

Detecção de Passos

Contents

1	Sensor	3
2	Processamento de Sinal	5
3	Deteção de Passos	6



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:

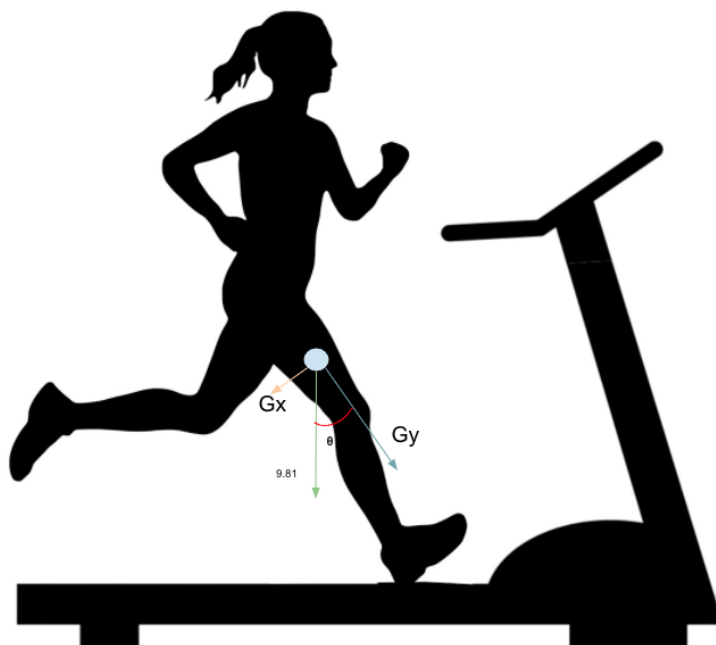


Figure 1: Figura ilustrando a decomposição vetorial da aceleração gravitacional

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 θ pela utilização da relação trigonométrica 1:

$$\begin{aligned}\cos \theta &= \frac{G_y}{9.81} \\ \theta &= \arccos \frac{G_y}{9.81}\end{aligned}\quad (1)$$

Tendo o valor de θ 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 ΔS 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.

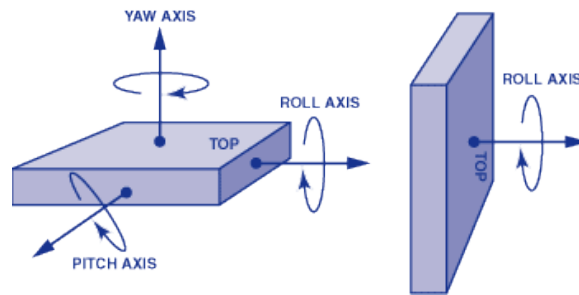


Figure 2: Figura Ilustrativa dos eixos de medição do MPU6050 no modo gyro.

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.

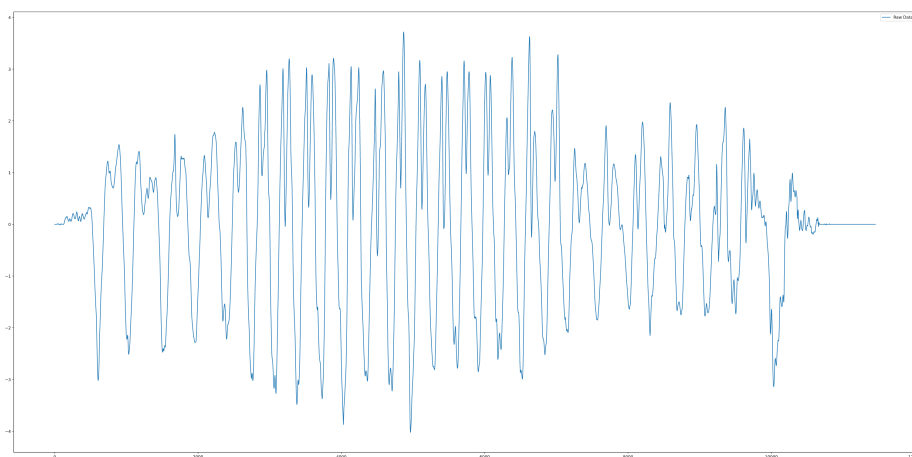


Figure 3: Gráfico $G_x \times t(s)$ sem correção de sinal

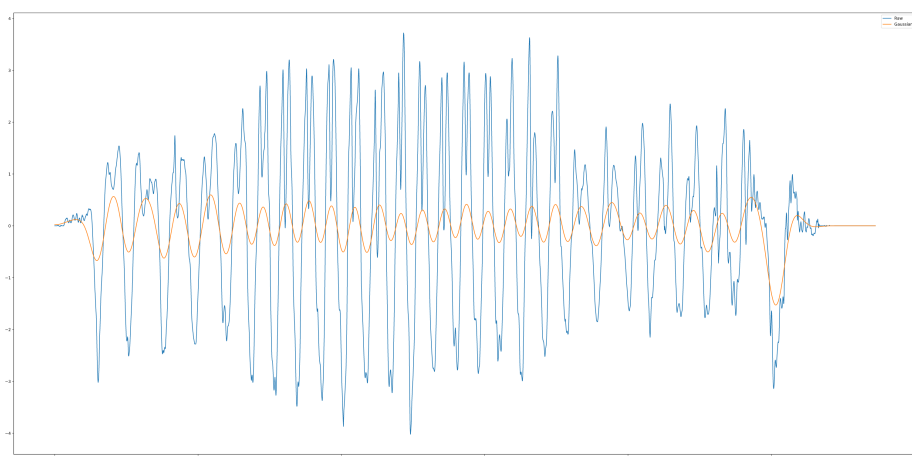


Figure 4: Gráfico $G_x \times t(s)$ com correção de sinal (em laranja)

3 Detecção de Passos

Fazendo o estudo dos comportamentos dos valores de G_x (aceleração gravitacional no eixo x) e de ω_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 ω_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 θ e, por conseguinte, ΔS 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.