

Обработка выходного сигнала микроэлектромеханического гироскопа

Ло Ван Хао

Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры ТПС
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: lovanhao.pro@gmail.com

МЭМС гироскопы – это устройства, способные измерять угловые скорости подвижных объектов. Термин «гироскоп» впервые введен французским ученым Ж.Фуко в его докладе в 1852 году во Французской Академии Наук. Доклад был посвящен способам экспериментального обнаружения вращения Земли в инерциальном пространстве, что и обусловило название «гироскоп» [1]. Благодаря развитию науки и техники были созданы различные типы гироскопов. В настоящее время гироскопы играют главную роль для решения задачи определения направления в пространстве. Они также широко применяются в различных областях с целью стабилизации положения объекта в пространстве.

Прогресс в микроэлектромеханических системах (МЭМС) позволил разработать миниатюрные дешёвые гироскопы, которые все чаще используется в биомедицинских приложениях, в системах навигации роботов, в микрохирургических инструментах. В этой статье будем рассматривать МЭМС гироскоп типа L3G4200D.

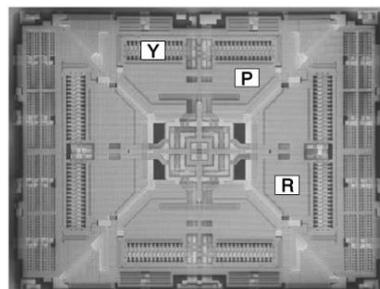
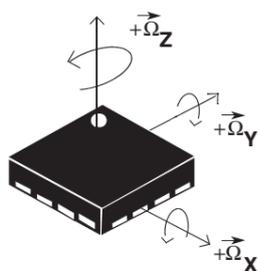


Рисунок 1- Гироскоп L3G4200D

Гироскоп L3G4200D является цифровым трёхосевым гироскопом с низким энергопотреблением, изготовленным по МЭМС-технологии, разработанной STMicroelectronics. L3G4200D работает на основе принципа Кориолиса. На рисунке 1 показана внутренняя конструкция L3G4200D: Y, P и R обозначают чувствительные массы для режимов рыскания, тангажа и крена. M1, M2, M3 и M4 (рисунок 2) являются четырьмя частями движущей массы. При наличии угловой скорости вокруг Z-оси, за счет эффекта Кориолиса массы M2 и M4 будут двигаться в противоположных направлениях, как показано красными и желтыми стрелками на рисунке 2.

При наличии угловой скорости вокруг X-оси массы M1 и M3 будут двигаться вверх и вниз из-за эффекта Кориолиса. При угловой скорости вокруг Y-оси массы M2 и M4 будут двигаться вверх и вниз. Непрерывное движение движущей массы вызовет изменение емкости ΔC , которое преобразуется в сигнал напряжения [1].

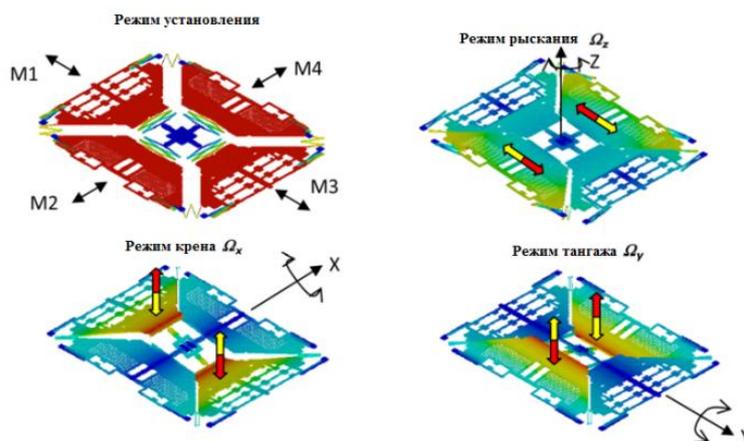


Рисунок 2 - Принцип работы гироскопа L3G4200D

Напряжение, пропорциональное действующей угловой скорости, затем преобразуют в 16-битном цифровом формате и сохраняют во внутренних регистрах данных. Внешние микропроцессоры могут получить доступ к этим регистрам данных через I2C или SPI интерфейсы [2] (рисунок 3).

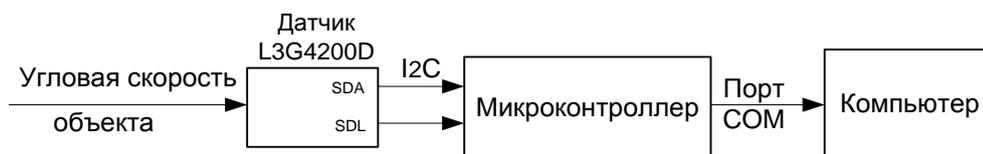


Рисунок 3 - Принципиальная схема для получения сигнала на выходе гироскопа

В процессе эксплуатации гироскоп L3G4200D может измерять угловые скорости вокруг трёх осей. Практика показывает, что полученные значения довольно шумные. Самое главное, что они в «неправильной» системе координат. Это объясняется тем, что каждый датчик имеет: смещение нуля, нестабильный масштабный коэффициент и шум в сигнале [4].

Выходной сигнал гироскопа L3G4200D в определенном температурном диапазоне можно представить формулой (1) [3]:

$$y(t)_i = K_i \cdot \omega(t)_i + \omega_{Cni} + N(t)_i, \quad (1)$$

где $y(t)$ - выходной сигнал гироскопа; K - масштабный коэффициент; $\omega(t)$ -истинный сигнал; ω_{Cn} - смещение нуля (систематическая погрешность) (рад/сек); $N(t)$ - белый шум, который снижает точность измерения гироскопа, i - обозначает отметки трёх осей Ox , Oy , Oz .

Из модели (1) видно, что существует выходная ошибка в измерении угловой скорости. Две составляющие сигнала: смещение нуля ω_{Cn} и белый шум $N(t)$ являются лишними, измеряемая угловая скорость на выходе датчика не является истинной. Для сокращения этой погрешности предлагается применять калибровку и фильтрацию выходного сигнала. С помощью калибровки можно определить значения смещения нуля на осях и параметрические масштабные коэффициенты датчика. Для уменьшения белого шума в сигнале применяется фильтр Калмана.

Для проверки теоретических положений был собран экспериментальный макет, который включает в себя гироскоп L3G4200D, плату Freeduino с микроконтроллером Атмега 168 и порт COM4, соединенный с компьютером (рисунок 4). Фильтр Калмана реализован на

ПК. В экспериментальных исследованиях гироскоп поворачивали вокруг трёх осей и анализировали выходной сигнал.



Рисунок 4 - Экспериментальный макет гироскопа



Рисунок 5 - Угловой сигнал при вращении платы с датчиком вокруг оси OX

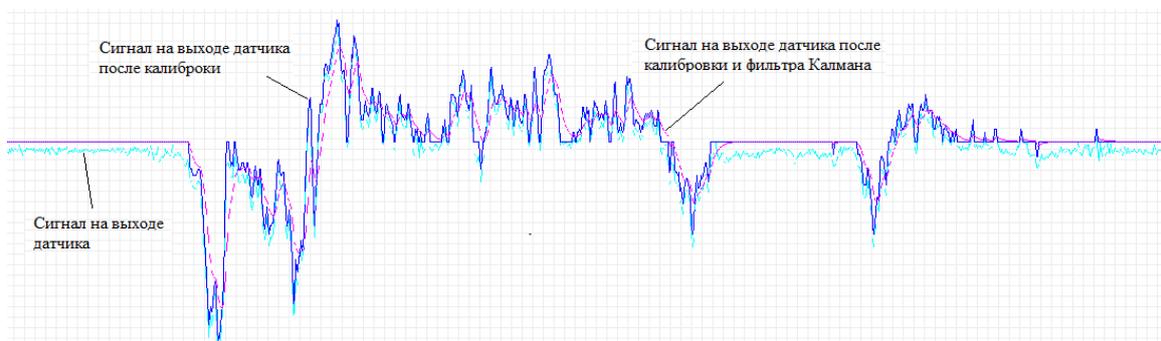


Рисунок 6 - Угловой сигнал при вращении платы с датчиком вокруг оси OY



Рисунок 7 - Угловой сигнал при вращении платы с датчиком вокруг оси OZ

Из рисунков 5, 6, 7 видно, что выходной сигнал гироскопа после калибровки и фильтрации становится более гладким с меньшим уровнем шумов. В работе были

достигнуты следующие цели: рассмотрена внутренняя структура, исследован принцип работы гироскопа L3G4200D и представлен выходной сигнал в виде математического выражения. Построена экспериментальная установка и проведена обработка выходных сигналов гироскопа при его поворотах вокруг трёх осей OX, OY, OZ (рисунки 5, 6, 7).

Список литературы:

1. Гироскоп [Электронный ресурс] - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/гироскоп>, режим доступа - свободный.
2. Everything about STMicroelectronics' 3-axis digital MEMS gyroscopes/ STMicroelectronics group of companies, © 2011 STMicroelectronics. 40 p.
3. An Optimal Calibration Method for a MEMS Inertial Measurement Unit/ Bin Fang, Wusheng Chou and Li Ding, Received 14 Aug 2012; Accepted 10 Dec 2013. 14 c.
4. Обработка данных MEMS-акселерометра [Электронный ресурс] - URL: http://catethysis.ru/mems_accelerometer_calibrating/, режим доступа - свободный.

Мобильные роботы

Мамытов Н.Г.

Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры ТПС
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ngm2@tpu.ru

На сегодняшний день тема создания и моделирования роботов является актуальной, т.к. с каждым днём растёт процент автоматизированных комплексов на заводах и предприятиях. Роботы все чаще выполняют разнообразные монотонные работы, тем самым снижая риск человеческого фактора на производстве. Но скоро к мобильным роботам будут предъявляться новое требование - универсальность, т.е. робот должен будет не только выполнять определенный небольшой набор заданий, но перемещаться по заводу, адекватно реагировать на изменения в окружающей среде.

Повышение качества продукции одновременно с уменьшением серийности и частым изменением выпускаемых моделей изделий является трендом современного рынка. Выполнение этих условий невозможно без развития автоматизации технологических производственных процессов. В ряде ключевых технологий, например, в сварке, лазерной обработке, термической резке, окраске, дальнейшее развитие возможно только с применением технологических роботов. Это в свою очередь увеличивает конкурентоспособность выпускаемой продукции в мире.

Робототехника широко используется в разных отраслях, например, автопилоты. Их внедряют в автомобильную отрасль. Робот со временем заменит водителя и будет исполнять роль «извозчика». Для того чтобы робот мог исполнять эту задачу, мы должны решить проблему навигации мобильных роботов. Чтобы они могли адекватно реагировать на внешние факторы, без вмешательства человека.

Появлением таких умных роботов окажет огромное влияние на социально – экономическую обстановку. Физический труд человека будет менее востребован, человек начнет делать то, что ему нравится, т.е. творчество будет основным доходом будущей системы.

Обзор систем навигации мобильных роботов

В настоящее время наиболее распространены следующие 4 подхода к оценке перемещения: использование энкодеров; использование инерциальных измерительных приборов; визуальная одометрия; отслеживание перемещения с помощью GPS или ГЛОНАСС;