

УДК 519.876.5

В.Я. Бычков – студент 5го курса, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

А.В. Рубцов – студент 5го курса, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Т.В. Гордяскина – доцент кафедры радиоэлектроники, к.ф.-м.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

С.В. Перевезенцев – доцент кафедры радиоэлектроники, к.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

О ПЕРВОМ ОПЫТЕ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

Ключевые слова: системы управления, платформа Arduino, датчики.

Рассматривается пример реализации интеллектуального датчика, используемого для определения параметров движения судна на базе модуля MPU-92/65 платформы Arduino.

В современном высокотехнологичном производстве возникает потребность в реализации систем, обеспечивающих его безопасность, снижающих побочные эффекты производственных процессов (утилизация отходов производства), а также обеспечивающих быстрое обнаружение и ликвидацию различных аварий. При этом очень важно отметить тот факт, что данные требования относятся ко всем сферам человеческой деятельности. Так, к примеру, обеспечение безопасности судоходства, его вредного влияния на экологию, относится к тому же классу задач автоматического управления, что решаются на промышленных предприятиях.

Примером систем, выполняющих задачи обеспечения безопасности морских и речных перевозок (пассажирских и грузовых), служат системы помощи судоводителю [1,2,3,4]. Для создания таких систем необходимы сведения о большом количестве параметров движения судна, при этом нужно учитывать, как внутренние составляющие (собственная скорость, ускорение по всем трем координатам и т.д.), так и внешние (волнение, течение, ветер, различные преграды). Все измерения этих переменных проводятся с помощью различных датчиков. Рассмотрим методы разработки интеллектуального датчика на базе модуля MPU-92/65, позволяющего получить информацию о параметрах движения судна.

Модуль MPU-92/65 с интегрированным датчиком MPU-6000 изображен на рисунке 1. Микросхема данного датчика выполнена по технологии МЭМС (микро-электромеханические сенсоры) и содержит на своем кристалле три основных устройства: трехосевые гироскоп, акселерометр и магнитометр.

Рассмотрим основные характеристики и функционирование датчика на примере акселерометра – устройства, регистрирующего линейное ускорение; и гироскопа – регистрирующего угловую скорость. На рисунке 2 приведена часть технических характеристик модуля MPU-92/65.

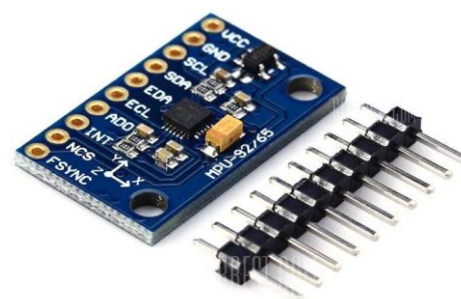
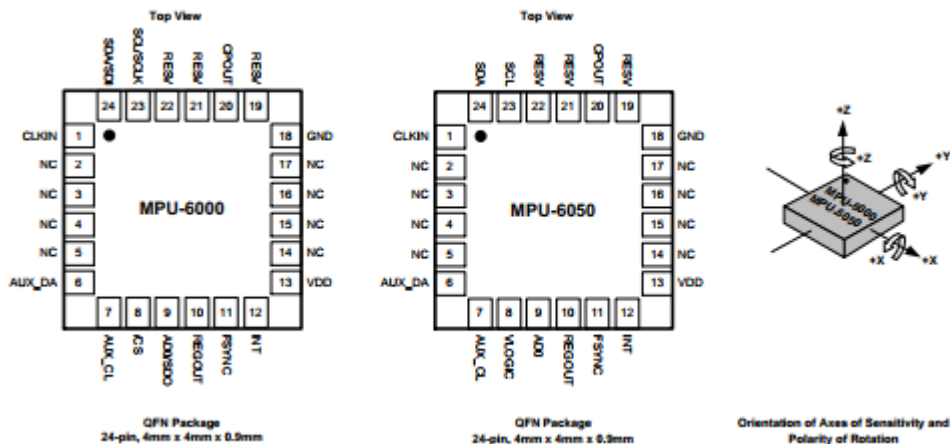


Рис. 1. Модуль MPU-92/65

Part / Item	MPU-6000	MPU-6050
VDD	2.375V-3.46V	2.375V-3.46V
VLOGIC	n/a	1.71V to VDD
Serial Interfaces Supported	I ² C, SPI	I ² C
Pin 8	/CS	VLOGIC
Pin 9	AD0/SDO	AD0
Pin 23	SCL/SCLK	SCL
Pin 24	SDA/SDI	SDA



PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
ACCELEROMETER SENSITIVITY						
Full-Scale Range	AFS_SEL=0 AFS_SEL=1 AFS_SEL=2 AFS_SEL=3		±2 ±4 ±8 ±16		g g g g	
ADC Word Length	Output in two's complement format		16		bits	
Sensitivity Scale Factor	AFS_SEL=0 AFS_SEL=1 AFS_SEL=2 AFS_SEL=3		16,384 8,192 4,096 2,048		LSB/g LSB/g LSB/g LSB/g	
Initial Calibration Tolerance			±3		%	
Sensitivity Change vs. Temperature	AFS_SEL=0, -40°C to +85°C		±0.02		%/°C	
Nonlinearity	Best Fit Straight Line		0.5		%	
Cross-Axis Sensitivity			±2		%	
ZERO-G OUTPUT						
Initial Calibration Tolerance	X and Y axes Z axis		±50 ±80		mg mg	1
Zero-G Level Change vs. Temperature	X and Y axes, 0°C to +70°C Z axis, 0°C to +70°C		±35 ±60		mg mg	
SELF TEST RESPONSE						
Relative	Change from factory trim	-14		14	%	2
NOISE PERFORMANCE						
Power Spectral Density	@10Hz, AFS_SEL=0 & ODR=1kHz		400		µg/√Hz	
LOW PASS FILTER RESPONSE						
	Programmable Range	5		260	Hz	
OUTPUT DATA RATE						
	Programmable Range	4		1,000	Hz	
INTELLIGENCE FUNCTION INCREMENT			32		mg/LSB	

Рис.2. Информация о датчике из документации

Микросхема MPU-60X0 настраивается под решение конкретной задачи. Для работы с акселерометром используется высокий уровень точности (16385 пунктов на 1g). Полученные показания акселерометра принимаются через I²C интерфейс и обрабатываются с помощью Arduino. На рис. 3 представлено фото собранного макета интеллектуального датчика на платформе Arduino.

При исследовании макета с интеллектуальным датчиком проведены лабораторные испытания при 1) перемещении датчика в пространстве и 2) неподвижном датчике, установленном на горизонтальной поверхности. Результаты измерений последнего эксперимента, полученные с акселерометра по всем трем осям, представлены на рис.4, 5.

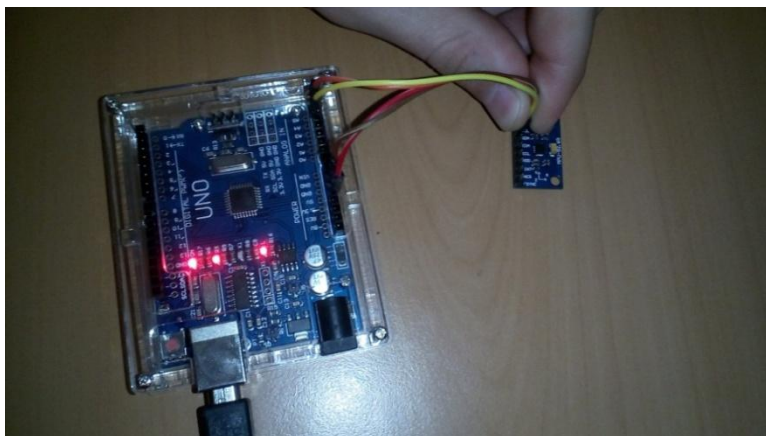


Рис 3. Датчик, подключенный к Arduino

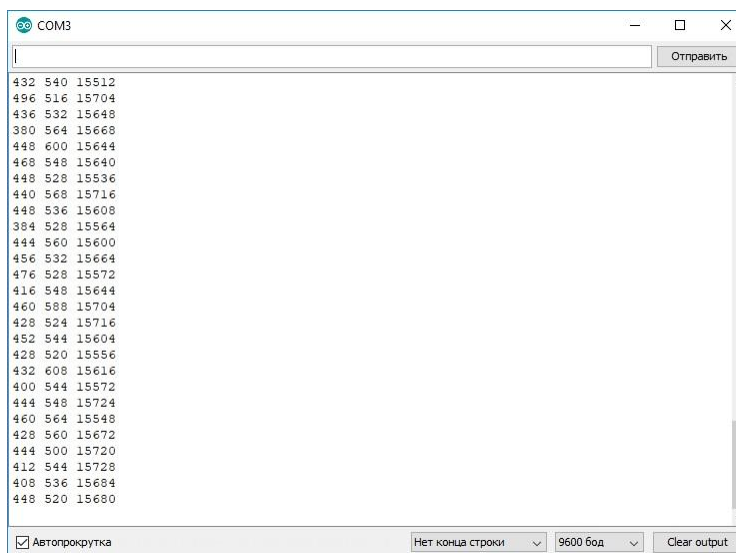


Рис.4. Показания акселерометра

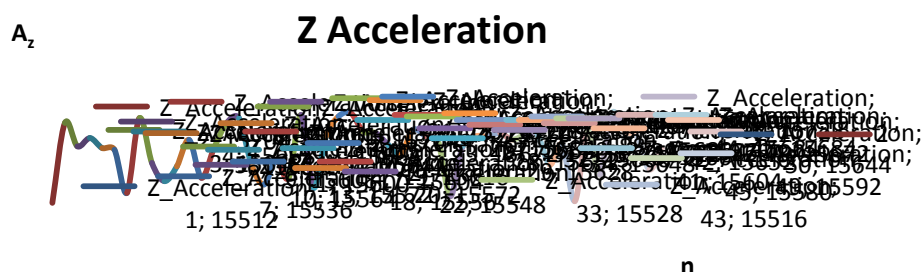
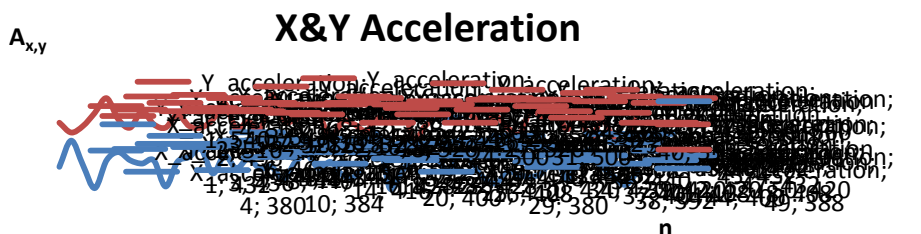


Рис.5. Измерения ускорений по осям OX, OY(a) и оси OZ(б)

На рис.4, 5 видно, что полученные данные имеют систематическую погрешность в виде постоянной составляющей по всем осям и случайную погрешность в виде флуктуаций относительно постоянной составляющей.

Для устранения систематической погрешности перед началом измерений необходимо провести калибровку акселерометра (получить по осям OX, OY, OZ значения $A_x=0$, $A_y=0$, $A_z=16384$ соответственно, так как на акселерометр действует только сила тяжести $F_T=1g$ по оси OZ).

Для устранения случайной погрешности необходима статистическая обработка полученных данных. Наилучшим решением данной проблемы является использование фильтра Калмана (1). Данный метод позволяет получить готовые параметры ускорения не только при вибрациях, но и при движении управляемого объекта. Фильтр Калмана часто используется для обработки показаний различных датчиков, так же это касается и программной части Arduino, для которой написано множество библиотек для работы с фильтром Калмана.

$$X(t) = (1 - k) * X(t - 1) + k * Y(t), \quad (1)$$

где k – коэффициент фильтра ($\sim 0.01 \div 0.05$), X – результат обработки значения фильтром Калмана, Y – измеренное значение, (t) – текущий момент выборки измеренного значения, $(t - 1)$ – предшествующий момент выборки.

После статистической обработки показаний датчика можно приступить к вычислению вектора ускорения $A_{x,y}$. Для этого нами была разработана методика его вычисления (2). Так как нас интересует линейное ускорение в плоскости XOY (вдоль поверхности реки), показания акселерометра по оси Z можно не учитывать. В целях удобства для судоводителя угол ускорения откладывается от 0 до 180° по левому борту и от 0 до -180° по правому. Так же, сняв показания по оси Z с гироскопа, можно получить данные об угловой скорости вращения судна G_z . Это позволит определить, как движется судно (рис. 6).

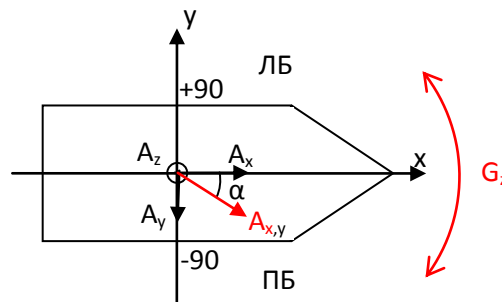


Рис. 6

На рисунке 6: ЛБ – левый борт; ПБ – правый борт; α – угол отклонения вектора ускорения $A_{x,y}$ от главной оси судна в плоскости XOY; A_x, A_y, A_z – показания акселерометра по осям X, Y, Z; G_z – показания гироскопа по оси Z.

Если $sign(A_y) = 0$ и $A_x < 0$
 $\alpha = \pi$

Иначе:

$$\alpha = sign(A_y) * \left(\pi + sign(A_y) * arctg \left(\frac{A_y}{A_x} \right) \right) mod \pi. \quad (2)$$

Дальнейшее совершенствование интеллектуального датчика заключается в добавлении в его структуру модуля GPS. Это позволит получить дополнительные параметры: курс, линейную скорость и координаты судна.

Лабораторные исследования показали возможность проведения натуральных экспериментов с интеллектуальным датчиком на основе модулей MPU-92/65 и GPS на

реальном судне. После проведения натурного эксперимента и сбора данных станет возможным доработка алгоритма обработки данных.

Список литературы:

- [1]. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Адаптивный алгоритм удержания судна с колесным двигателем на курсе – Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 43. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – с.47-56
- [2]. Галкин Д.Н., Итальянцев С.А., Плющаев В.И. Компьютеризованная система управления пассажирским колесным теплоходом – Речной транспорт (XXI век). Москва. № 6. 2014 – с.29-31
- [3]. Грошева Л.С., Плющаев В.И., Соловьев Д.С. Моделирование динамики судна с колесным движительно-рулевым комплексом с учетом ветрового воздействия – Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2013. № 2. С. 17–22.
- [4]. Плющаев В.И. Система контроля и передачи судовых технологических параметров береговым службам – Автоматизация и современные технологии, Москва, №2, 2012. С. 37-39.

ABOUT THE FIRST EXPERIENCE OF CREATION OF INTELLIGENT SENSORS FOR SYSTEM IMPLEMENTATION SHIP MANAGEMENT

V.Y. Bychkov, A.V. Rubtsov, T.V. Gordyaskina, S.V. Perevezentsev

Key words: Control systems, Arduino platform, sensors.

An example of the implementation of the intelligent sensor used to determine vessel motion parameters is considered on the basis of module MPU-92/65 of Arduino platform.