

УДК 62-523.8

**Разработка программно-аппаратных средств для полунатурных испытаний
бортовой реализации системы управления полетом БПЛА в продольном канале**

Н.В. Соломатин

Студент, кафедра «Кафедра системы автоматического управления»

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Научный руководитель: А.Е. Юдин, младший научный сотрудник НИИ ИСУ

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

МГТУ им. Н.Э. Баумана

nik_bmstu@hotmail.com

Полунатурные испытания - это комплекс мероприятий для проведения исследования объекта в условиях, близких к реальным. Главная их особенность состоит в том, что все воздействия, оказываемые на объект, создаются искусственно, следовательно, результат испытаний зависит от точности имитирования воздействий. Проведение полунатурных испытаний позволяет существенно снизить временные и экономические затраты на разработку.

При проведении полунатурных испытаний вместо датчиков используют систему математического моделирования, которая на основании имеющейся модели летательного аппарата и условий моделирования формирует показания датчиков. Обратная связь замыкается по сигналу отклонения органа управления.

Бортовая система управления работает в режиме жесткого реального времени. Это означает, что нарушение временных ограничений на получение информации с датчиков фактически равнозначно отказу системы, т.е. сформированные в модели показания датчиков должны передаваться на летательный аппарат без каких-либо задержек. Математическая модель летательного аппарата запускается на обычном компьютере под управлением операционной системы Windows XP, следовательно, ни о каком жестком реальном времени речь идти не может. Поэтому, необходимо устройство, которое будет

принимать от системы моделирования показания датчиков с некоторой меняющейся частотой, определяемой скоростью моделирования, сохранять их и выдавать бортовому вычислителю с жестко фиксированной частотой имеющиеся на момент запроса значения. При этом устройство должно отслеживать положение органа управления, приводимого в движение сервоприводом и передавать его в систему моделирования. На рис.1 представлена упрощенная схема стенда моделирования.

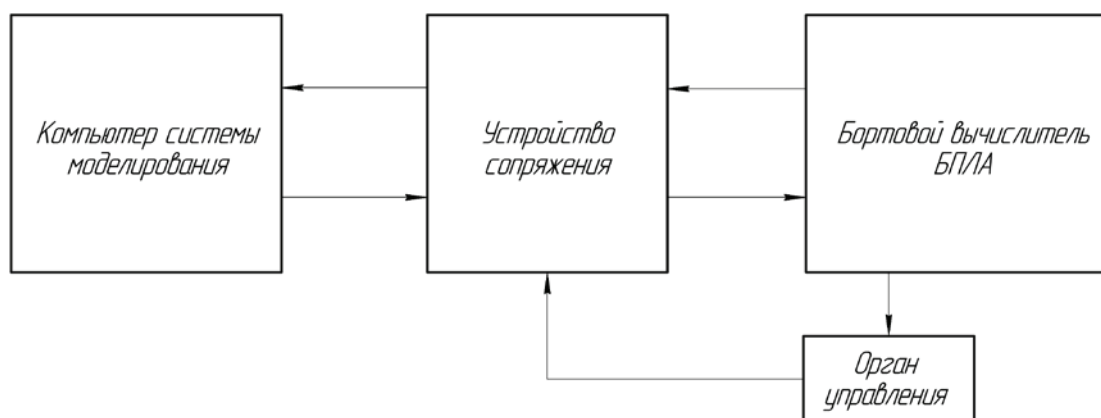


Рис. 1. Упрощенная схема стенда моделирования

Рассматриваемый бортовой вычислитель спроектирован на основе микроконтроллера фирмы NXP LPC1768 на базе ядра ARM Cortex M3. Для стабилизации полета БПЛА в продольном канале им используются показания двух датчиков:

- ADIS 16365 - 3-х осевой гироскоп и 3-х осевой акселерометр фирмы Analog Devices, который подключается с помощью интерфейса SPI с несколькими дополнительными сигналами на отдельных ножках, частота обмена – 1200 Гц;

- MPX H611 - барометрический высотомер, показания с которого считываются через внешнюю высокоточную микросхему аналого-цифрового преобразователя (АЦП) фирмы Analog Devices AD7680, обращение к которой также происходит через интерфейс SPI, частота обмена – 60000 Гц.

Для проведения полунатурных испытаний эти датчики отключаются, а вместо них подсоединяется устройство сопряжения (УС). Как и бортовой вычислитель, оно спроектировано на базе микроконтроллера NXP LPC1768 и работает под управлением операционной системы реального времени (ОСРВ).

Для того чтобы использовать данные, вырабатываемые математической моделью, вместо данных гироскопа и акселерометра, необходимо реализовать в УС алгоритм, точно

повторяющий реакцию датчика на запрос. Данный алгоритм представлен в виде графиков сигналов на рис.2.

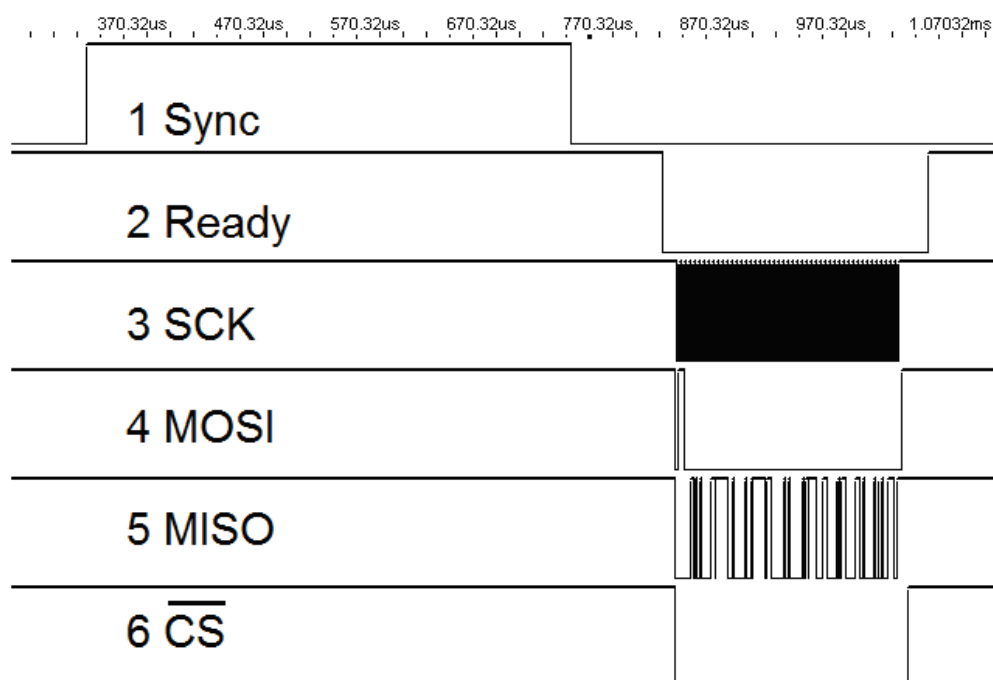


Рис. 2. Алгоритм опроса ADIS 16365

Сигнал “Sync” подается вычислителем борта с частотой 1200 Гц. По восходящему фронту этого сигнала устройство сопряжения запускает таймер, который отсчитывает 580 мкс, что соответствует длительности измерений реального датчика, и подает на ножку “Ready” лог. 0. Бортовая аппаратура регистрирует этот сигнал и инициирует обмен данными по SPI-шине в режиме “Burst”. В нем между переданными словами данных сигнал CS не устанавливается в лог. 1, что несколько усложняет программную часть УС. Для начала передачи данных бортовой вычислитель передает стартовую последовательность 0x3E00, после чего принимает 11 слов данных, как показано на рис.2.

Для имитации микросхемы АЦП барометрического высотомера необходимо следовать тому же принципу – полностью повторять реакцию микросхемы на запрос бортового вычислителя. По первому фронту тактового сигнала микросхема начинает измерение напряжения на выходе высотомера. Этот процесс занимает 4 импульса сигнала, во время которых по линии данных передаются нули (см. Рис.3). Непосредственно данные измерения начинаются с 5 тактового сигнала. Бортовой вычислитель для удобства программной реализации этого протокола передает не 20 тактовых импульсов, а 24, что соответствует 3 байтам.

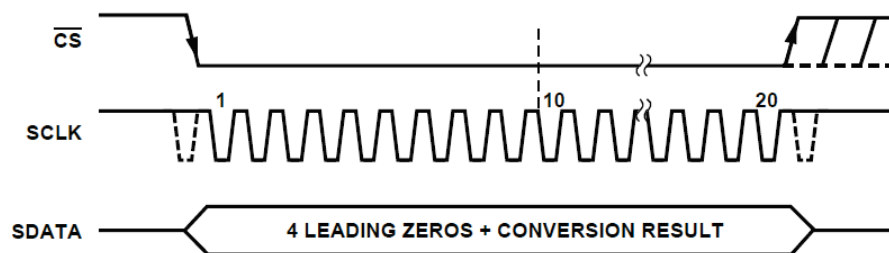


Рис. 4. Алгоритм опроса AD7680

Поскольку интерфейс SPI в микроконтроллере УС уже занят имитацией датчика ADIS 16365, для реализации модуля барометрического высотомера используется интерфейс SSP. Его функционал аналогичен SPI, за исключением того, что между передачами каждого слова данных сигнал CS должен обязательно устанавливаться в лог. 1. Длина слова, как и в SPI, ограничена 16 битами. Следовательно, необходимо каким-то образом отправлять только те 16 бит информации, которые содержат сами показания АЦП. Программными средствами решить возникшую проблему не позволяет высокая скорость передачи пакетов – 60 кГц, что соответствует частоте тактового сигнала SCLK 2МГц. Любые программные решения при такой скорости приведут к существенным задержкам в обработке сигналов других интерфейсов и могут нарушить работу устройства в целом.

В связи с этим было найдено аппаратное решение проблемы. На ИМС стандартной логики была спроектирована схема, фильтрующая первые четыре импульса тактового сигнала SCLK. Она основана на использовании микросхемы-счетчика 74AC163PC. Сигналы на ее входе и выходе имеют вид, представленный на рис. 4.

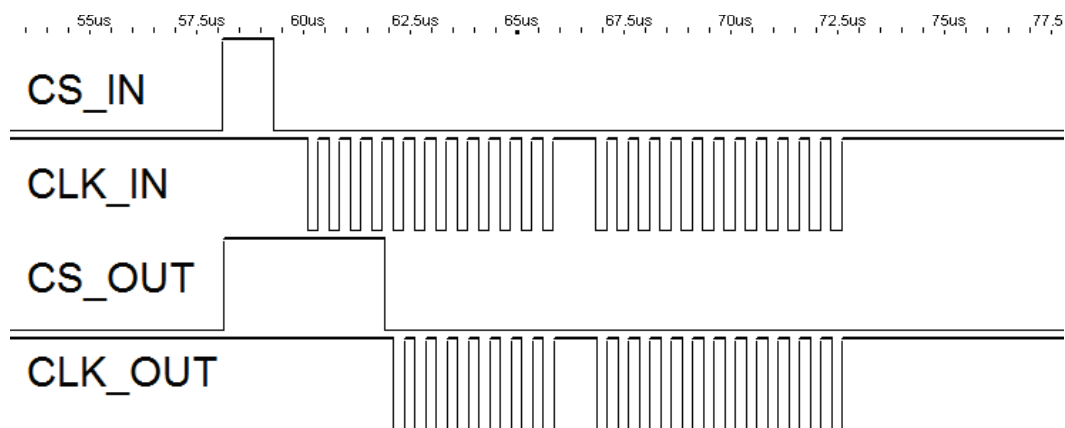


Рис. 4. Сигналы на входе и выходе фильтра

Благодаря использованию микросхем стандартной логики, данный фильтр имеет высокое быстродействие и, следовательно, не вносит задержек в передачу сигналов.

Тактовые сигналы с 21 по 24 никак не повлияют на передачу нужных 16 бит данных и могут быть пропущены на микроконтроллер УС.

Для определения угла отклонения рулевого привода на ножки микроконтроллера устройства сопряжения CAP1 и CAP0 подается ШИМ-сигнал, генерируемый бортовым вычислителем. Для обработки этого сигнала необходимо:

- Запустить аппаратный таймер в режиме “Free run” (таймер считает от 0 до 0xFFFF FFFF, затем снова 0 и т.д.) с такими параметрами, чтобы одно приращение счетчика таймера было равно одной микросекунде;

- Включить аппаратное сохранение значений счетчика таймера по получению восходящего фронта (Rising edge) сигнала на ножке CAP1 и нисходящего фронта (Falling edge) сигнала на ножке CAP0 в одноименные регистры;

- Включить прерывание по получении нисходящего фронта на ножке CAP0. В нем из значения регистра CAP0 вычитать значение регистра CAP1, получая тем самым скважность ШИМ-сигнала.

Таким образом взаимодействуют бортовой вычислитель и устройство сопряжения. Далее рассмотрим взаимодействие УС и компьютера системы моделирования.

Для того чтобы добиться наиболее реалистичных результатов в полунатурных испытаниях, необходимо, чтобы показания датчиков, передаваемые УС бортовому вычислителю обновлялись как можно более часто. При этом сам процесс передачи данных должен требовать как можно меньше времени работы микроконтроллера устройства сопряжения. Этим требованиям удовлетворяет интерфейс Ethernet 100BASE-TX, аппаратная поддержка которого имеется у микроконтроллера LPC1768. Используя протокол UDP для передачи данных от математической модели, удастся добиться частоты обмена 1 кГц при загрузке микроконтроллера УС на 10%. При увеличении частоты обмена до 10 кГц его загрузка увеличивается примерно до 40%, система при этом продолжает работать, но начинают появляться ошибки при передаче данных, что в рамках поставленной задачи не допустимо. Таким образом, разработанный стенд может корректно функционировать при частоте контура до 1200 Гц, что является весьма неплохим результатом.

Список литературы

1. Labrosse J. J. MicroC/OS II: The Real Time Kernel // CMP Books. – 2002. С. 648.
2. LPC17XX User Manual http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10360.pdf (дата обращения: 20.03.13г.).

3. AD7680 Datasheet http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD7680.pdf
(дата обращения: 20.03.13г.).
4. ADIS16365 Datasheet http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADIS16360_16365.pdf (дата обращения: 20.03.13г.).