

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТОТИПА ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА CH32V307

Лавров А. А., Лупин А. В., Малышев И. А., Кузнецов К. С.
Высшая школа компьютерных технологий и информационных систем
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, Россия

E-mail: {lavrov_aa, lupin_av, malyshev_ia}@spbstu.ru, kuznetsov.ks@edu.sbpstu.ru

В работе представлены результаты разработки и исследования инерциальной навигационной системы (ИНС), использующей микроконтроллер CH32V307 архитектуры RISC-V и микроэлектромеханические системы (МЭМС) инерциальных датчиков. Предложена структура стенда для исследования характеристик ИНС. Приведены результаты оценки времени автономной работы ИНС при различных траекториях перемещения.

ВВЕДЕНИЕ

Инерциальные навигационные системы (ИНС), выполненные на основе микроэлектромеханических (МЭМС) инерциальных измерительных модулей (ИИМ), используются совместно со спутниковыми навигационными системами и образуют вместе с ними интегрированные навигационные системы. Важным параметром ИНС, выполненных на бюджетных МЭМС ИИМ, является время их автономной работы, под которым подразумевается время, в течении которого погрешность вычисления координат при пропадании сигналов со спутников не превышает заданной величины. Практический интерес представляет оценка времени автономной работы ИНС, построенных на базе бюджетных МЭМС ИИМ (стоимостью менее 2000 рублей) и доступных на российском рынке микроконтроллеров, которые способны реализовать алгоритмы работы ИНС. До настоящего времени в качестве вычислителей, реализующих алгоритмы навигации, широко применялись микроконтроллеры (МК) семейств AVR и ARM. Ввиду ограничений, введенных производителями на применение указанных МК, представляется актуальной задача исследования возможности применения доступных в России других МК.

I. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

При выборе элементной базы для прототипа, в настоящее время, в связи со сложностью преодоления формальных препятствий, поставки и санкционных ограничений, внимание фокусируется на открытую архитектуру RISC-V [2]. В работе [3] авторами представлены материалы исследований режимов, временных характеристик и перспективы использования 32-разрядного микроконтроллера (МК) CH32V307 китайской фирмы WCH [4]. Показано, что высокая производительность обеспечивается и в формате с плавающей точкой. Можно решать задачи оптимизации кода для уменьшения времени выполнения программы. Учитывая данный опыт, для создания про-

тотипа ИНС использовалась отладочная плата CH32V307-EVT-R1 и средства для программирования.

II. СОЗДАНИЕ СТЕНДА И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Для обеспечения функций прототипа в структуру входят (рис. 1):

- отладочная плата с МК CH32V307;
- инерциальный измерительный модуль GY-91 (MPU9250);
- модуль магнетометра GY-271 (QMC5883L);
- программатор-отладчик WCH-Link;
- персональный компьютер.

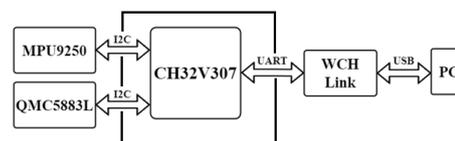


Рис. 1 – Структура и состав стенда

Для создания опытного образца был использован фрагмент стеклотекстолита размером 10x10 см. Вид макета представлен на рис. 2.

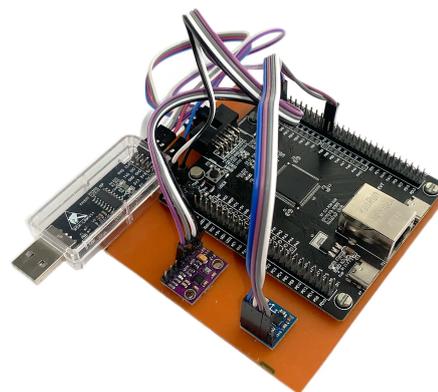


Рис. 2 – Стенд прототипа

Разработаны следующие алгоритмы:

- инициализации и калибровки трехосевых гироскопов, акселерометров и магнетометров и считывания данных с этих датчиков по интерфейсу I2C;
- вычисления углов ориентации объекта в пространстве в виде углов Эйлера путем объединения данных, полученных с акселерометров и гироскопов при помощи комплементарного фильтра;
- вычисления матрицы направляющих косинусов и пересчета линейных ускорений из связанной системы координат (СК) в земную СК и вычисления приращений координат в земной СК координат на основе интегрирования линейных ускорений.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

Сравнивались вычисленные траектории с заданными эталонными траекториями различной формы: прямолинейной, Г-образной, П-образной и треугольной при движении с различной скоростью. Для примера на рис. 3 приведены вычисленные и эталонные Г-образные траектории, на рис. 4 – П-образные траектории, а на рис. 5 – треугольные траектории, при преодолении указанных траекторий за время равное 8 с. Погрешность определения координат по осям X и Y возрастает с течением времени и при окончании движения составляет 0,2 м. Такая погрешность принята за предельно допустимую, поэтому сделан вывод, что время автономной работы ИНС $T_{АВТ} = 8$ с. Указанный результат получен при заданной частоте обработки данных равной 100 Гц. При частоте обработки данных равной 50 Гц время $T_{АВТ} = 5$ с. Оценка возможной частоты обработки данных – отдельная задача, которая в дальнейшем будет решаться при помощи созданного стенда.

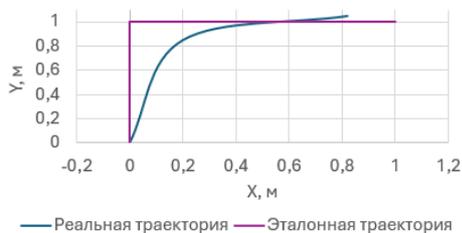


Рис. 3 – Результат работы ИНС при движении по Г-образной траектории

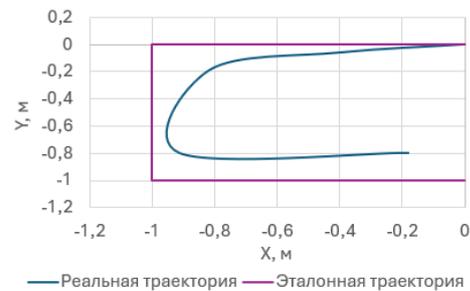


Рис. 4 – Результат работы ИНС при движении по П-образной траектории

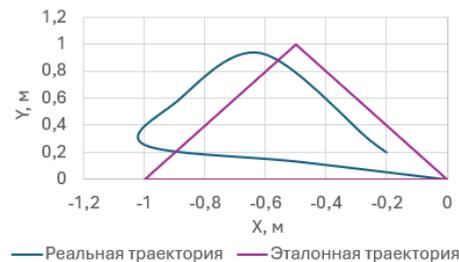


Рис. 5 – Результат работы ИНС при движении по треугольной траектории

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создан опытный образец ИНС, которую предполагается использовать в дальнейшем как составную часть интегрированной навигационной системы для колесных роботов. Опытный образец построен на основе бюджетного широко используемого разработчиками МЭМС ИИМ и МК с архитектурой RISC-V, применение такого МК также является бюджетным решением. Проведенные исследования ИНС позволили оценить время автономной работы и учесть этот результат при разработке интегрированной навигационной системы. Считаем, что практические результаты работы могут быть полезны разработчикам навигационных систем.

V. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьев В. И. и др. Инерциальные навигационные системы // Самара: [Изд-во СГАУ]. – 2011.
2. The RISC-V Instruction Set Manual. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://riscv.org/wp-content/uploads/2017/05/riscv-spec-v2.2.pdf> – Date of access: 17.10.2024.
3. Лукин А.В., Лавров А.А., Божко А.В. Способы конфигурации и анализ характеристик микроконтроллера CH32V307 архитектуры RISC-V // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 9. С. 263-270.
4. CH32V30x Evaluation Board Reference Manual. Официальный репозиторий CH32V307 на GitHub. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://github.com/openwch/ch32v307/blob/main/EVT/PUB/CH32V30x%20Evaluation%20Board%20Reference-EN.pdf> – Date of access: 17.10.2024.