**rararara**

**Блок бортовой цифровой вычислительной машины**

**Техническое описание**

г. Москва

2017 г.

Содержание

[**1.** **Назначение** 3](#_Toc500415971)

[2. **Основные характеристики** 4](#_Toc500415972)

[**3.** **Состав** 5](#_Toc500415973)

[**4.** **Назначение, устройство и функционирование узлов ББЦВМ** 6](#_Toc500415974)

[4.1 Плата аккумуляторных батарей 6](#_Toc500415975)

[4.2 Плата коммутации и источника вторичного электропитания 5В 8](#_Toc500415976)

[4.3 Плата коммутации и источника вторичного электропитания 8В (ПКИП8В) 10](#_Toc500415977)

[4.4 Плата заряда аккумуляторных батарей (ПЗАКБ) 12](#_Toc500415978)

[4.5 Плата бортового компьютера (ПБК) 13](#_Toc500415979)

1. **Назначение**

Блок бортовой цифровой вычислительной машины (ББЦВМ) предназначен для установки на негерметичные космические аппараты (КА) малого класса, функционирующие на околоземной орбите, высотой до 600 км.

ББЦВМ выполняет функции:

- бортовой центральной вычислительной машины;

- хранения пользовательских данных в постоянных запоминающих устройствах типа NAND и micro-SD;

- формирования напряжений 5В и 8В для электропитания приборов, входящих в состав КА;

- формирования двух коммутируемых линий с ограничением тока 2А по каждой линии;

- коммутации электропитания приборов, входящих в состав КА;

- формирования интерфейсов связи с приборами, входящими в состав КА;

- заряда аккумуляторных батарей от солнечных панелей, входящих в состав КА;

- обеспечения навигационными данными от ГНСС, входящей в состав ББЦВМ;

- обеспечения данными от инерциальной MEMS, входящей в состав ББЦВМ;

- обеспечения полной перезагрузки ББЦВМ и приборов, входящих в состав КА, в автоматическом режиме, либо по команде от бортовой центральной вычислительной машины, либо по команде по радиолинии.

При нахождении ББЦВМ в пусковом контейнере блокировка включения блока осуществляется замыканием на корпус линии «Блокировка» посредством микропереключателей, расположенных на корпусе ББЦВМ. При этом все аккумуляторные батареи отключаются от шины первичного электропитания, блокируется работа всех узлов и схем ББЦВМ.

Блокировка ББЦВМ при извлечении из пускового контейнера (при хранении или транспортировке) осуществляется установкой перемычки (джампера) в разъем, расположенный на плате аккумуляторных батарей.

1. **Основные характеристики**

Линии электропитания:

* 8 коммутируемых линий электропитания напряжением 5В и током 2А;
* 2 коммутируемые линии тока 2А;
* 2 коммутируемые линии электропитания напряжением 8В и током 2А;
* 8 коммутируемых линий электропитания с нерегулируемым напряжением 3,3В до 4,1В и током 2А;
* 2 линии опорного напряжения 3,3В с током 20 мА.

Коммуникационные интерфейсы:

* SPI 1 х1;
* 1Wire х1;
* I2C х1;
* UART х8 (в том числе 4 через мост USB-UART);
* RS422 х1;
* Ethernet х1;
* GPIO х11 (в том числе CS интерфейса SPI);
* Analog (I) х3.

Линии подключения солнечных панелей:

* 7В÷22В 38Вт х4;
* 7В÷22В 4,5Вт х4;
* 0,3В÷5В 2,5Вт х2.

1. **Состав**

ББЦВМ состоит из следующих функционально законченных узлов, собранных на печатных платах и смонтированных в общем корпусе:

1. Платы аккумуляторных батарей (ПАКБ);
2. Платы коммутации и источника вторичного электропитания 5В (ПКИП5В);
3. Платы коммутации и источника вторичного электропитания 8В (ПКИП8В);
4. Платы заряда аккумуляторных батарей (ПЗАКБ);
5. Платы бортового компьютера (ПБК);
6. Платы ГНСС (ПГНСС);
7. Платы несущей (ПН).

Электрическое и информационное соединения между узлами ББЦВМ осуществляется посредством ПН.

Узлы ПАКБ, ПКИП5В, ПКИП8В, ПЗАКБ совместно составляют систему электроснабжения (СЭС) ББЦВМ и КА в целом, управляемую контроллером СЭС, размещенном на ПЗАКБ.

Для контроля температурного режима на каждой плате установлены температурные датчики.

Подключение приборов к ББЦВМ, входящих в состав КА осуществляется через разъемные соединения, расположенные на корпусе ББЦВМ.

Подключение всех плат к несущей плате осуществляется через разъемные соединители Samtec FT5–30–01–L–RA-K.

1. **Назначение, устройство и функционирование узлов ББЦВМ**
   1. Плата аккумуляторных батарей

Предназначена для запасания электрической энергии в химических литий-ионных элементах (аккумуляторных батареях), и формирования первичного напряжения электропитания в отсутствие солнечного излучения.

В качестве аккумуляторных батарей применены элементы NCR18650B производства Panasonic, емкостью 3350мАч, номинальным напряжением 3,6В.

На ПАКБ установлены четыре таких элемента.

Каждый элемент подключен к шине первичного электропитания через свою схему коммутации, контроля и защиты и совместно с этой схемой является независимой ячейкой первичного электропитания.

Все ячейки подключены параллельно на общую шину первичного электропитания.

Напряжение шины первичного электропитания нерегулируемое и составляет величину от 3,3В до 4,1В в зависимости от степени заряда аккумуляторных батарей.

Из этого напряжения формируются вторичные напряжения электропитания 5В и 8В платами ПКИП5В и ПКИП8В соответственно. А также две коммутируемые линии с ограничением тока 2А.

Каждая ячейка осуществляет измерение напряжения подключенного к ней аккумулятора, измерение тока, протекающего через аккумулятор, измерение температуры, а также его защиту. При превышении допустимых пределов по току и напряжению отключает аккумулятор от шины первичного электропитания, сохраняя флаги аварийного отключения в своих регистрах. Пределы и условия контролируемы параметров указаны в таблице 3.1.1.

В ячейке аккумулятор подключен к шине первичного электропитания через два ключа. Через один ключ осуществляется заряд аккумулятора, через второй его разряд на шину.

Таблица 3.1.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Событие** | **Действие защиты** | | | **Условие восстановления** |
| **Порог** | **Задержка** | **Результат** |
| Превышение напряжения аккумулятора (перезаряд) | UАКБ > 4,275В | 0,8с÷1,2с | Отключение заряда | UАКБ < 4,1В или IАКБ ≤ -0,2А |
| Понижение напряжения аккумулятора (переразряд) | UАКБ < 2,6В | 90мс÷110мс | Отключение заряда, разряда, переход в спящий режим микросхемы ячейки | U VBATT > UАКБ  *(1)* |
| Превышение зарядного тока | IАКБ > 5А | 5мс÷10мс | Отключение заряда и разряда | U VBATT < UАКБ - (0,5В÷1,5В) |
| Превышение разрядного тока | IАКБ > -5А | 5мс÷10мс | Отключение разряда | U VBATT > UАКБ - (0,5В÷1,5В) |
| Короткое замыкание | IАКБ > 20А | 200мкс | Отключение разряда | U VBATT > UАКБ - (0,5В÷1,5В) |

1. *Если напряжение аккумулятора ниже величины 2,2В (глубокий разряд), аккумулятор будет заряжаться через внутренние цепи микросхемы, пока напряжение на нем не превысит 2,2В. Затем цепь заряда и разряда будет восстановлена и микросхема выйдет из спящего режима.*

Для подогрева аккумуляторов при температуре ниже 0оС на плате установлены нагревательные элементы общей мощностью 10 Вт.

Регулирование мощности элементов осуществляется в пределах от 0 Вт до 10 Вт контроллером СЭС по встроенному алгоритму.

Связь контроллера СЭС с каждой ячейкой ПАКБ осуществляется по внутренней шине I2C.

Токи, напряжения и регистры микросхемы каждой ячейки могут быть считаны бортовым компьютером через контроллер СЭС.

* 1. Плата коммутации и источника вторичного электропитания 5В

Предназначена для преобразования напряжения первичного источника питания 3,3В÷4,1В в напряжение 5В вторичного электропитания и коммутации его к потребителям.

Преобразователь состоит из двух параллельных каналов преобразования для уменьшения нагрузки на каждый в отдельности, работающих на единую шину 5В. Также этим достигается резервирование преобразователя.

Включение и выключение преобразователя осуществляется по команде бортового компьютера.

Включение-выключение ключей и преобразователей осуществляется через I2C расширитель линий ввода-вывода.

Т.к. адресное пространство ПКИП5В пересекается с адресным пространством ПКИП8В, бортовой компьютер должен включить буфер I2C платы ПКИП5В, предварительно отключив буфер I2C платы ПКИП8В.

Бортовой компьютер имеет следующие управляющие и информационные возможности при работе с ПКИП5В:

- включать и выключать ключи;

- считывать ток каждого ключа и напряжение на его выходе;

- считывать мгновенную мощность нагрузки, подключенной к ключу;

- получать сигнализацию об уровне напряжения на выходе ключа, когда он находится в пределах 0,9÷1 от уровня входного напряжения (дискретный сигнал. Функция микросхемы ключа);

- устанавливать переделы изменения тока и напряжения на выходе ключа, при достижении которых сработает сигнализация (дискретный сигнал. Общий сигнал для всех ключей. Функция микросхемы датчика тока и напряжения);

- получать сигнализацию при выходе за установленные пределы уровня тока в цепи ключа (дискретный сигнал. Общий сигнал для всех ключей. Функция микросхемы датчика тока и напряжения);

- получать сигнализацию при выходе за установленные пределы уровня напряжения на выходе ключа (дискретный сигнал. Общий сигнал для всех ключей. Функция микросхемы датчика тока и напряжения).

ПКИП5В содержит 8 ключей для коммутации электропитания 5В потребителям, датчики тока и напряжения, датчик температуры.

Ключи коммутируют напряжение 5В от источника вторичного электропитания и выведены на разъемы ББЦВМ для подачи электропитания внешним потребителям.

Каждый ключ имеет встроенную защиту от превышения установленного тока, короткого замыкания, от превышения максимальной температуры кристалла ключа.

Нагрузочная способность ключей запрограммирована аппаратно и составляет 10,5Вт (2,1А). При превышении этого значения ключ автоматически отключится. Изменить это значение может изготовитель. Максимальное возможное значение тока не должно превышать 5А. Чтобы включить ключ, необходимо провести цикл отключения и повторного включения не ранее, чем через 250мс после срабатывания защиты.

Каждый ключ имеет встроенную функцию защиты от короткого замыкания, которая отключит ключ от замкнутой цепи. Чтобы включить ключ, необходимо провести цикл отключения и повторного включения не ранее, чем через 250мс после срабатывания защиты.

Каждый ключ имеет встроенную функцию защиты от максимально температуры кристалла ключа, которая составляет 150оС, при превышении которой ключ отключит нагрузку. Чтобы включить ключ, необходимо провести цикл отключения и повторного включения не ранее, чем через 250мс после срабатывания защиты.

Ключ повторно не включится, если температура кристалла не опустилась ниже 130оС.

* 1. Плата коммутации и источника вторичного электропитания 8В (ПКИП8В)

Предназначена для преобразования напряжения первичного источника питания 3,3В÷4,1В в напряжение 8В вторичного электропитания и коммутации его к потребителям.

Преобразователь состоит из одного канала преобразования.

Управление ПКИП8В осуществляется бортовым компьютером через контроллер СЭС, который связан с ПКИП8В по интерфейсу I2C.

Включение-выключение ключей и преобразователей осуществляется через I2C расширитель линий ввода-вывода.

Т.к. адресное пространство ПКИП8В пересекается с адресным пространством ПКИП5В, бортовой компьютер должен включить буфер I2C платы ПКИП8В, предварительно отключив буфер I2C платы ПКИП5В.

Бортовой компьютер имеет следующие управляющие и информационные возможности при работе с ПКИП8В:

- включать и выключать ключи;

- считывать ток каждого ключа;

- считывать мгновенную мощность нагрузки, подключенной к ключу;

- получать сигнализацию об уровне напряжения на выходе ключа, когда он находится в пределах 0,9÷1 от уровня входного напряжения (дискретный сигнал. Функция микросхемы ключа);

- устанавливать переделы изменения тока ключа и напряжения преобразователя 8В, при достижении которых сработает сигнализация (дискретный сигнал. Общий сигнал для всех ключей. Функция микросхемы датчика тока и напряжения);

- получать сигнализацию при выходе за установленные пределы уровня тока в цепи ключа (дискретный сигнал. Общий сигнал для всех ключей. Функция микросхемы датчика тока и напряжения);

- получать сигнализацию при выходе за установленные пределы уровня напряжения преобразователя 8В (дискретный сигнал. Общий сигнал для всех ключей. Функция микросхемы датчика тока и напряжения).

ПКИП8В содержит 10 ключей, выходы которых выведены на разъемы ББЦВМ для подачи электропитания внешним потребителям:

- 2 ключа для коммутации электропитания 8В;

- 6 ключей для коммутации нерегулируемого напряжения 3,3В÷4,1В;

- 2 ключа для коммутации линий с ограничением тока 2А.

На плате установлены датчики тока и напряжения, датчик температуры.

Каждый ключ имеет встроенную защиту от превышения установленного тока, короткого замыкания, от превышения максимальной температуры кристалла ключа.

Нагрузочная способность ключей запрограммирована аппаратно и составляет 10,5Вт (2,1А). При превышении этого значения ключ автоматически отключится. Изменить это значение может изготовитель. Максимальное возможное значение тока не должно превышать 5А. Чтобы включить ключ, необходимо провести цикл отключения и повторного включения не ранее, чем через 250мс после срабатывания защиты.

Каждый ключ имеет встроенную функцию защиты от короткого замыкания, которая отключит ключ от замкнутой цепи. Чтобы включить ключ, необходимо провести цикл отключения и повторного включения не ранее, чем через 250мс после срабатывания защиты.

Каждый ключ имеет встроенную функцию защиты от максимально температуры кристалла ключа, которая составляет 150оС, при превышении которой ключ отключит нагрузку. Чтобы включить ключ, необходимо провести цикл отключения и повторного включения не ранее, чем через 250мс после срабатывания защиты.

Ключ повторно не включится, если температура кристалла не опустилась ниже 130оС.

* 1. Плата заряда аккумуляторных батарей (ПЗАКБ)

Плата заряда аккумуляторных батарей предназначена для преобразования напряжения от солнечных панелей в напряжение первичного электропитания 3,3В÷4,1В.

В ПЗАКБ реализован алгоритм поиска и поддержания точки максимальной мощности солнечных панелей.

ПЗАКБ состоит из восьми каналов преобразования, работающих на шину первичного электропитания, к которым подключены солнечные панели.

Входное напряжение каждого канала может находится в пределах от 7В до 22В.

Максимальный выходной ток каналов 1÷4 составляет 4,2А, каналов 5÷8 2,77А.

На плате также установлены датчик температуры, датчики тока и напряжения солнечных панелей, датчик напряжения шины первичного электропитания, схема сброса ББЦВМ по сигналу Firecode, контроллер СЭС.

Контроллер СЭС осуществляет:

- сбор и обработку поступающей телеметрии СЭС;

- информационное взаимодействие с бортовым компьютером;

- управление элементами СЭС по командам от бортового компьютера.

Для обновления программного обеспечения контроллера СЭС и отладки на ПЗАКБ установлен разъем Molex 505567-0681.

Информационное взаимодействие контроллера СЭС с элементами ПЗАКБ осуществляется по выделенному интерфейсу I2C.

Информационное взаимодействие контроллера СЭС с бортовым компьютером осуществляется по интерфейсу USB.

* 1. Плата бортового компьютера (ПБК)

Плата бортового компьютера (бортовой компьютер) предназначена для общего управления КА и ББЦВМ, решения задач миссии.

На ПБК установлены:

- вычислительная система на модуле PCM-051 phyCORE-AM3359 на базе процессора AM3359, с установленной памятью NAND 1 ГБайт;

- преобразователь интерфейса I2C-1Wire;

- преобразователь интерфейса USB-UART (4 порта);

- преобразователь интерфейса UART-RS422;

- память NAND 16 Гбайт;

- слот для карты памяти micro-SD;

- датчик инерциальной системы MEMS;

- датчик магнетометра;

- датчик температуры;

- преобразователь напряжения шины первичного электропитания в напряжение 5В питания бортового компьютера;

- преобразователь напряжения 5В в 3,3В для питания установленных на ПБК схем и формирования опорного напряжения для приборов КА;

- сторожевой таймер.