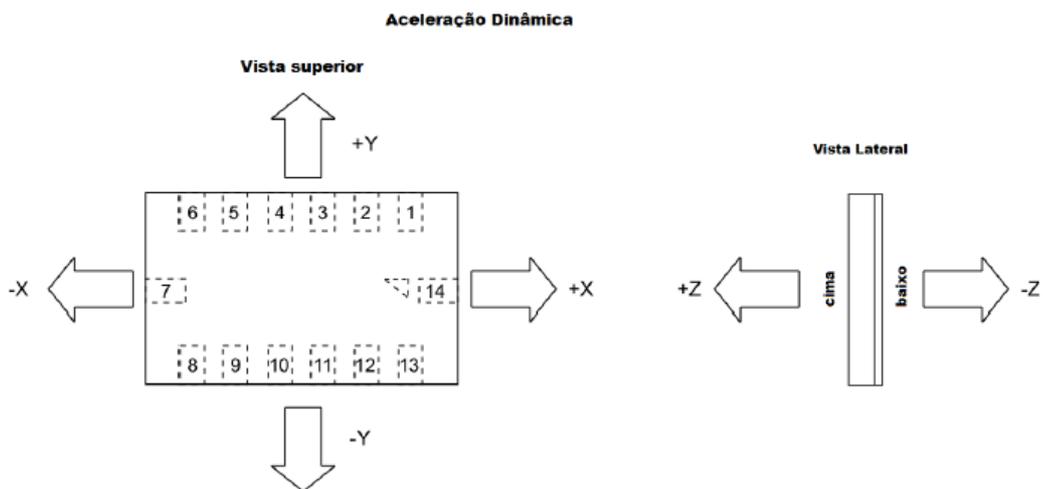


Figura 5 – Orientações dos eixos em relação à cápsula do CI.

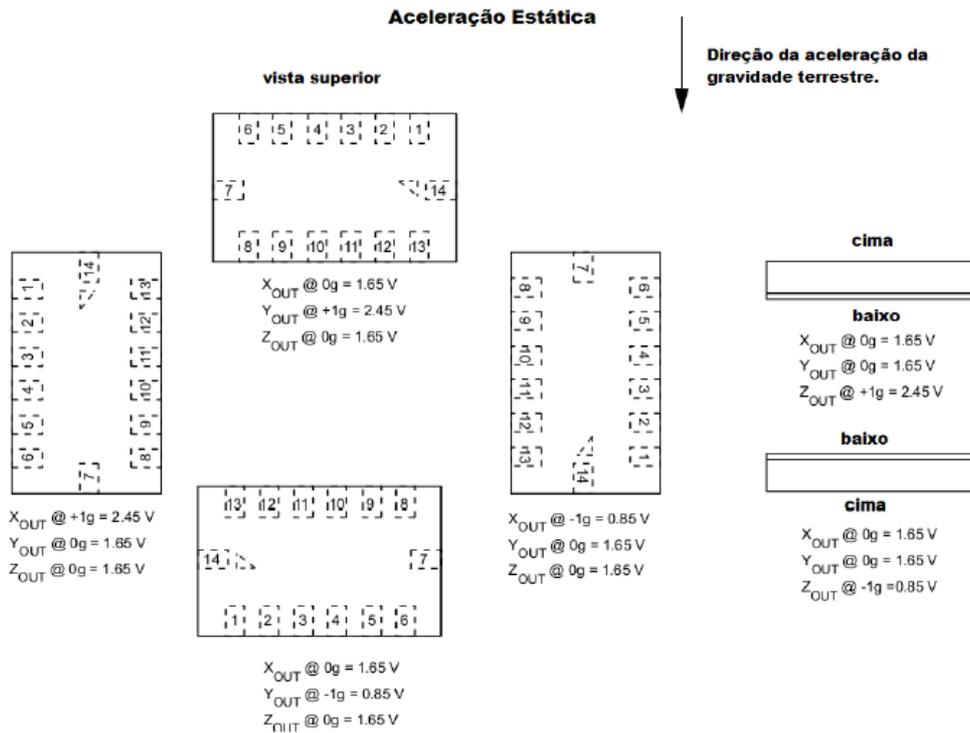


Figura 6 - Orientações dos eixos em relação à cápsula do CI e os valores de tensão relacionados à saída de cada eixo.

O acelerômetro MMA7361L utilizado no projeto, já vem integrado a uma placa de circuito impresso com todos os componentes necessários, indicado na folha de dados do mesmo, para seu melhor funcionamento. É indicado pelo fabricante colocar na saída de cada eixo um capacitor de 3,3 nF para eliminar as altas frequências. A frequência de corte é dada pela equação:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

2.4. Kit Didático ADuC81

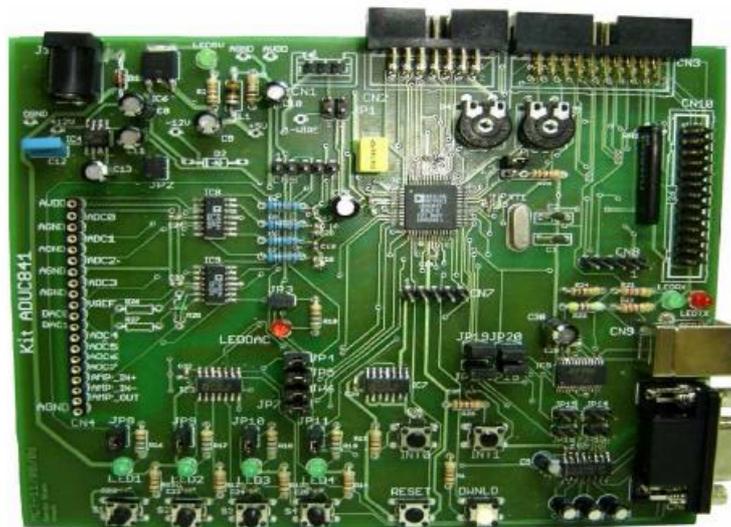


Figura 7 - Kit Didático ADuC81

O ADuC841, fabricado pela *Analog Devices*, foi escolhido devido ao prévio conhecimento adquirido ao longo da graduação e disponibilidade na Universidade através do Kit Didático ADuC841 da disciplina de Microprocessadores. É um microconversor que se baseia em um núcleo de micro-controlador 8052 da Intel. É um circuito integrado (CI) voltado para o processamento de sinais, já que conta com conversores A/D e D/A, com controlador de DMA (acesso direto à memória) e interfaces paralelas e seriais.

3. Comportamento do Instrumento

O acelerômetro detecta os movimentos e os transforma para um sinal em nível de tensão, variando entre 0,45V e 2,85 V. O microconversor ADuC841 recebe os sinais já tratados via conversores analógico digitais (ADC), realiza uma filtragem digital e, através de comparações entre as amostras, verifica se há movimento. Além do movimento o hardware monitora caso não seja detectado movimento durante 15 segundos, um pino I/O é utilizado para gerar um sinal que acionará um buzzer. Concomitantemente à situação anterior, o microconversor envia os dados para o PC via comunicação serial, onde o software desenvolvido criado para o projeto decodifica os sinais e exibe os em um gráfico representando o movimento.

3.1. Softwares utilizados para a realização do protótipo

Para a implementação das etapas de hardware, firmware e software, utilizamos os seguintes programas: Embarcadero RAD Studio XE2, uC/51 1.20.05, WSD 7.05.

O Embarcadero RAD Studio XE2, da Embarcadero Technologies, foi utilizado para a criação do software em linguagem C++. Este programa oferece um completo ambiente de programação com uma interface completamente visual no qual se pode programar simplesmente arrastando e soltando componentes no lugar desejado. Isso é um dos grandes benefícios do programa, tornando a sua manipulação mais simples e prática (Embarcadero Technologies, 2012).

O uC/51 da Wickenhauser Elektrotechnik, foi utilizado para a criação do firmware gravado no kit ADuC841. Trata-se de uma ferramenta de desenvolvimento na linguagem C para a família de micro-controladores 8051 (Wickenhäuser Elektrotechnik, 2005).

O WSD 7.05, da Analog Devices, foi utilizado para a gravação do *firmware* na memória *flash* do micro-controlador. É um programa de comunicação com o ADuC841 e através dele podem ser feitas opções de configuração, verificação e também baixar e rodar o programa no micro-conversor (Tavares et. Al, 2006).

3.2.1 Firmware

A programação do firmware foi realizada em linguagem “C” no programa JFE. Além do ADC e DAC, são utilizados vários periféricos do ADuC841 extras como, por exemplo, o Timer e a Comunicação Serial. Abaixo a figura 8 mostra um diagrama em blocos do Firmware implementado.

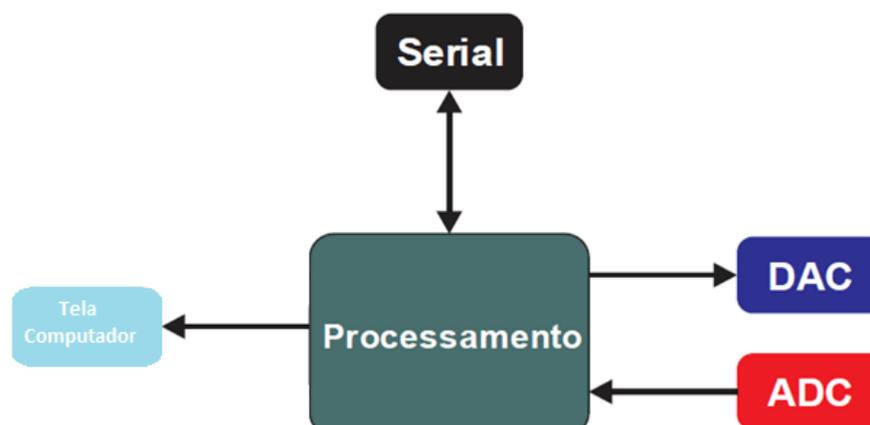


Figura 8 – Diagrama em blocos Firmware

O firmware possui as principais rotinas necessárias para o funcionamento do acelerômetro, bem como sua conexão com o PC.

O principal objetivo desse trabalho é monitorar a variação dos eixos, x, y, e z para futuramente implementar o programa em um monitor de respiratório. O firmware desenvolvido está representado no fluxograma abaixo:

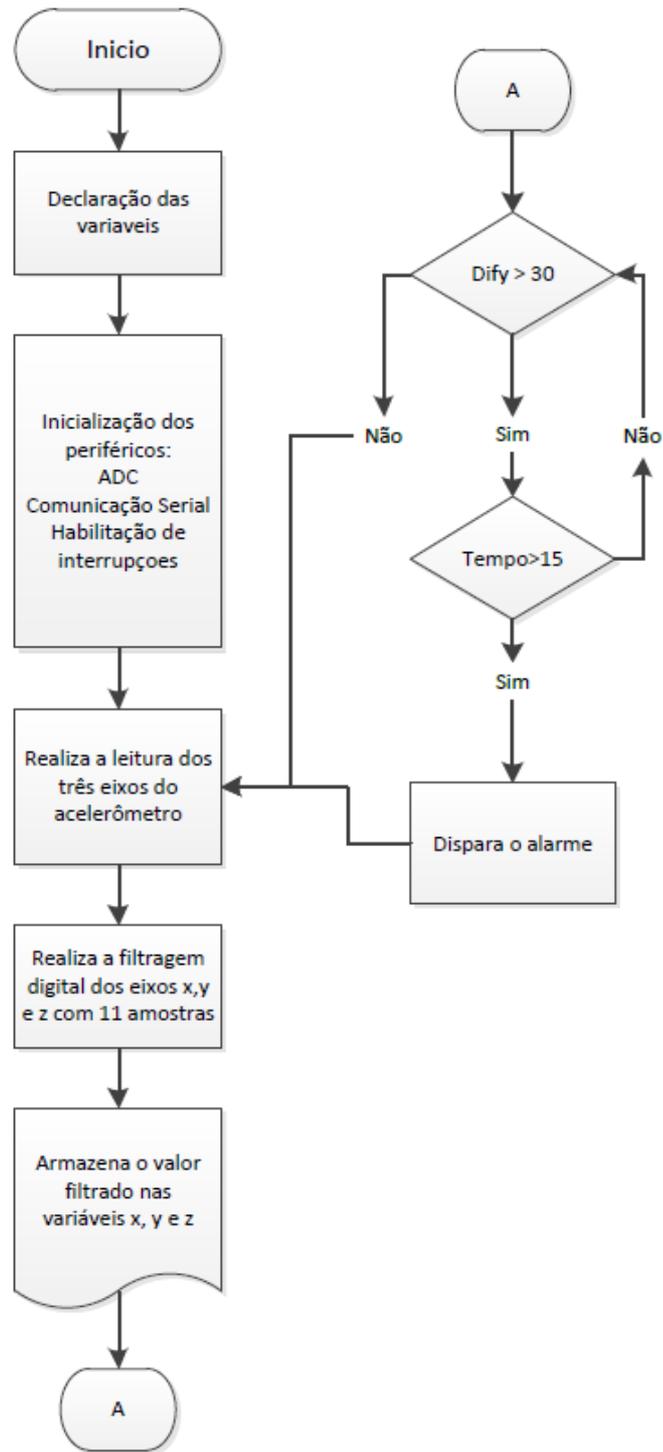


Figura 9 - Fluxograma do firmware

3.2.2 Software

O software criado para esse projeto foi escrito na linguagem de programação C++ na ferramenta C++ RAD Studio XE2, da Embarcadero Technologies. Seu funcionamento está descrito no fluxograma a seguir:

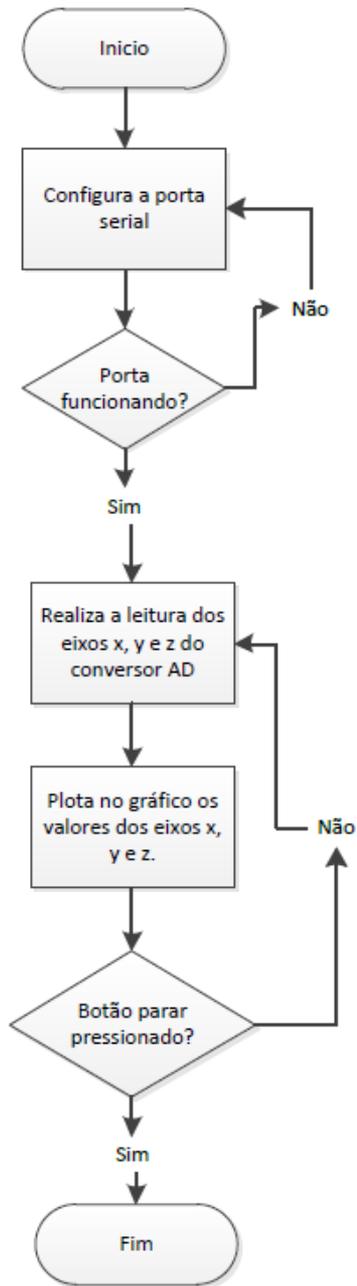


Figura 10 - Fluxograma do software

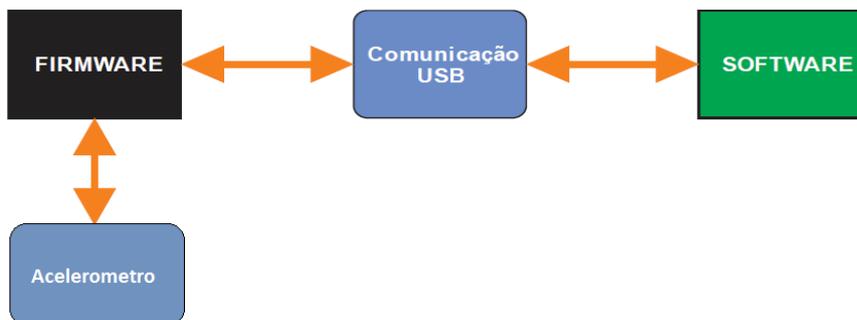


Figura 11: Diagrama em blocos da comunicação do firmware e do software

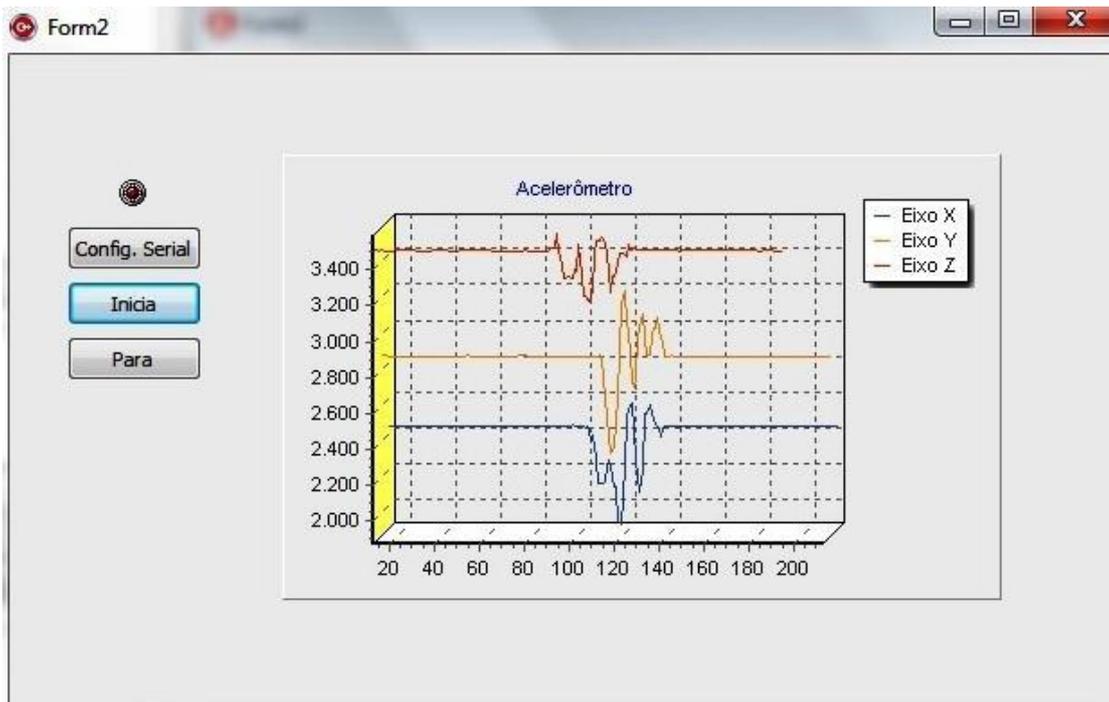


Figura 12: Interface gráfica desenvolvida no C++ RAD Studio XE2

4. Resultados

Os resultados obtidos ao longo deste projeto foram comprovados através das simulações realizadas, atendendo ao objetivo inicial que era monitorar os eixos do acelerômetro. Abaixo segue a imagem do protótipo e do software em funcionamento.

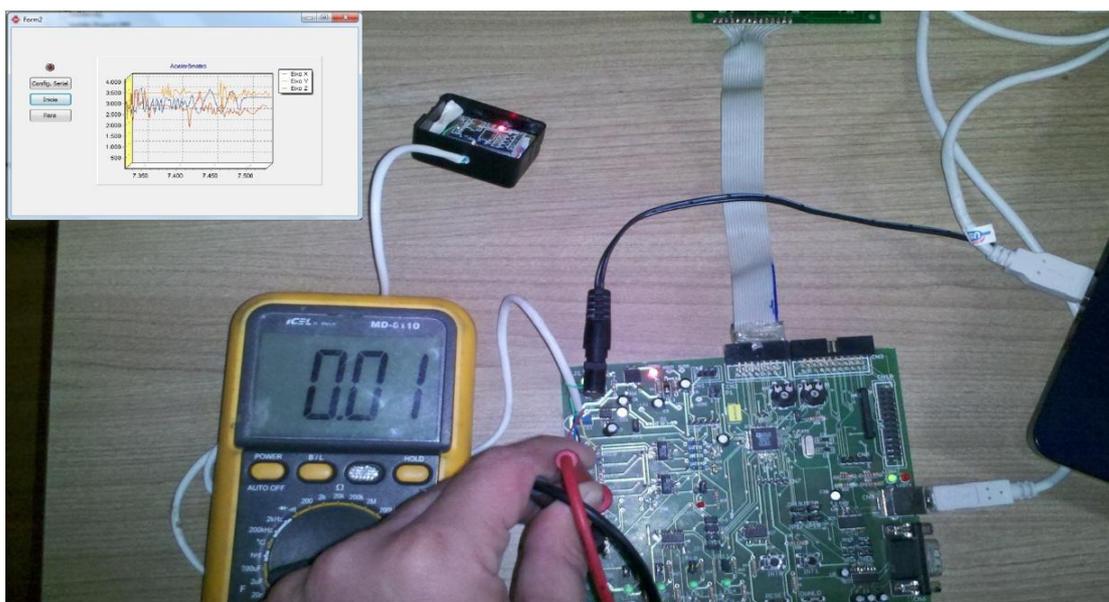


Figura 13 – Testes com movimento (Buzzer desativado)

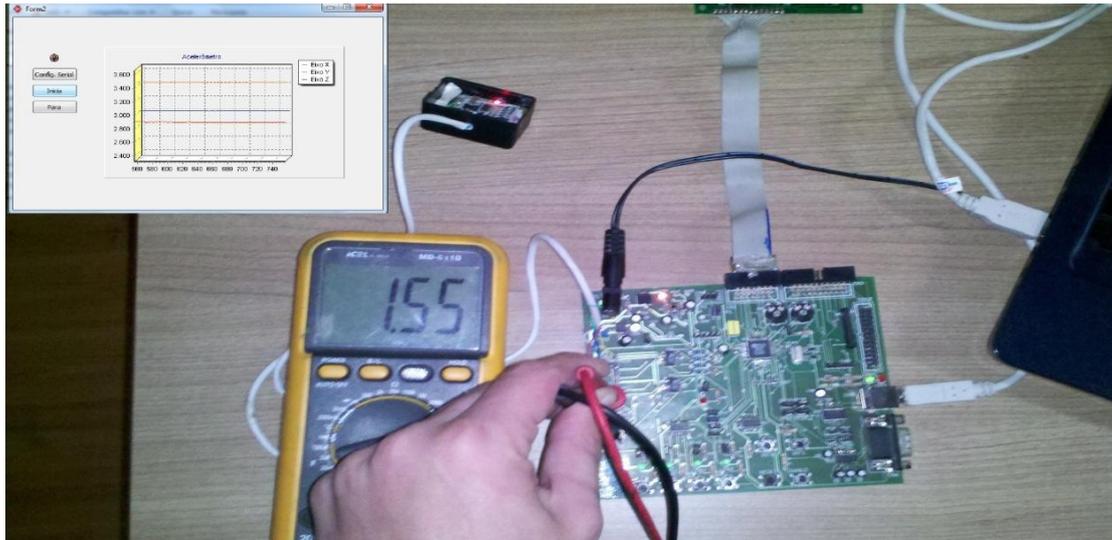


Figura 14 – Testes sem movimento por 15 segundos (Buzzer ativado)

5. Dificuldades encontradas e melhorias

Algumas dificuldades foram encontradas ao longo do projeto, onde cito as que mais nos tomaram o tempo. Primeiramente a leitura dos eixos que no início apresentava uma grande quantidade de ruídos, assim invalidando o projeto. Após alguns testes foi descoberto que o ruído era originado por uma falha de leitura da serial, então foi corrigido no software, assim apresentado o resultado final desejado.