

## Detecção de Passos

## Contents

<b>1</b>	<b>Sensor</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Processamento de Sinal</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Detecção de Passos</b>	<b>6</b>



## 1 Sensor

Para captarmos quando que o usuário dá um passo estaremos utilizando o sensor MPU6050, o qual apresenta um giroscópio e um acelerômetro embutidos.

### Acelerômetro

Um acelerômetro é capaz de determinar a aceleração gravitacional linear sofrida por um corpo em todas as 3 dimensões ( $x, y, z$ ). Como o usuário estará sempre na vertical a componente  $G_z$  (componente da aceleração gravitacional no eixo  $z$ ) terá variação mínima e insignificante para a detecção dos passos dados pelo usuário. Com isso temos a seguinte representação gráfica dos dados captados pelo MPU6050:

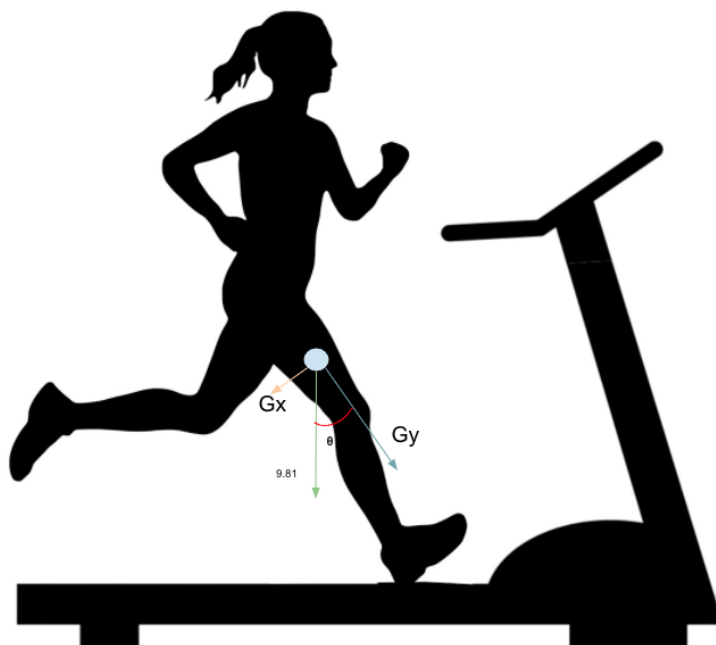


Figure 1: Figura ilustrando a decomposição vetorial da aceleração gravitacional

A partir dos dados presentes na imagem acima, sendo  $G_y$  e  $G_x$  os valores de aceleração retornados pelo acelerômetro, nós somos capazes de calcular o ângulo  $\theta$  pela utilização da relação trigonométrica 1:

$$\cos \theta = \frac{G_y}{9.81}$$

$$\theta = \arccos \frac{G_y}{9.81} \quad (1)$$

Tendo o valor de  $\theta$  e tendo a altura do usuário seremos capaz de determinarmos a distância percorrida pelo usuário pela meia passada dada. Com isso conseguimos somar duas meia passadas seguidas e achar o  $\Delta S$  de cada passo que o usuário dá.

## Giroscópio

O giroscópio embutido no MPU6050 é capaz de medir a velocidade angular  $\omega_{rad/s}$  que sofre nas três dimensões canônicas ( $x, y, z$ ), como mostra a figura 2.

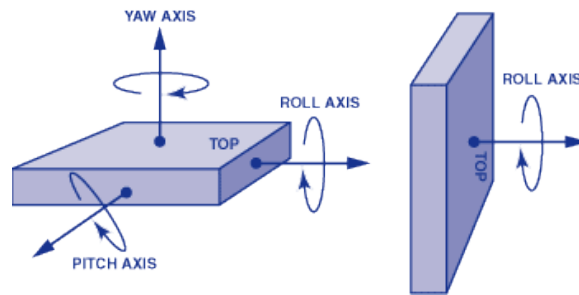


Figure 2: Figura Ilustrativa dos eixos de medição do MPU6050 no modo gyro.

Levando em consideração que o dispositivo estará localizado na parte lateral da perna do usuário com o giroscópio orientado de tal forma que o vetor *TOP* estará perpendicular ao vetor deslocamento (em outras palavras, que parte *TOP* do sensor estará apontando para “fora” da perna do usuário), conseguimos determinar o exato momento que o usuário dá uma passada pois sua aceleração angular do eixo  $z$  (rotação com o vetor *TOP* como eixo) terá passado por um máximo e estará no valor zero (pois é no exato momento que o movimento da perna muda de direção).

Em suma, para que o usuário de uma passada sua perna precisa fazer um movimento análogo à um pêndulo, que tem velocidade angular positiva no início (pois está indo na direção horário) e, quando chega no local onde sua perna está mais esticada e seu pé acaba de impactar o solo, tem velocidade zero, pois é no exato momento da mudança de direção. Somos então capazes de detectar (através do giroscópio), o momento exato onde essa aceleração angular é zero, e então computamos como um passo.

## 2 Processamento de Sinal

O sensor MPU6050 é extremamente sensível (como demonstra a imagem 3) o que se demonstra algo prejudicial para a aplicação em questão, pois resulta na contagem de falsos passos no cenário de possíveis choques mecânicos. A fim de evitar a ocorrência desses outliers serem contados como passos, será utilizado um método de *signal smoothing* chamado de “Gaussian Moving Average / Gaussian Filter”, que consiste de uma média ponderada móvel de 100 data points, tendo os valores de uma distribuição Gaussiana Normal como os pesos para a média. A vantagem desse método de processamento de sinal é sua relativa rapidez na velocidade de computação e, principalmente, o fato de que mantém as tendências do data set original. Implicando que podemos usar a derivação e outras ferramentas matemáticas sem que haja uma perda significativa na hora de sua interpretação.

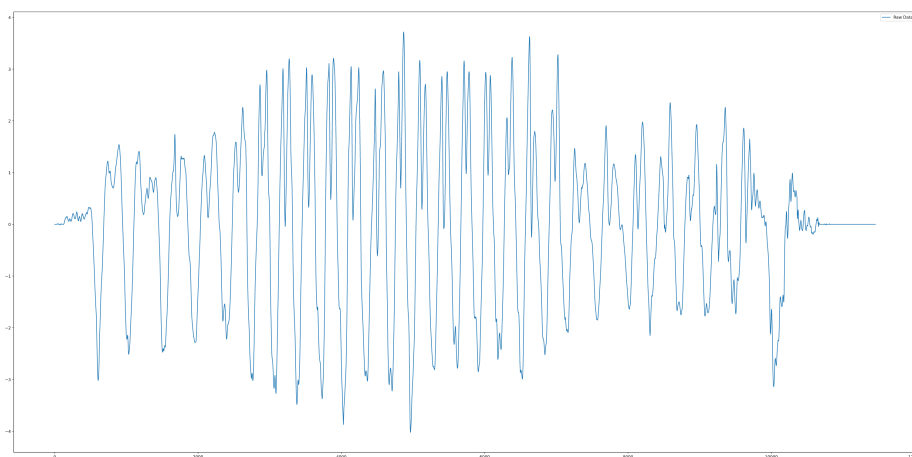


Figure 3: Gráfico  $G_x \times t(s)$  sem correção de sinal

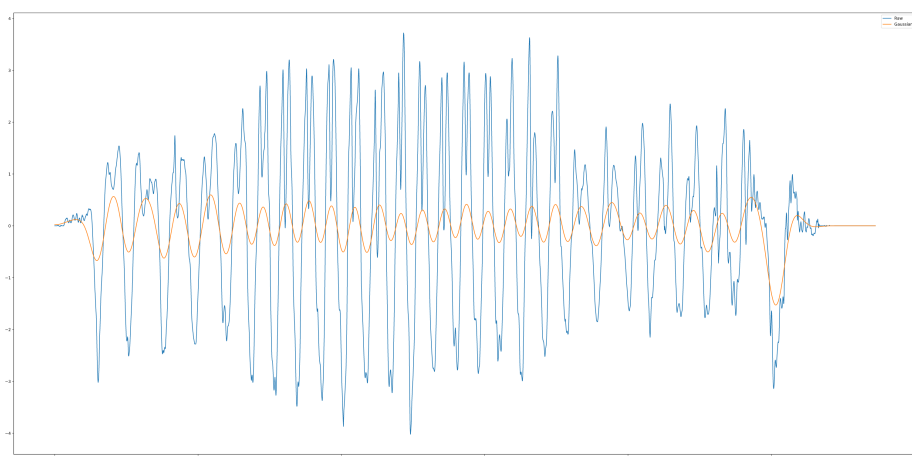


Figure 4: Gráfico  $G_x \times t(s)$  com correção de sinal (em laranja)

### 3 Detecção de Passos

Fazendo o estudo dos comportamentos dos valores de  $G_x$  (aceleração gravitacional no eixo  $x$ ) e de  $\omega_z$  (velocidade angular no eixo de rotação  $z$ ) retornados pelo MPU6050 vemos que, assim que o usuário está com sua perna na posição mais esticada (assim que ocorre o contato entre o calcanhar com o chão), temos que a componente  $G_x$  assume seu valor máximo e o valor de  $\omega_z$  é igual a zero. Tendo isso em mente, precisamos somente identificar quando  $G_x$  é um máximo local e  $\omega_z = 0$ , computar um passo dado, utilizar a equação 1 para calcular o ângulo  $\theta$  e, por conseguinte,  $\Delta S$  da passada.

Para detectarmos se  $G_x$  é um máximo local podemos simplesmente calcularmos a derivada  $G'_x$ . A derivada nada mais é do que a inclinação da reta tangente a um ponto de uma função (no caso da função  $G'_x(t)$ ). Quando a função  $G_x$  está no seu ponto máximo, a inclinação da reta tangente é igual a zero, em outras palavras:

$$G_x(t) = G_{x_{Max}} \iff G'_x(t) = 0 \quad (2)$$

No cenário onde o usuário está parado, todos os pré-requisitos listados acima estariam sendo contemplados e, mesmo com o usuário não se movimentando, passos estariam sendo computados. A fim de desconsiderarmos tais erros, foi estipulado um valor mínimo de threshold que a aceleração  $G_x$  deve assumir para que seja considerado um passo.