

где  $M_0, M_0^{\circ}$  – стартовая масса и допустимая стартовая масса СМКА,  $V_0, V_0^{\circ}$  – стартовый и допустимый стартовый объем СМКА;  $C_{жц}, C_{жц}^{\circ}$  – себестоимость и допустимая себестоимость жизненного цикла СМКА;  $m_{цп}, m_{цп}^{\circ}$  – масса и допустимая масса служебных подсистем;  $\tau_{лэ}, \tau_{лэ}^{\circ}$  – время и допустимое время летной эксплуатации СМКА.

Список литературы:

1. Малыгин Д. В. Универсальная платформа «Синергия» блочно-модульного исполнения // XV Международная научная конференция «Решетневские чтения» - С. 377-378.
2. Малыгин Д. В. Универсальная платформа сверхмалого космического аппарата // Материалы V всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. - С. 38-40.

### **Разработка системы управления малого космического аппарата CubeSat**

Мыцко Е.А., Прокопюк С.Ю.

Научный руководитель: Ким В.Л., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: evgenrus70@mail.ru, kimval11@rambler.ru

### **Введение**

Разработка системы управления малого космического аппарата (МКА) подразумевает создание аппаратно-программного комплекса, позволяющего выполнять такие функции как: управление полезной нагрузкой (двигателями) аппарата, сбор данных с датчиков на борту, обеспечение полета согласно полетному плану и связи с Центром управления полетами (ЦУП).

### **Принцип работы системы**

Для понимания принципа разработки системы управления спутником CubeSat были проанализированы существующие разработки в данной сфере. Получены консультации от компаний, занимающихся разработкой и запуском подобных космических аппаратов, в частности компанией «Пятое поколение» (г. Новосибирск) и «Спутникс» (г. Москва).

Основные задачи системы управления заключаются в следующем:

- Сбор информации с датчиков температуры, формирование соответствующей телеметрии;
- Приём команд управления, формирования полётного плана, телеметрирование основных параметров работы;
- Реализация полётного плана выполнения бортовых операций;
- Управления полезной нагрузкой (двигателем) на основе данных, полученных с датчиков температуры для равномерного распределения температуры.

На рис. 1 представлены схема подключения датчиков температуры к микропроцессору **LEON3** [3], управляющему полезной нагрузкой (рис.2).

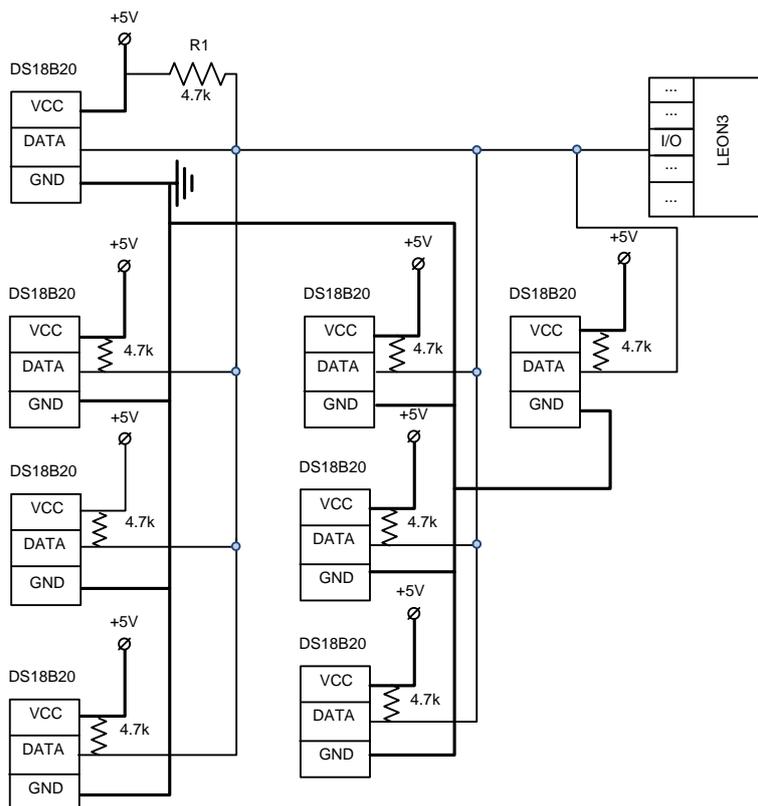


Рисунок 1 – Схема сбора данных с датчиков температуры

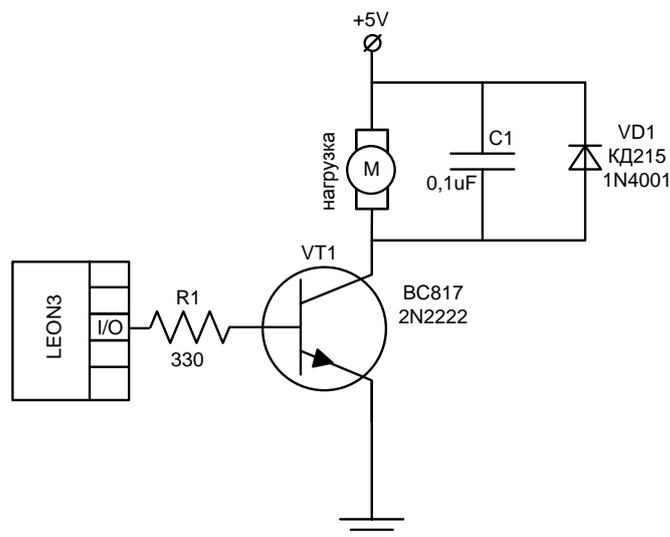


Рисунок 2 – Схема управления нагрузкой микропроцессором LEON3

### Элементы системы управления

- **Микропроцессоры и микроконтроллеры**

В качестве микропроцессора для системы управления МКА был выбран синтезированный 32-разрядный RISC процессор **LEON3** архитектуры SPARC-V8, рекомендуемый Европейским космическим агентством (ЕКА).

Для синтеза блока управления системами малого космического аппарата (БУСМКА) планируется использовать ПЛИС производства АСТЕЛ с низким энергопотреблением и требуемой ёмкости. Состав БУСМКА будет включать следующие элементы (таблица 1).

Таблица 1 – Состав ПЛИС блока управления БУСМКА

Наименование блока	Кол.	Примечание
Микропроцессор LEON3	1	Тактовая частота не менее 25МГц
DSU(Debug support Unit)	1	Встроенный блок отладки LEON3
Debug interface (JTAG)	1	Может использоваться как интерфейс к DSU
PROM и SRAM контроллер	1	Контроллер памяти
RTC Unit	1	Часы реального времени
Timer Unit	2	Программируемый таймер
Interrupt контроллер	1	Контроллер прерываний LEON3
UART	1	Может использоваться как интерфейс к DSU
CAN контроллер	2	Контроллер шины CAN (2.0 A/B)
SPI контроллеры	1	Контроллеры шины SPI
I2C контроллеры	1	Контроллер шины I2C
10/100 Ethernet контроллер	1	Может использоваться как интерфейс к DSU
Watchdog	1	Аппаратный сторожевой таймер

- Датчики температуры

Для контроля температурного режима и пассивной термостабилизации на борту применяются датчики температуры типа **DS18B20**[4], характеристики которого представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики датчика DS18B20

Характеристика	Величина
Тип	Цифровой
Погрешность измерений (-10... +85)°C	± 0.5°C
Диапазон измерений, °C	-55... +125
Напряжение питания, В	3V to 5.5V
Разрешение, bit	9...12
Тип корпуса	TO-92
Протокол	1-wire
Вес, г	4

**Взаимодействие с другими системами**

Взаимодействие с другими системами на борту осуществляет по протоколу **CAN (Control Area Network)** [5], характеристики которого представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики CAN-интерфейса

Стандарт	ISO 11898
Скорость передачи	1 Мбит/с (максимум)
Расстояние передачи	1000 м (максимум)
Характер сигнала, линия передачи	дифференциальное напряжение, скрученная пара
Количество драйверов	64
Количество приемников	64
Схема соединения	полудуплекс, многоточечная

Скорость передачи задается программно и может достигать 1 Мбит/с. Пользователь выбирает скорость, исходя из расстояний, числа абонентов и емкости линий передачи (таблица 4).

Таблица 4 – Выбор скорости, исходя из расстояния

Расстояние, м	25	50	100	250	500	1000	2500	5000
Скорость, Кбит/с	1000	800	500	250	125	50	20	10

### Заключение

Таким образом, были выбраны элементы для системы управления МКА, разработаны схемы подключения датчиков температуры и управления двигателем поворота для исключения перегрева солнечных (или переохлаждения скрытых от солнца) сторон. Рассмотрен интерфейс CAN для сопряжения с другими устройствами на борту аппарата.

#### Список литературы:

1. Ханов В.Х., Шахматов А.В., Чекмарёв С.А. Концепция создания бортового комплекса управления для малых космических аппаратов. // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева – 2012. – № 5 (45). – С. 144–149.
2. Микрин Е.А., Суханов Н.А., Платонов В.Н. Принципы построения бортовых комплексов управления автоматических космических аппаратов. // Проблемы управления – 2004. – № 3. – С. 62–66.
3. LEON3 Processor // Aeroflex. 2015. URL: <http://www.gaisler.com/index.php/products/processors/leon3> (дата обращения: 01.03.2015).
4. DS18B20 русское описание работы с датчиком температуры. // Мастер Кит. 2014. URL: <http://masterkit.ru/zip/ds18b20-rus.pdf> (дата обращения: 01.03.2015).
5. CAN. // Энциклопедия АСУ ТП. URL: [http://bookasutp.ru/Chapter2\\_6.aspx](http://bookasutp.ru/Chapter2_6.aspx) (дата обращения: 01.03.2015).

### Проект студенческого малого космического аппарата

Смолянский В.А.

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

Проектирование студенческого малого космического аппарата (МКА), которое начато в Национальном исследовательском Томском политехническом университете имеет две цели:

1) привлечение талантливой, активной, заинтересованной в научно-исследовательской деятельности молодежи к космической тематике, приобретение практических навыков конструирования приборов на примере реальной разработки конструкций различных деталей и узлов с наглядным представлением о превращении виртуальной конструкции в реальную;

2) экспериментальная проверка технических решений двух типов двигателей для использования их в качестве исполнительных органов в системах ориентации малых космических аппаратов:

– электромеханического исполнительного органа на базе электродвигателя-маховика (проверяется применение опор скольжения вместо опор качения, что существенно снижает амплитуду колебаний вибрационного спектра в рабочем диапазоне частот);

– ионно-плазменного двигателя (проверяется в условиях невесомости применимость в двигателях данного типа жидкометаллического рабочего тела).