

11, ноябрь 2015

УДК 62-523

Разработка усилителя мощности и блока датчиков пространственной ориентации учебного мобильного робота на базе шасси для спортивной радиоуправляемой машины

Остапенко Д.Г., студент

*Россия, 100500, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»*

Русанова О.Г., студент

*Россия, 100500, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»*

Научный руководитель: Бошляков А.А., к.т.н, доцент

*Россия, 100500, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»*

Научный руководитель: Рубцов В.И., к.т.н, доцент

*Россия, 100500, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»*

kafsm7@sm.bmstu.ru

Введение

Эта статья является продолжением циклов работ по разработке доступного управляемого шасси для учебного мобильного робота. Для решения данной задачи было выбрано подходящее по габаритам и техническим характеристикам шасси для спортивной радиоуправляемой машины (KYOSHO 1:8 EP 4WD INFERNO RaseSpec) [1], разработаны математические и компьютерные модели выбранного шасси и силового двигателя [2]. В настоящий момент ведется разработка системы управления мобильным роботом, структурная схема управления представлена на рис.1. Данная же статья посвящена разработке усилителя мощности и блока датчиков.

Усилитель мощности для силового двигателя колесного робота

Необходимо разработать и реализовать систему управления двигателем Team Orion EXPERIENCE, входящим в комплект к выбранной радиоуправляемой машине [1]. В данной системе должна быть реализована возможность определения углового положения

ротора двигателя бездатчиковым способом управления трёхфазным синхронным двигателем. Параметры двигателя приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры трехфазного синхронного двигателя TeamOrion EXPERIENCE

Модель двигателя	Напряжение питания	Частота холостого хода	Максимальное значение тока	Номинальная мощность
Team Orion EXPERIENCE	11.1 В	40000 об/мин	150 А	800 Вт

Для выполнения поставленной цели необходимо с помощью элементной базы реализовать структурную схему, указанную на рис.2. С выхода микроконтроллера (МК) поступают 6 сигналов управления ШИМ на блок усилителя мощности, который коммутирует транзисторные силовые[3].

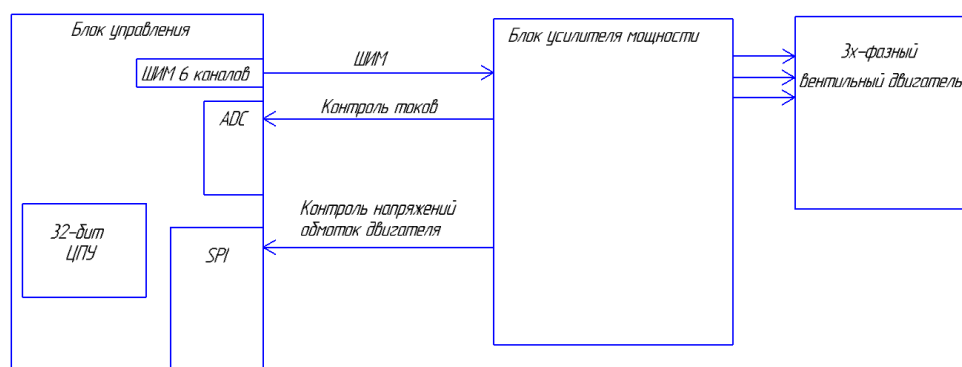


Рис.2. Структурная схема системы управления двигателем

Блок управления вырабатывает шесть сигналов ШИМ, которые поступают на блок усилителя мощности. Внутри него находятся 3 полумоста на силовых ключах со схемой управления. Блок вырабатывает 3 сигнала обратной связи по току в обмотках, которые необходимы для косвенного определения момента на валу двигателя. Для определения углового положения ротора и его скорости блок усилителя мощности вырабатывает 3

сигнала обратных связей по напряжению в обмотках двигателя с помощью внешних АЦП.

Выбор микроконтроллера.

Блок управления должен иметь в своем составе высокопроизводительный микроконтроллер, способный генерировать ШИМ частотой 20КГц, иметь достаточное количество периферийных интерфейсов и каналов АЦП. Структурная схема блока управления представлена на рис. 3.

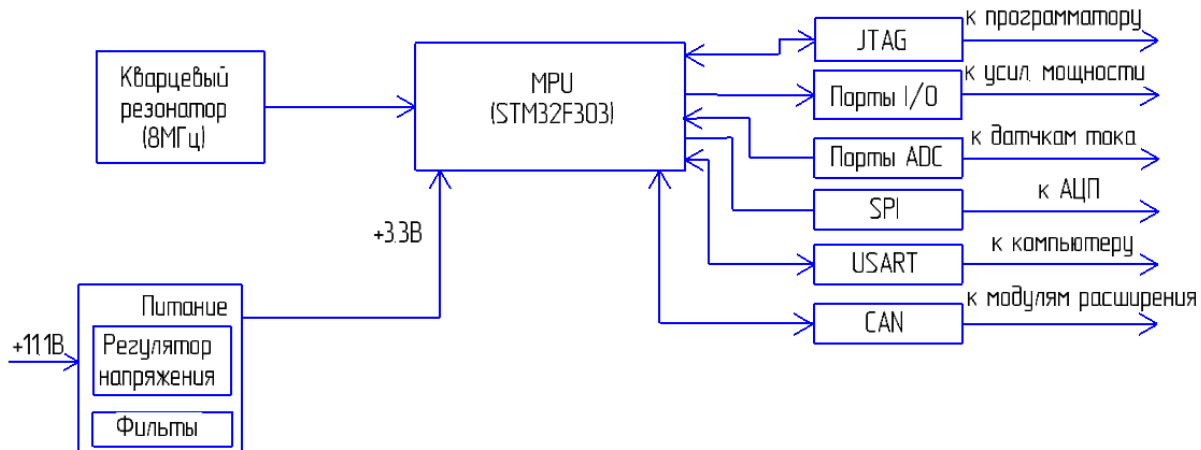


Рис. 3. Структурная схема блока управления

Для создания блока управления необходим высокопроизводительный микроконтроллер, имеющий возможность работать с DSP-инструкциями. Наиболее распространённые микроконтроллеры на рынке для такого типа приложений построены на ядрах ARM таких как ARM7, ARM9, CortexM3, CortexM4. ARM7 и ARM9 являются устаревшим решением и не способны конкурировать с ядрами CortexM3 и CortexM4 по производительности. Значения производительности ядер указаны в таблице 2.

Таблица 2

Производительность ядра

Тип ядра	Производительность DMIPS
ARM7	30-60
ARM9	40-90
Cortex M3	33-120
Cortex M4	90-250

Учитывая, производительность выбрано ядро cortexM4. Почти все крупные производители микроконтроллеров предлагают решения на ядре CortexM4 с DSPинструкциями и необходимым набором периферии. Поэтому был выбран наиболее распространённый микроконтроллер на ядре CortexM4 сDSPи FPUинструкциями фирмы «STMicroelectronics» семейства STM32F3 STM32F303SB.

Выбор интерфейсов

Для подключения модулей расширения необходим сетевой помехозащищенный интерфейс. В проекте выбран CAN интерфейс, применяемый в системах промышленной и автомобильной автоматики. Для реализации CAN интерфейса на плате предлагается использовать высокоскоростной приемопередатчик фирмы «PHILIPS» PCA82C.

Выбор силовых транзисторов

Блок усилителя мощности должен управлять трехфазным вентильным двигателем, значит должен в своем составе три транзисторных полумоста, систему управления транзисторами. Так же силовой блок должен вырабатывать сигналы обратной связи по напряжению и току в обмотках статора. Функциональная схема блока усилителя мощности изображена на рис.4.

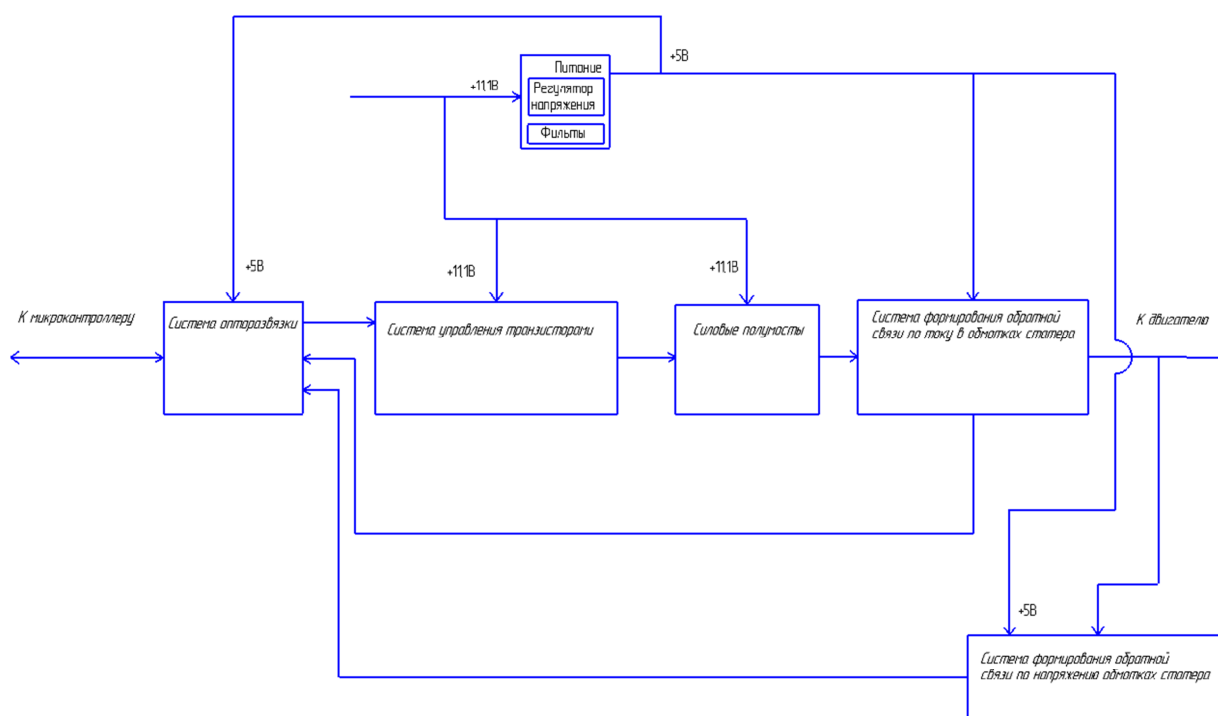


Рис. 4. Структурная схема блока усилителя

Для управления вентильным двигателем целесообразно использовать MOSFET или IGBT транзисторы[4]. Для силовых полумостов выбирались MOSFET транзисторы для автомобильных приложений со сверхнизким сопротивлением в открытом состоянии и малым временем переключения. Транзистор должен удовлетворять следующим требованиям:

- Напряжение $U_{си}$ должно удовлетворять условию: $U_{си} > 1.5 * U_{ип} \approx 17В$
- Силовые ключи должны быть рассчитаны на максимальный ток обмотки управления, тогда получаем: $I_{с\max} \geq I_{\max} = 150А$
- Рассеиваемая мощность $P_{\max}$ 6 транзисторов должна быть больше мощности двигателя

По указанным выше данным может быть использован транзистор производства фирмы «STElectronics» STN400N4F6-6.

Опторазвязка

Для изоляции блока управления от силовой части необходимо сигналы управления от микроконтроллера передавать через оптроны. Оптоны должны быть рассчитаны на ток более 20мА и максимальную частоту переключения более 40кГц. Этим требованиям удовлетворяют оптроны фирмы «COSMO» KPC354NT.

Обратная связь по напряжению

Для реализации обратной связи по напряжению обмоток статора используется АЦП фирмы «Microchip» MCP3550/1/3. Оцифрованные данные передаются в контроллер по интерфейсу SPI. Так как усилитель мощности управляет мощным двигателем, в цепях платы возможны большие шумы. Поэтому необходимо гальванически развязать силовую часть и систему управления. Все сигналы, транслируемые от системы управления к силовой части и обратно, должны передаваться через оптроны. Микросхемы АЦП гальванически не изолированы, поэтому требуют отдельного питания. Для питания АЦП используется DC/DC преобразователь 12В-5В. В качестве DC/DC преобразователя выбрана микросхема фирмы «ON Semiconductor» LM2931T-5.

Обратная связь по току

Для реализации обратной связи по току необходимы датчики тока с максимальным входным током больше 150А и изолированной силовой частью, для гальванической развязки системы управления и силовой части. Также частота выходных данных должна быть больше частоты ШИМ. Таким требованиям удовлетворяют датчики тока, работа которых основана на эффекте Холла, фирмы «Allegro». Датчик ACS754SCB-200 аналоговый, поэтому выходы Uout подсоединяются к входам АЦП микроконтроллера. Так как в ACS754SCB-200 силовая часть изолирована от питания, его можно питать DC/DC преобразователем, установленным в блоке управления.

Бесплатформенная инерционная навигационная система мобильного робота

Для управления мобильным учебным роботом необходимо знать его ориентацию в пространстве. Решение этой задачи обеспечивает бесплатформенная инерционная навигационная система.

Структурная схема такой бесплатформенной инерционной навигационной системы представлена на рис. 5.

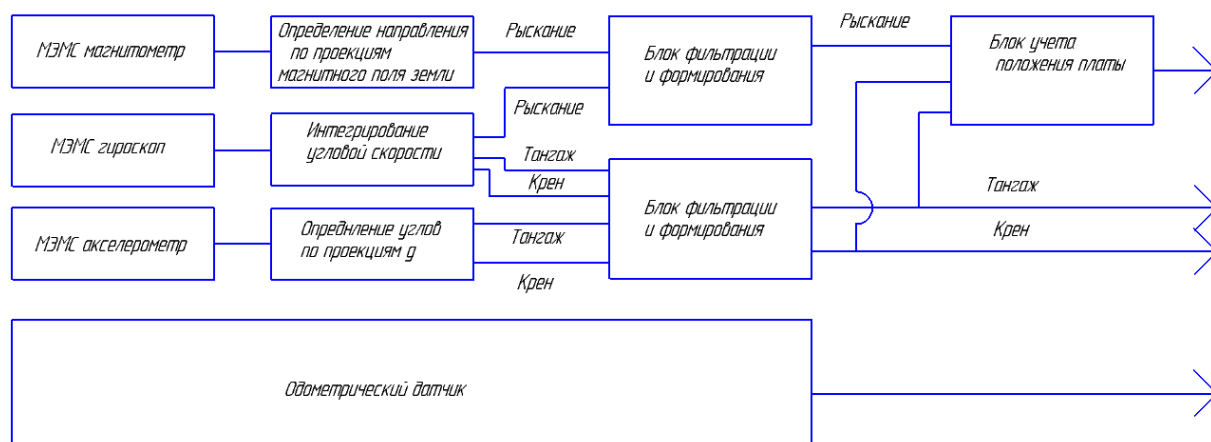


Рис. 5. Структурная схема бесплатформенной инерциальной навигационной системы

Выбор микроконтроллера

Блок датчиков должен иметь в своем составе высокопроизводительный микроконтроллер и иметь достаточное количество периферийных интерфейсов. Структурная схема блока управления представлена на рис.6.

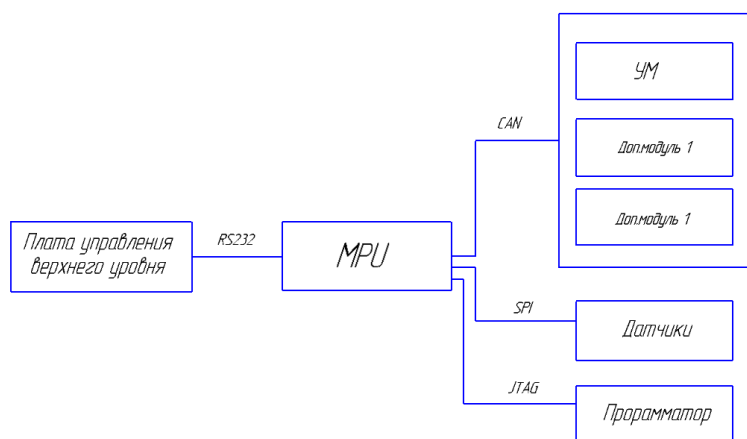


Рис.6. Структурная схема блока управления

Аналогично критериям выбора микроконтроллера для блока управления усилителем мощности был выбран высокопроизводительный 32-х разрядный микроконтроллер на ядре CortexM4 сDSPи FPUинструкциями фирмы «STMicroelectronics» семейства STM32F3 STM32F303VCT6.

Выбор интерфейсов

UART.

Для присоединения устройства к компьютеру для обмена данными с ним используется удобный и повсеместно используемый интерфейс UART.

SPI.

Для связи микроконтроллера с другими микросхемами предусмотрен интерфейс Spi. Он не только позволяет соединить между собой два и более устройств, но и обладает большим быстродействием.

CAN.

Для подключения модулей расширения необходим сетевой помехозащищенный интерфейс. В проекте выбран CAN интерфейс, применяемый в системах промышленной и автомобильной автоматики.

Для реализации CAN интерфейса на плате используется высокоскоростной приемопередатчик фирмы «PHILIPS» PCA82C.

Выбор датчиков.

Исходя из выбора микроконтроллера, по рекомендациям его фирмы-производителя были выбраны датчики аналогичной фирмы.

Благодаря широкому распространению, как микроконтроллеров так и, датчиков фирмы «STMicroelectronics» по ним написано множество литературы, что упрощает работу с ними.

Акселерометр и магнитометр

В последнее время датчики наклона электромагнитного типа, реализованные в виде отдельных устройств, применялись редко в силу их дороговизны и несовершенства характеристик. Наиболее перспективным здесь видится применение трехосевых акселерометров, выполненных по MEMS-технологии[5].

Для получения данных о текущем положении колесного работа был выбран трехосевой цифровой MEMS акселерометр и магнитометр LSM303DLHC.

Цифровой компас LSM303DLHC благодаря отличным характеристикам, малому потреблению и размеру корпуса является отличным вариантом для применения в устройствах навигации, робототехнике и многих других устройствах, связанных с перемещениями объектов в пространстве. При помощи цифрового компаса LSM303DLHC можно легко определить направление движения объекта, азимута и положение объекта в пространстве.

Гироскоп

Обладая защитой от вибрационной нагрузки, L3GD20 идеально подходит для применения в прецизионных системах навигации. Более того, новая технология изготовления чувствительного элемента сводит к минимуму явление кроссчувствительности, а также улучшает температурную стабильность параметров прибора, повышая его точность и надежность.

Заключение

В ходе выполнения работы были сформированы требования к усилителю мощности исполнительного двигателя и блоку датчиков пространственной ориентации. Разработаны структурные схемы силового блока и блока датчиков. Проведен анализ и

осуществлен выбор элементов, обеспечивающих модернизацию шасси радиоуправляемой модели для выполнения задач, характерных для мобильных роботов.

Список литературы

1. Остапенко Д.Г. Учебный мобильный робот для отработки алгоритмов автоматического управления движением на базе шасси для спортивной радиоуправляемой машины // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электр. журн. 2013. № 8. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/593941.html> (дата обращения 08.10.2014).
2. Бошляков И. А., Коновалов К. В. Разработка математической модели движения учебного колёсного робота // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электр. журн. 2015. № 3. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/770822.html> (дата обращения 15.04.2015).
3. Копылов И. П. Электрические машины: учебное пособие для вузов. М.: Москва энергоатомиздат, 1986. 360 с.
4. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов: учебное пособие для втузов. М.: Солон-Р, 2001. 327 с.
5. Васюков С.А., Остапенко Д.Г., Авдеева Т.В. Экспериментальное исследование информационного сигнала комбинированного датчика удара, наклона и движения на основе 3-осевого MEMS-акселерометра // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 10. DOI: [10.7463/1014.0730675](https://doi.org/10.7463/1014.0730675).