

# ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 629.7

## УНИФИЦИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМ ОРИЕНТАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ МИКРОЭВМ

В.В. Некрасов, М.Ю. Щетинин  
(ФГУП «НПП ВНИИЭМ»)

Описан разработанный унифицированный модуль, обеспечивающий характеристики известных систем ориентации солнечных батарей (СОСБ) и их аналогов, и, обладающий лучшими массогабаритными и энергетическими показателями, а также большей вероятностью безотказной работы по отношению к известным электронным блокам СОСБ.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, микроЭВМ, модуль управления, система ориентации солнечных батарей, 1830BE31, 1830BE51, унифицированный модуль, логический микропроцессорный модуль, ЛУМ.

За десятилетия работы НПП ВНИИЭМ были созданы различные электронные блоки для управления приводами систем ориентации солнечных батарей (СОСБ) для КА.

Разнотипность данных блоков обусловлена характеристиками входных и выходных данных, заявленных

в технических заданиях для каждой конкретной СОСБ. В связи с существованием относительно большой номенклатуры созданных электронных блоков управления приводами СОСБ, появилась необходимость разработки унифицированного блока, который мог быть применен как для работы в составе уже созданных

СОСБ (при новых изготовлении), так и для новых СОСБ. Для определения основных требований и принципов построения унифицированного модуля были рассмотрены структуры ранее разработанных СОСБ. Были определены общие функции связи систем СОСБ с внешними устройствами и системами (рис. 1), такие как:

- прием и исполнение команд коммутации питания и фаз двигателей (обычно это команды: «включить основной канал», «включить резервный канал», «выключить питание», «выбрать режим 1 (или 2)»);
- прием и исполнение команд управления движением (обычно это команды: «движение вперед», «движение назад», «стоп»);
- прием и исполнение сигналов управления системой (обычно это сигналы с датчиков Солнца);
- прием и исполнение внутренних сигналов системы (обычно это сигналы с датчиков положения вала привода);
- формирование сигналов контроля работы системы (обычно это сигналы: «включенный ка-

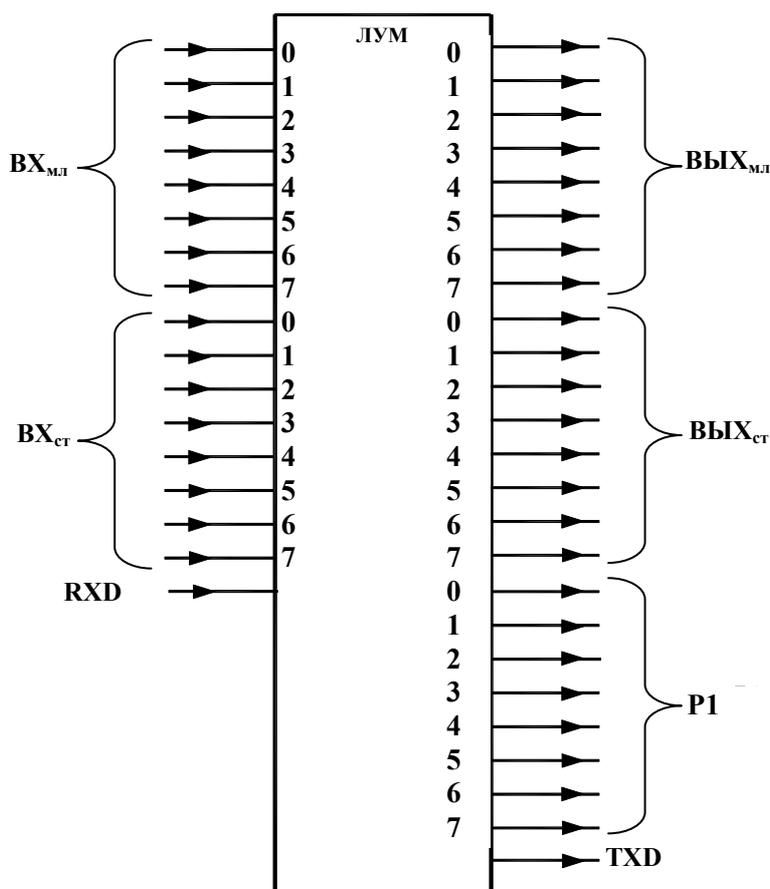


Рис. 1. Порты логического унифицированного модуля (ЛУМ)

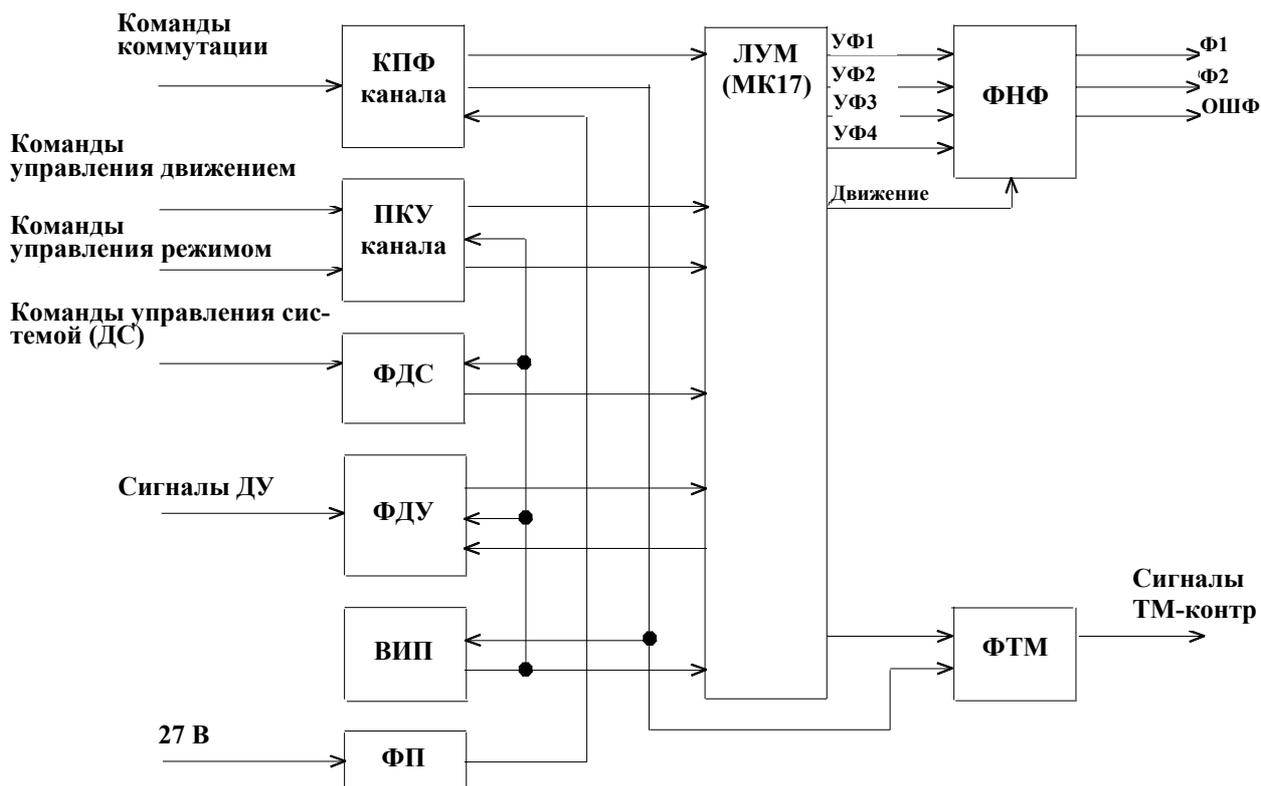


Рис. 2. Структурная схема модуля

нал», «питание включено», «движение включено», «направление движения», «включен режим 1 (или 2)» и сигнал углового положения привода);

- формирование переменного напряжения питания фаз двигателя привода (обычно это двух или трёх-фазное, одно- или двухполярное напряжение прямоугольной формы, амплитудой 5 – 27 В частотой 50 – 500 Гц при токах нагрузки до 1 А).

Также, исходя из проведенного анализа, были обозначены электрические параметры электронного блока управления (ЭБУ):

- электропитание блока должно осуществляться от бортовых шин напряжением 24 – 34 В при минимальном токе потребления, но не более 1 А;
- команды управления коммутацией каналов и выбора режимов должны поступать в виде импульсов напряжения шин электропитания длительностью 0,01 – 0,50 с при токе в цепи команды не более 1 А;
- команды управления движением («вперед», «назад») должны поступать в виде импульсов напряжения шин электропитания, длительностью 0,01 – 0,50 с при токе в цепи команды не более 1 А или в виде потенциала 4 – 10 В (относительно общей шины этих команд) при токе в цепи команды не более 0,01 А на всё необходимое время движения, команда «стоп» при этом может не использоваться;
- сигналы управления системой (от датчиков Солн-

ца) должны поступать в виде параллельного двоичного кода, обычно 2 – 4 разрядного, напряжением TTL-уровня, или от источника тока (при токе не более 10 мкА при отсутствии сигнала и 50 – 1000 мкА при его наличии).

Сигналы поступают относительно общей шины, гальванически развязанными отдельно на каждый канал блока;

- сигналы с датчика положения вала привода должны поступать в виде 6 – 8-разрядного двоичного кода.

Информация датчика должна соответствовать определенной таблице кодирования.

Электрические параметры сигналов аналогичны параметрам сигналов управления системой;

- сигналы контроля должны формироваться блоком в виде 4 – 8-разрядного двоичного кода, напряжением TTL-уровня, в соответствии с согласованной таблицей соответствия или в виде последовательного кода (по специальному согласованному протоколу).

Исходя из вышесказанного, а также из современных требований к аппаратному исполнению ЭБУ (требований по минимизации веса и габаритов ЭБУ, требований обеспечения высокой вероятности бесперебойной работы систем на его основе, а также обеспечения унификации изделия, т. е. быстрой и

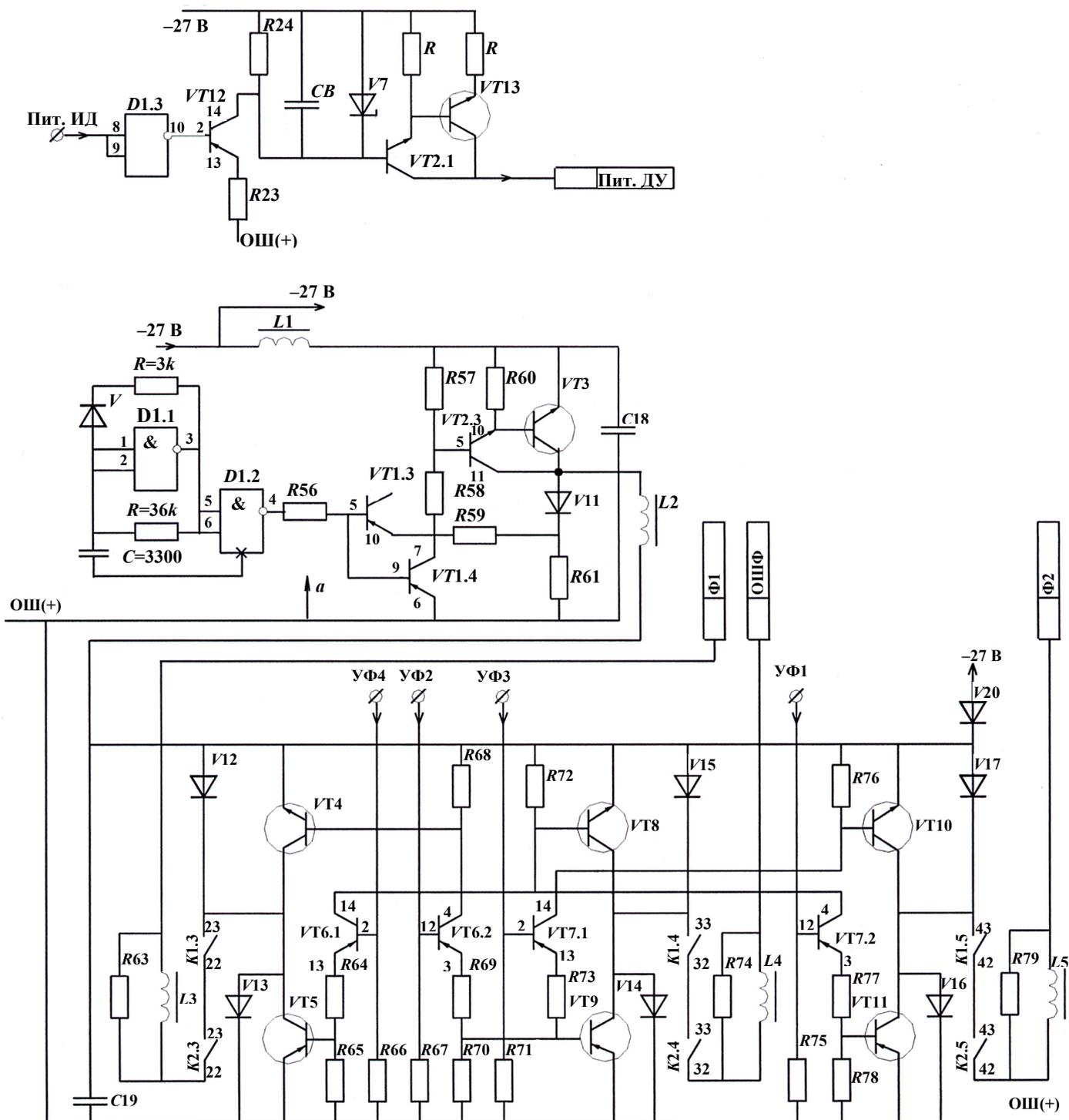


Рис. 3. Принципиальная схема формирователя напряжения питания фаз

лёгкой трансформации ЭБУ для применения в широком спектре систем СОСБ) целесообразно построить функциональное ядро ЭБУ на основе однокристалльной микроЭВМ с программируемой логикой – модуля микроконтроллера.

Такой микроконтроллер [1] возьмёт на себя функции приёма, логической обработки и формирования

практически всех внешних и внутренних сигналов управления, обеспечение необходимой логики функционирования системы, а также автоматический контроль её исправности. При этом для изменения функциональных параметров микроконтроллера с целью применимости его в различных изделиях понадобится только коррекция его программного обес-

печения, размещённого в ПЗУ.

Так как выбор типа микроконтроллера ограничен условием наличия его в ограничительном перечне ЭРИ для ракетно-космической продукции (Перечень ЭРИ-К), т.е. возможностями отечественного производства, а также наличием дешёвого и доступного отладочного ПО, и учитывая, что для решения задач СОСБ не требуется высокого быстродействия (требуемая постоянная времени системы больше 1 мс), выбрана однокристалльная микроЭВМ типа 1830BE31(BE51) [2 – 4], работающая на тактовой частоте 12 МГц (максимальное быстродействие – одна операция за 5 мкс) и содержащая, кроме 8-разрядного микропроцессора, четыре параллельных 8-разрядных двунаправленных порта и два таймера.

Выбранная микроЭВМ выполнена по КМОП-технологии, отличается сверхмалым потреблением и высоким входным импедансом. Электрические параметры микроЭВМ совместимы с параметрами TTL и КМОП логических микросхем, применяемых ранее в системах СОСБ [5]. В аппаратной составляющей модуля для обеспечения унификации под дальнейшее использование в разработках различных СОСБ имеет 2 входных ( $VX_{мл}$ ,  $VX_{ст}$ ), 3 выходных ( $VYX_{мл}$ ,  $VYX_{ст}$ , P1) 8-разрядных порта, а также последовательный порт, осуществляющий прием/передачу данных сериями по 8 бит (RXD-порт приема данных, TXD-порт передачи данных) (см. рис. 1).

Следует отметить, что узлы сопряжения ЛУМ, представленные на рис. 2, могут использоваться в качестве унифицированных для применения в различных СОСБ малых КА.

Данные электронные узлы, сопрягаемые с ЛУМ, служат для:

- питания модуля ЛУМ и электроники узлов сопряжения. Применён покупной унифицированный ВИП типа СНП27-06-0505 (+5 В, –5 В, 0,6 А) КЦАЯ.430604.003 ТУ, специально разработанный для применения в бортовой аппаратуре КА;
- преобразования аналоговых сигналов датчика Солнца и датчика углового положения привода в цифровые сигналы управления модулем (ФДС);
- для приёма команд коммутации каналов и режимов блока, приёма сигналов датчиков механического упора (КПФ и ПКУ);
- фильтра питания (ФП);
- для формирования и гальванической развязки цепей контрольных сигналов телеметрии (ФТМ);
- для формирования напряжения питания фаз (рис. 3) шагового двигателя привода солнечных батарей и питания излучающих диодов датчика углового положения привода.

Схема формирователя напряжения питания фаз шагового двигателя привода содержит стабилизатор тока фаз и три мощных ключа формирователя напряжения фаз, управляющих непосредственно запиткой фаз двигателя.

Стабилизатор тока выполнен по ключевой схеме на микросхеме D1, транзисторах VT1 – VT3, диоде VD11, дросселе L2 и конденсаторе C19. Генератор частоты 20 кГц со скважностью 10, выполненный на микросхеме D1, кратковременно закрывает открытый до этого транзистор VT1. Закрывание транзистора VT1 приводит к закрытию транзисторов VT2 и VT3. Ток нагрузки стабилизатора, текущий по дросселю L2 в моменты закрытия транзистора VT, протекает через диод V11 и резистор R61. Напряжение на этом резисторе, пропорциональное этому току, прикладывается через резистор R59 и Э-Б переход транзистора VT2 к базе транзистора VT1, что задерживает его открывание, причём при увеличении тока стабилизатора эта задержка увеличивается. Этим и обеспечивается отрицательная обратная связь по току нагрузки, т.е. стабилизация этого тока на уровне  $(0,50 \pm 0,05)A$  (определяется величиной резисторов R56, R59, R61). Выход стабилизатора тока нагружен на формирователь напряжения фаз двигателя на транзисторах VT4 – VT11, который управляется сигналом переключения фаз (УФ1 – УФ4) от ЛУМ. Транзисторы VT4, VT5 коммутируют цепь фазы Ф1, VT10, VT11 – цепь фазы Ф2, а транзисторы VT8, VT9 – цепь общей точки (шины) фаз Ф1 и Ф2. Импульсное питание излучающих диодов датчика углового положения обеспечивается схемой стабилизатора тока на транзисторах VT12, VT13, управляемого от ЛУМ. На время наличия импульса лог.1 на входе схемы и на её выходе формируется импульс стабилизированного тока  $(90 \pm 8) mA$  питания излучающих диодов датчика.

Схемы прочих узлов сопряжения с ЛУМ достаточно просты и в данной работе не рассматриваются.

Программное обеспечение, написанное на языке Ассемблер [2, 6], обеспечивает необходимую логику управления СОСБ, управление всеми портами микроконтроллера; осуществляет логическую обработку информации входных сигналов; выводит обработанные и преобразованные данные в соответствующие выходные порты микроконтроллера.

Функциональные возможности микроконтроллера обусловлены предельно возможной емкостью памяти программ и максимальным быстродействием (в соответствии с характеристиками ОМЭВМ). В микроконтроллере ПЗУ (Перечень ЭРИ-К) выбрано емкостью 8 Кбайт (эта величина взята с запасом в не-

сколько раз), при необходимости емкость ПЗУ можно еще увеличить до 64 Кбайт. Быстродействие модуля определяется частотой выбранного кварца и составляет не менее 500 тыс. операций в секунду.

Программное обеспечение унифицированного модуля выполнено структурированным с целью обеспечения лёгкости его модификации. Оно разбито на программные блоки, выполняющие определённые функциональные задачи, общие для рассмотренных СОСБ.

Для проведения испытаний работоспособности унифицированного логического микропроцессорного модуля, согласно разработанной электрической принципиальной схеме, был собран макет модуля. В качестве примера программного обеспечения использовался текст программы записанный в ПЗУ [7], разработанный как аналог одного из электронных блоков управления эксплуатирующихся в настоящее время. Результаты испытаний подтвердили полное соответствие модуля требованиям предъявленным к его работе, а также его унификацию.

В заключении можно сказать, что завершён первый этап разработки модуля и его программно-го обеспечения, усовершенствование и оптимизация модуля в настоящее время продолжается.

### **Литература**

1. Тихомиров Э.Л. Микропроцессорное управление электроприводами станков с ЧПУ / Э.Л. Тихомиров, В.В. Васильев, Б.Г. Коровин [и др.] – М.: Машиностроение, 1990.
2. Применение однокристалльных восьмиразрядных микро-ЭВМ КМ1816ВЕ51/КР1816ВЕ51/КР1816ВЕ31: информационно-справочное издание. – 1986.
3. Сташин Б.В. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах / Б.В. Сташин, А.В. Урусов, О.В. Мологонцева. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! / А.В. Фрунзе, А.А. Фрунзе. – М.: ООО «ИД СКИМЕН», 2003.
5. Шило В.Л. Популярные микросхемы КМОП: справочник / В.Л. Шило. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001г.
6. «Eight-bit 80 C51Embedded Processors», Advanced Micro Devices, 1990, Sunnyvale, California, USA.
7. Единая система программной документации. – Издательство стандартов, 1998 г.

*Владимир Викторович Некрасов, инженер, т. 366-20-56.  
Михаил Юрьевич Щетинин, начальник лаборатории, т. 366-20-56.  
E-mail: vniiem@vniiem.ru.*