

SENSORES DE ACELERAÇÃO E ORIENTAÇÃO USADOS PARA NAVEGAÇÃO DE VEÍCULO AUTÔNOMO SUBMARINO

Edicarla P. ANDRADE (1); Epitacio Kleber FRANCO NETO(2); Rejane C. SÁ (3); Daniel Henrique da SILVA (4); Antonio Themoteo VARELA (5)

(1) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceara, Avenida 13 de Maio, 2081 - Benfica, e-mail: edicarla.andrade@gmail.com

(2) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceara, Avenida 13 de Maio, 2081 - Benfica, e-mail: kleber1710@gmail.com

(3) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceara, Avenida 13 de Maio, 2081 - Benfica, e-mail: rejanecsa@gmail.com

(4) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceara, Avenida 13 de Maio, 2081 - Benfica, e-mail: dh.silva@ig.com.br

(5) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceara, Avenida 13 de Maio, 2081 - Benfica, e-mail: themoteo@gmail.com

RESUMO

O emprego de técnicas de controle para veículos submarinos envolve diversas questões de interesse prático e teórico. Neste trabalho, de caráter teórico, apresenta-se o estudo de um sistema que integra dois sensores, um de aceleração e um de orientação. O sensor de aceleração utilizado foi o modelo MMA7260QT e o de orientação foi a bússola eletrônica CMPS03, ambos mostrando atenderem as necessidades de navegação de um submarino autônomo. A integração destes sensores em uma plataforma inteligente propicia um controle satisfatório do submarino, podendo este ter o controle de seus movimentos em vários eixos. Como os sensores usados têm resposta satisfatória e em tempo hábil, conseguiu-se determinar a aceleração e a inclinação do veículo, além de sua atitude em relação à trajetória tomada, de modo instantâneo.

Palavras-chave: Acelerômetro, Bússola, Sistema de Navegação

1 INTRODUÇÃO

Os Veículos Autônomos Submarinos ou *Autonomous Underwater Vehicles* (AUVs) são dispositivos veiculares com autonomia para realizar operações por si só sem a interação humana, ou seja, ele é pré-programado para uma tarefa ou operação específica, depois é lançado ao mar e realiza o que foi programado para realizar. Alguns AUVs possuem um sistema computacional embarcado para tomada de decisões além de sistemas de aquisição de dados e percepção (realizada por sensores como acelerômetro e bússolas), sistema de atuação, comunicação (via ultra-som), geração de energia.

No desenvolvimento de veículos submarinos, devido à complexidade das adversidades encontradas, há muitas questões e problemas a serem tratados. Neste trabalho discute-se, um sistema de navegação para ser utilizado em Veículos Autônomos Submarinos, utilizando um acelerômetro triaxial e uma bússola digital.

A navegação é um dos aspectos mais importantes dos Veículos Subaquáticos, na medida em que qualquer utilização de um veículo deste tipo depende, grandemente, da capacidade de percorrer uma determinada trajetória, ou de saber o local em que está quando ocorre algum evento importante. Um grande problema da navegação resume-se a conseguir determinar, em cada instante, o ponto do espaço em que o veículo se encontra. Para tal finalidade, foram usados dois sensores distintos, um de aceleração e um de posição. Os acelerômetros são sensores inerciais utilizados em sistemas de navegação inercial para determinar as acelerações do veículo. Neste trabalho, também será abordado o uso do acelerômetro como inclinômetro,

fundamental para manter a estabilidade e linearidade do veículo. A bússola fornecerá a direção no espaço que o móvel está seguindo. Com os dados de aceleração e direção pode-se indicar o caminho que o móvel está seguindo.

2 DESCRIÇÃO DOS SENSORES

Sensores são dispositivos que mudam o comportamento quando submetidos à ação ou forma de energia, onde muitos são montados na forma de CIs (Circuito Integrado). São empregados em inúmeras aplicações na eletrônica em geral, principalmente, em sistemas de controle e regulação, instrumentação, processamento e geração de sinais ou de uma grandeza física, podendo fornecer diretamente ou indiretamente um sinal que indique esta grandeza. Robôs que trabalham inseridos em ambientes reais, estáticos ou dinâmicos, possuem sensores que lhes conferem a capacidade de adquirir informações sobre o modo como interagem com o ambiente em que operam, como também sobre o próprio estado interno.

2.1 Acelerômetro MMA7260QT

O acelerômetro usado foi o MEMS da Freescale Semiconductor, modelo MMA7260QT. Este é um sensor inercial, triaxial, que possui uma escala selecionável de $\pm 1.5g$, $\pm 2g$, $\pm 4g$ ou $\pm 6g$, opera numa gama de temperaturas entre -20° a 85° .

A tecnologia dos sistemas mecânicos microeletrônicos, MEMS, explora as propriedades eletrônicas do silicone para criar estruturas que se movem que, no caso dos sensores MEMS, detectam movimento (vibração e aceleração) em direções distintas. A família dos sensores MEMS inclui acelerômetros que detectam vibração e aceleração em um, dois ou até três eixos. O sensor MEMS de um acelerômetro linear é baseado numa estrutura em silicone, com interdigitações em forma de pente composta por dedos fixos e móveis. A aceleração é medida do deslocamento de elementos móveis que estão ligados aos eixos. O movimento medido pelo sensor é convertido então em um sinal analógico ou digital.

Este sensor possui um elemento sensetivo, capaz de sentir aceleração, e uma interface ASIC, capaz de transformar a informação proveniente do elemento sensetivo em sinal analógico, permitindo assim sua captação. É necessário salientar que a detecção da direção do sinal é imediata, em qualquer um dos três eixos, o que ajuda a perceber qual a direção do movimento, sem serem necessários quaisquer cálculos.

O diagrama de blocos e a descrição dos pinos do acelerômetro estão representados na figuras 1.

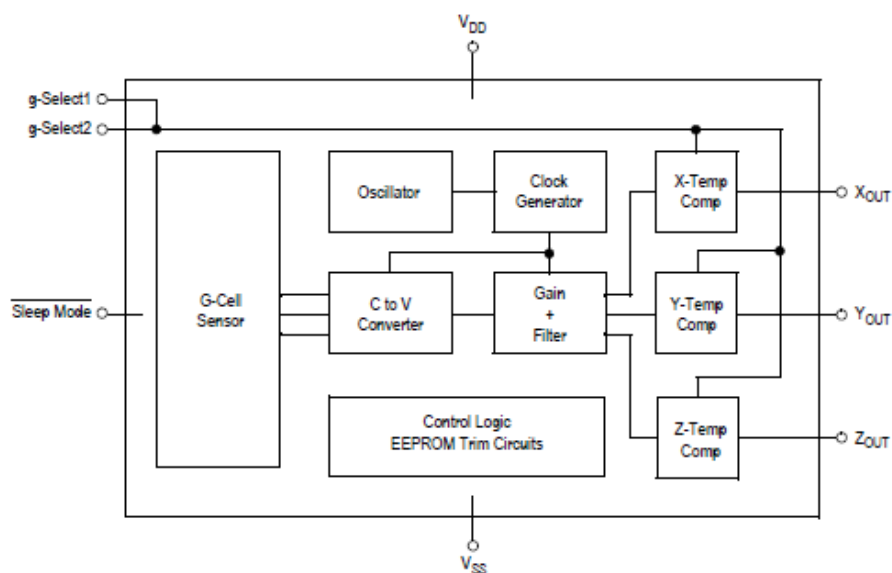


Figura 1-Diagrama de blocos simplificado do acelerômetro (Freescale Semiconductor, 2006)

O esquema da placa de desenvolvimento do acelerômetro tri-axial é mostrado na figura 2. O dispositivo pode ser alimentado diretamente através do pino Vcc, na faixa de 2,2 a 3,6 V. De modo alternativo, o circuito pode ser alimentado por tensões mais elevadas, até 16 V, utilizando o pino VIN que é conectado a um regulador de 3,3 V. Nesta configuração o pino Vcc pode servir como uma saída de referência de tensão ou como fonte de alimentação para outros dispositivos, até 50 mA, dependendo da tensão da alimentação.

Os pinos de seleção de sensibilidade GS1 e GS2 são conectados a resistores de *pull-up*, fazendo com que a sensibilidade padrão seja 6g. Estes pinos podem ser conectados a um terra por um microcontrolador ou através de jumpers. Para aplicações com microcontroladores de 5 V estas linhas não devem ser elevadas.

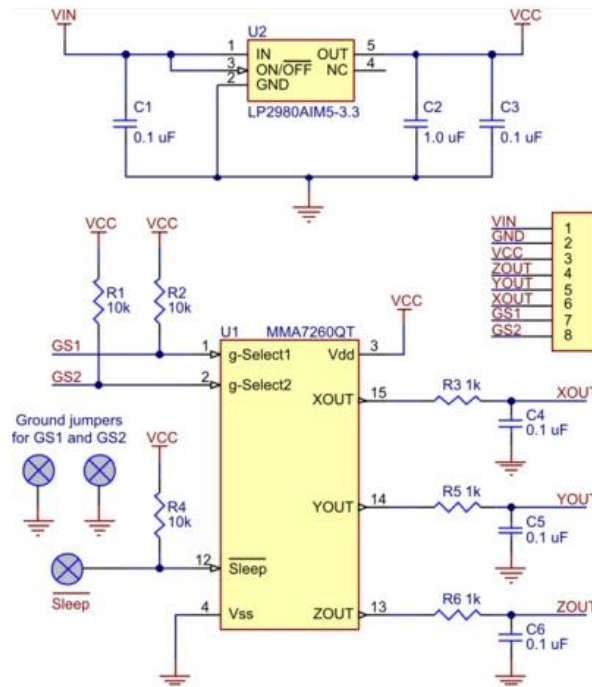


Figura 2 - Esquema para o acelerômetro triaxial (RobotShop)

2.2 Bússola eletrônica CMPS03

A bússola eletrônica CMPS03, figura 3, foi especialmente desenvolvida para ser utilizada em robôs como auxílio à navegação. Esta bússola apresenta uma saída digital que representa a direção que o robô está tomando. A bússola contém um microcontrolador PIC16F872 conectado a um sensor de campo magnético Philips CMPS03.

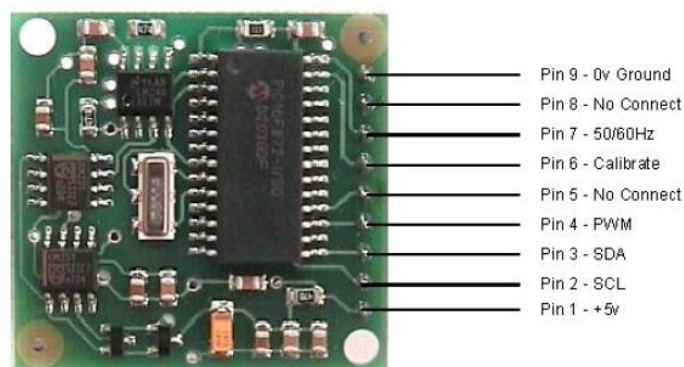


Figura 3 - Bússola CMPS03: placa contendo o PIC e o sensor Philips KMZ51.

Para seu funcionamento, o módulo da bússola requer a alimentação de 5 V com corrente nominal de 15mA. Há duas maneiras de se obter o valor fornecido pela bússola. Um sinal PWM é fornecido no pino 4, ou uma interface I2C é fornecida nos pinos 2 e 3.

O sinal PWM é um pulso de largura modulada positiva representando o valor do ângulo. A largura do pulso varia de 1 ms (0°) a 36.99 ms (360°), com uma precisão de 0,1°. O sinal permanece em baixo entre os pulsos por 65ms, assim o tempo de ciclo varia em 66 ms a 102 ms. O pulso é gerado por um timer de 16 bits no processador que dá uma resolução 1us.

Se a interface I2C não estiver sendo usada, então os pinos 2 e 3 devem ser conectados a um resistor de *pull-up*. Os resistores de 47 k são os mais indicados. Pino 6 é usado para calibrar a bússola. Pino 7 é um pino de entrada que seleciona a frequência de operação 50 Hz (baixa) ou 60 Hz (alta).

3 AQUISIÇÃO E MANIPULAÇÃO DOS DADOS PROVENIENTES DOS SENSORES

3.1 Acelerômetro MMA7260QT

Para realizar os testes no módulo do acelerômetro, um programa em linguagem C foi implementado. O acelerômetro utilizado contém três saídas analógicas que variam de 0 a Vcc. Para aplicações de 5 V a saída irá variar de 0 a 3,3 V. A saída de 3,3 V pode ser utilizada como referência para conversores de analógico para digital (ADC) para obtenção de leituras à escala completa. O programa desenvolvido lê as três entradas do acelerômetro e envia o resultado da conversão analógico-digital para ser mostrado no PC.

O acelerômetro pode ser utilizado de duas maneiras: uma das maneiras é utilizar como sensor de aceleração e a outra maneira é utilizar como inclinômetro.

Para converter o sinal em aceleração, utiliza-se uma escala obtida com os valores de saída de tensão selecionáveis pelos pinos GS1 e GS2, figura 4, monta-se uma tabela onde a variável de entrada será o valor fornecido em tensão. Assim, será estimado o valor da aceleração como também a direção que o veículo segue.

g-Select2	g-Select1	g-Range	Sensitivity
0	0	1.5g	800 mV/g
0	1	2g	600 mV/g
1	0	4g	300 mV/g
1	1	6g	200 mV/g

Figura 4 - Diagrama de seleção de tensão em GS1e GS2 (Freescale Semiconductor, 2006)

3.2 Bússola eletrônica CMPS03

Para realizar os testes no módulo da bússola, um programa em linguagem C foi implementado. O sinal da bússola é transmitido por PWM, assim foi utilizada a interrupção externa do microcontrolador PIC 18F452. O programa consiste basicamente em calcular o tempo em que o sinal emitido pela bússola permanece em alto e depois fornecer o valor do ângulo em graus. A conversão do tempo para ângulo é feita pela equação:

$$\text{Angulo} = (\text{Tempo} - 1) * 10; \quad [\text{Eq. 01}]$$

4 TESTES E RESULTADOS

No início dos testes foi utilizado o programa Docklight® para verificar a respostas do circuito de amostragem dos sensores em um PC.

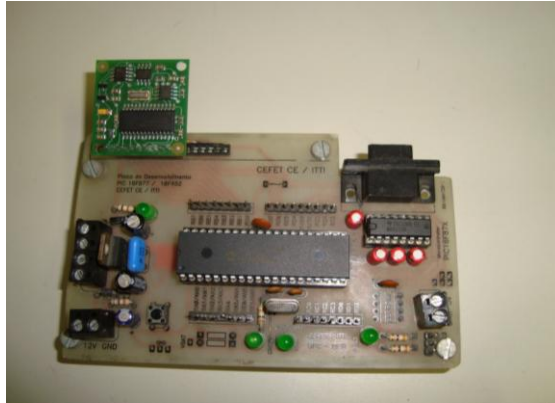


Figura 5 – Circuito responsável pela amostragem dos sensores.

Observa-se que os dados são coerentes e proporcionais à aceleração da gravidade, como podem ser vistos na figura 6. As diferenças entre os eixos são devidas a erros nas inclinações atribuídas aos eixos utilizados, já que não houve preocupação com a precisão destas inclinações, por se tratar de um teste essencialmente inicial e qualitativo. A partir dos valores de tensão fornecidos, pode-se estimar a aceleração do móvel por meio de equações que relacionam diretamente o valor de tensão com o da aceleração.

Os valores fornecidos pela bússola mostram a direção, por meio de ângulos, que está o veículo em relação ao eixo norte da terra (figura 7).

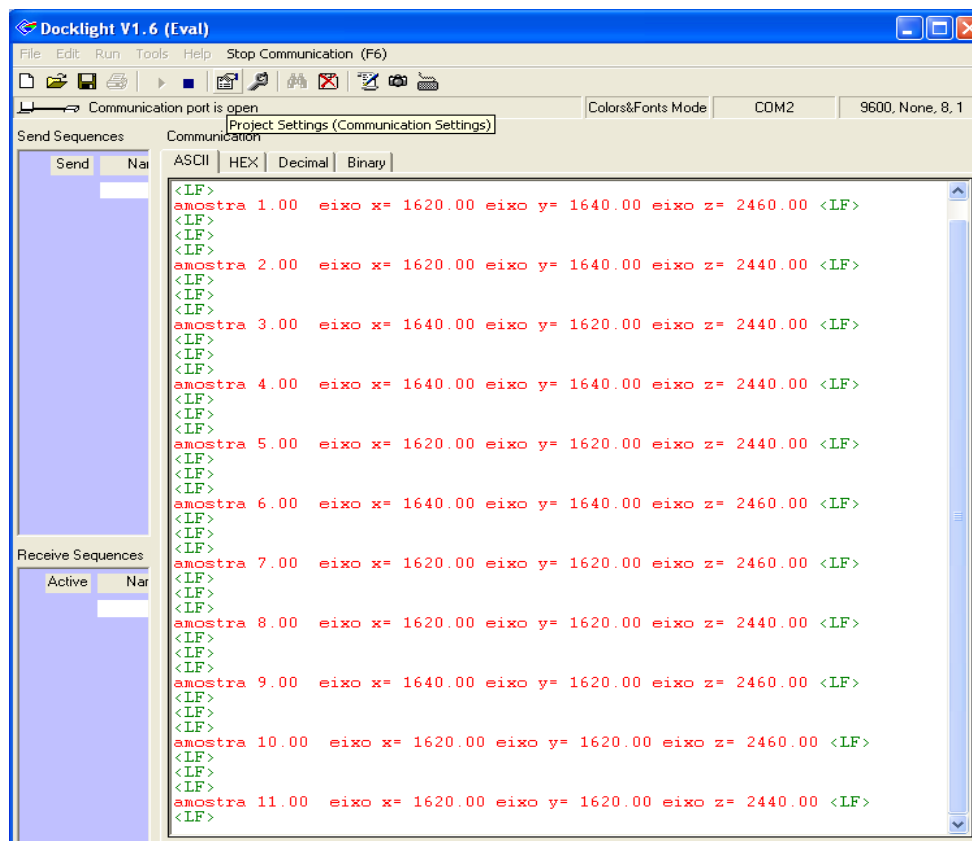


Figura 6 -Valores de tensão fornecidos pelo acelerômetro em repouso vista em um PC em mV.

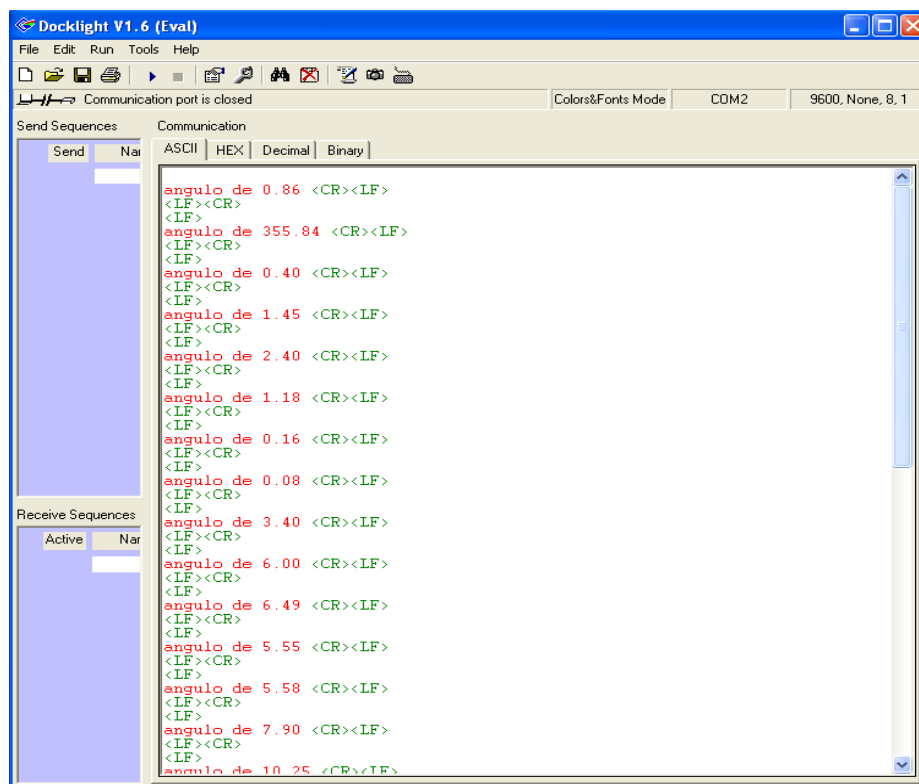


Figura 7 – Amostras de ângulo da bússola vista em um PC em graus.

Neste trabalho foi apresentada uma junção de sensores voltada para orientação, que permitirá a um submarino tomar decisões no re-planejamento e correção de sua trajetória. Para tanto, foram utilizadas informações de orientação, aceleração e inclinação vindo dos sensores.

Nos experimentos realizados foram determinados algumas deficiências apresentadas pelos sensores e implementadas no algoritmo de fusão dos sensores, que integrou os sensores de modo a manter sempre na mesma posição. Para tal estudo e pesquisa não foram consideradas situações imprevistas pelo submarino, podendo tais situações serem previstas em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

FREESCALE Semiconductor. Technical Data: $\pm 1.5g$ - 6g Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer MMA7260QT 2006. Disponível em:

<http://www.pololu.com/file/download/MMA7260QT.pdf?file_id=0J87>. Acesso em 26 mai 2010.

ROBOTSHOP. Pololu MMA720QT 3-Axis Accelerometer. 2009. Disponível em:

<<http://www.robotshop.ca/content/PDF/rb-pol-48-datasheet.pdf>>. Acesso em 26 mai 2010.