

МОДУЛЬ МУЛЬТИПЛЕКСНОГО КАНАЛА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

С. А. Щербаков*, В. В. Игнатовский, С. Ю. Филонова

АО «Научно-производственный центр «Полус»
Российская Федерация, 634050, г. Томск, просп. Кирова, 56в
*E-mail: polus@online.tomsk.net

Статья посвящена вопросам работы с интерфейсом мультимплексного канала обмена информацией, описанным в ГОСТ Р 52070–2003 и зарубежном стандарте MIL-STD-1553B. Во введении рассматриваются абоненты интерфейса, функционирующие в составе системы обмена информацией, и актуальные модули, выполняющие функции оконечных устройств в бортовой аппаратуре космических аппаратов.

Далее внимание уделено модулю, активно используемому в настоящее время. Указываются его основные недостатки и проблемы использования в космической аппаратуре, приводится структурная схема устройства. Представлены текущие разработки, проводимые в НПЦ «Полус», связанные с реализацией интерфейса мультимплексного канала обмена и с модулями оконечных устройств: на базе СБИС Н1582ВЖ2 и Н1582ВЖ3В. Приводятся недостатки модуля, основанного на СБИС Н1582ВЖ2, в дальнейшем устраненные в модуле на базе СБИС Н1582ВЖ3В. Рассмотрены их структурно-функциональные схемы, кратко описан принцип работы модуля с Н1582ВЖ2 и более подробно рассказано о функционировании модуля с Н1582ВЖ3В. Показаны временные диаграммы логики работы модуля обмена и циклограммы режима записи во внешние устройства и чтения из внешних устройств по параллельному интерфейсу, подробно описаны указанные циклограммы. Приведена фотография модуля мультимплексного канала с СБИС Н1582ВЖ3В.

Представлены результаты тестирования разработанного модуля на базе СБИС Н1582ВЖ3В на соответствие ГОСТ Р 52070–2003. Рассказывается о проверке на соответствие логическому протоколу интерфейса, а также приведены данные проверки электрических параметров сигналов, в частности, входных и выходных. Описана и представлена в виде диаграмм реакция модуля на некоторые команды управления. Приведены осциллограммы электрических сигналов, а их подробные характеристики собраны в таблицы.

В заключение приводится представленное в виде таблицы сравнение модулей, упомянутых ранее. В качестве вывода авторы рассуждают о возможном применении разработанного модуля в бортовой аппаратуре космических аппаратов.

Ключевые слова: мультимплексный канал обмена, модуль обмена, оконечное устройство, командное слово, ответное слово.

Vestnik SibGAU
Vol. 16, No. 1, P. 214–223**INFORMATION INTERCHANGE MULTIPLEX CHANNEL MODULE**

S. A. Shcherbakov*, V. V. Ignatovskiy, S. Yu. Filonova

SC “Scientific&Industrial Centre “Polyus”
56v, Kirov Av., Tomsk, 634050, Russian Federation
*E-mail: polus@online.tomsk.net

This paper refers to the work with the interface of information interchange multiplex channel described in GOST R 52070-2003 and foreign standard MIL-STD-1553B. In introduction authors discuss the interface of consumers, operating in a system of information exchange, and the actual modules that function as endpoints in onboard spacecraft equipment.

Further attention is given to the module which is actively used nowadays. In the article module's main disadvantages and problems of using in the spacecraft equipment are specified, the block diagram of the device is presented. The article also presents the current developments associated with the interchange multiplex interface modules and terminal devices that carried out in RPC “Polyus”. Thus, the article presents two versions of modules, based on ASIC N1582VJ2 and N1582VJ3V. The shortcomings of the module, based on ASIC N1582VJ2, are given, further eliminated in the module based on N1582VJ3V. Their structural and functional diagrams are considered, briefly described the principle of operation of the module based on N1582VJ2, and the functioning of the module based on N1582VJ3V is described in more detail. Timing diagrams of the exchange module logic and the switching diagrams of the parallel interface read and write mode to external devices are shown, and the last are described in detail. A photo of the multiplex channel module based on N1582VJ3V is presented.

Next, the authors publish the results of testing the developed module based on N1582VJ3V against GOST R 52070-2003. The verification of compliance to the logical interface protocol, as well as the electrical parameters of the signals, in particular the input and output, is described. The module response to some commands in the form of diagrams is presented and described. The waveforms of electrical signals are shown, and their detailed characteristics are collected in the table.

In conclusion, the article gives the tabular comparison of the modules mentioned earlier. In the end, the authors talk about the possible uses of the module in the onboard equipment of spacecraft.

Keywords: interchange multiplex channel, interchange module, remote terminal, command word, response word.

Введение. В настоящее время в космических аппаратах в качестве межсистемной магистрали для связи отдельных бортовых систем с бортовым компьютером применяется мультиплексный канал обмена (МКО) по ГОСТ Р 52070–2003 и MIL-STD-1553B [1; 2]. Абоненты интерфейса МКО представлены тремя отдельными устройствами [3]:

- контроллер шины (КШ) МКО, управляющий обменом информацией в интерфейсе, включая передачу команд в магистраль, прием и передачу слов данных (СД), прием и контроль ответной информации о состоянии оконечных устройств и абонентов [4];

- оконечное устройство (ОУ) МКО, функционирующее в соответствии с командами КШ, которое должно распознавать командные слова (КС) от КШ и отвечать на них, и выполнять команды управления;

- монитор шины, осуществляющий отбор информации, передаваемой по информационной магистрали, техническое обслуживание, регистрацию параметров и анализ решаемых задач [5].

Блоки приборов космических аппаратов, выпускаемые предприятиями космической отрасли, чаще всего применяются в качестве ОУ при обмене информацией с бортовым компьютером. Реализуют это специальные автономные модули МКО. В настоящее

время широко применяются модули производства ОАО «Субмикрон» [6] и ЗАО НТЦ «Модуль» [7–9].

Обзор модулей мультиплексного канала обмена.

Модуль МО МКО производства ОАО «Субмикрон» (рис. 1) выполняет основные команды управления интерфейса обмена согласно ГОСТ Р 52070–2003. Конструктивно он состоит из дискретных элементов на керамической плате с планарными выводами. Для его функционирования требуются внешние электро-радиоизделия (ЭРИ). Кроме того, модуль содержит ЭРИ иностранного производства промышленного качества исполнения, и для его работы требуется питание от двух источников напряжения +5 и +12 В.

В качестве альтернативы данному модулю в АО «НПЦ «Полнос» проведена разработка собственного модуля оконечного устройства. МОУ МКО (рис. 2), который базируется на СБИС Н1582ВЖ2-0361 производства НПО «Физика», (г. Москва), выполняет основные команды управления, предусмотренные ГОСТ Р 52070–2003, и формирует три признака в ответном слове [10]. Конструкция устройства представляет собой встраиваемый модуль, выполненный на печатной плате размером 75×75 мм. Питание осуществляется от двух источников напряжения +5 и +9 В.

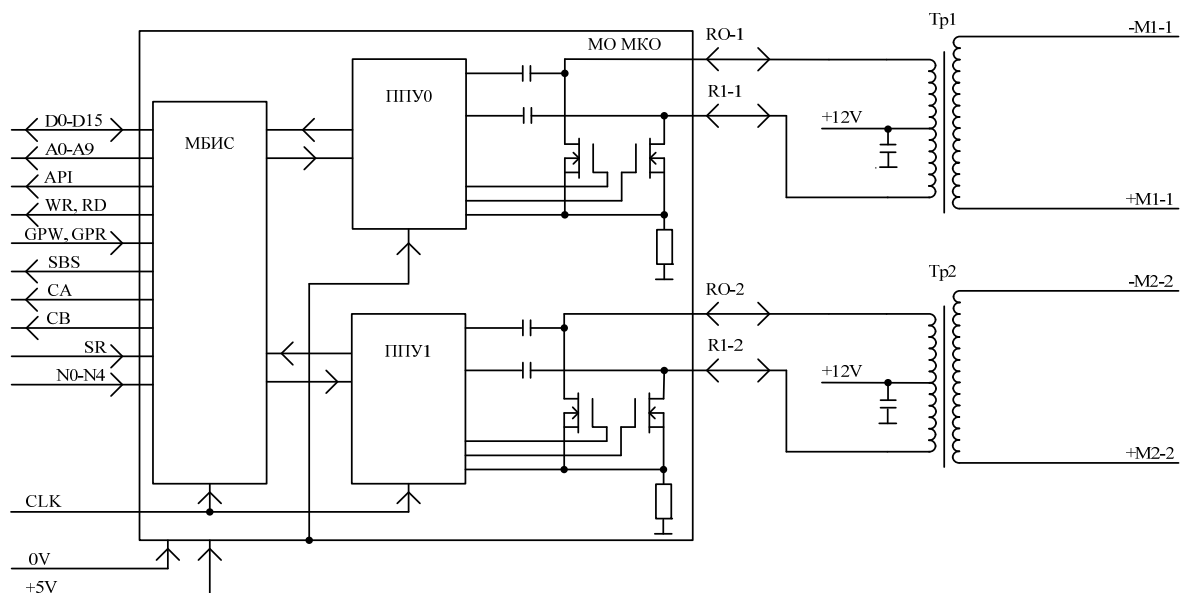


Рис. 1. Структурная схема МО МКО производства ОАО «Субмикрон»: МБИС – контроллер обмена; ППУ0, ППУ1 – приемопередающие устройства основного и резервного каналов; A0–A9 – шина адреса; D0–D15 – шина данных; API – сигнал активации шины; WR/RD – строб записи/чтения; GPW/GPR – сигнал готовности записи/чтения; SBS – сигнал сбоя обмена; CA/CB – сигналы управления; SR – сигнал начальной установки; N0–N4 – адрес ОУ; CLK – сигнал тактовой частоты; -M1-1, +M1-1, -M2-2, +M2-2 – линия МКО; Tp1, Tp2 – трансформаторы гальванической развязки; +5V/+12V/0V – выходы питания

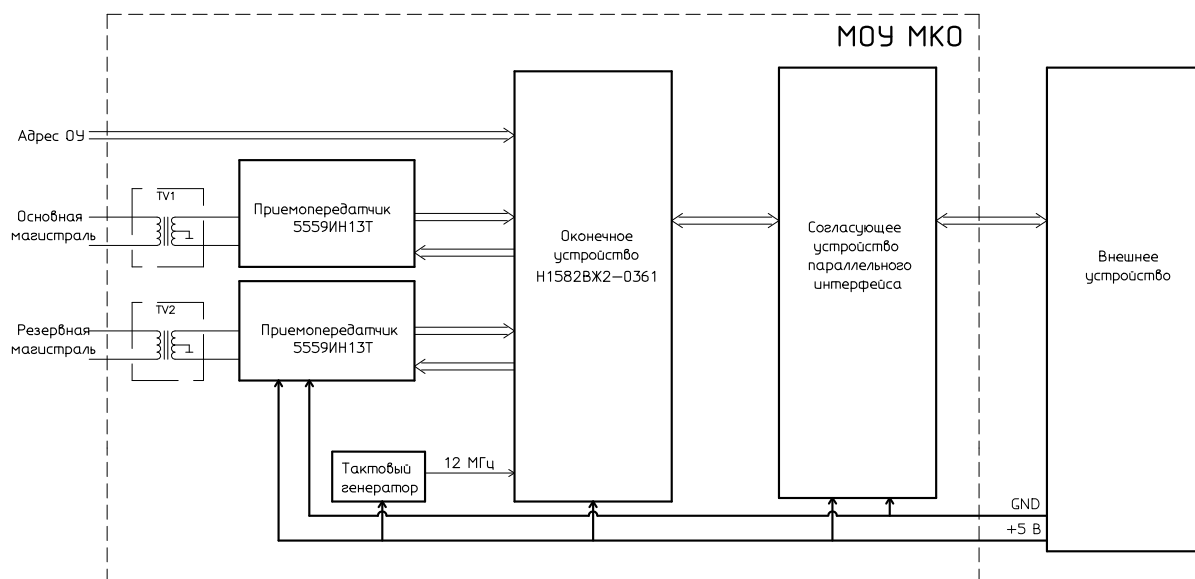


Рис. 2. Структурная схема МОУ МКО (Н1582ВЖ2-0361):
TV1, TV2 – трансформаторы гальванической развязки

Модуль функционирует в составе аппаратуры пользователя автономно, команды управления выполняет без участия аппаратуры пользователя, команды передачи данных выполняются через дублированную гальванически развязанную двунаправленную шину (основная/резервная магистраль). Интерфейс с внешним устройством представляет собой двунаправленную 12-разрядную шину данных, 10-разрядную шину адреса, управляемые сигналами сопровождения обмена WR/RD (строб записи/чтения), API (сигнал активации шины данных). Согласующее устройство параллельного интерфейса служит для сопряжения уровней сигналов ОУ с уровнями сигналов внешнего устройства.

ОУ на базе СБИС Н1582ВЖ2-0361 в соответствии с рекомендациями производителя работает с приемопередатчиками 5559ИН13Т [11]. Однако данная микросхема имеет ряд недостатков. Во-первых, для реализации МКО одной микросхемы приемопередатчика недостаточно, приходится использовать две. Во-вторых, она не удовлетворяет жестким требованиям по стойкости к воздействию специальных факторов космического пространства, что накладывает ограничение на применение МОУ МКО в составе бортовой аппаратуры [12].

Исходя из вышесказанного, в АО «НПП «Полус» был разработан модуль мультиплексного канала обмена информацией на основе СБИС Н1582ВЖ3В-0244, в котором устранены перечисленные недостатки (рис. 3). Он более соответствует логическому протоколу ГОСТ Р 52070–2003 и питается от одного источника напряжения +5 В. СБИС Н1582ВЖ3В-0244 способна работать со всеми десятью форматами сообщений, имеет увеличенный в два раза интервал обмена с подсистемой [13]. МОУ МКО представляет собой встраиваемую конструкцию, выполненную на печатной плате размером 75×75 мм (рис. 4).

Приемопередатчики обеспечивают передачу информации биполярным фазоманипулированным кодом «Манчестер II» [14]. Резервирование линии передачи информации осуществляется на уровне приемопередатчиков.

Трансформаторы гальванической развязки (Тр) предназначены для подключения МОУ МКО к магистральной шине.

ОУ выполняет прием и дешифрацию командных слов КШ, формирует и выдает в канал ОС, выполняет команды управления КШ без участия аппаратуры пользователя, обеспечивает форматы сообщений 1, 2, 4 в соответствии с ГОСТ Р 52070–2003. Обмен данными между модулем и внешним устройством происходит только по инициативе ОУ.

ГОЧ синхронизирует обмен данными между МОУ МКО и контроллером шины по МКО и между МОУ МКО и внешним устройством по параллельному интерфейсу.

ФУС формирует стробы записи WR и чтения RD, сигнал активации шины параллельного интерфейса API, а также сигналы управления БВС и ОУ.

БВС выполняет функцию самоконтроля ОУ. При получении команды управления «Начать самоконтроль ОУ» ОУ передает ОС и МОУ МКО переходит в соответствующий режим. При этом процедуры записи и чтения происходят следующим образом. По КС на запись, полученному с МКО, БВС фиксирует в регистре последнее СД. По КС чтения, полученному с МКО, МОУ МКО выдает данные из регистра БВС. В случае чтения нескольких СД выдается одно и то же записанное, последнее из них (рис. 5).

В каждый момент времени функционирует только один информационный канал (основной или резервный), второй находится в ненагруженном состоянии.

Адрес ОУ устанавливается замыканием внешних контактов МОУ МКО.

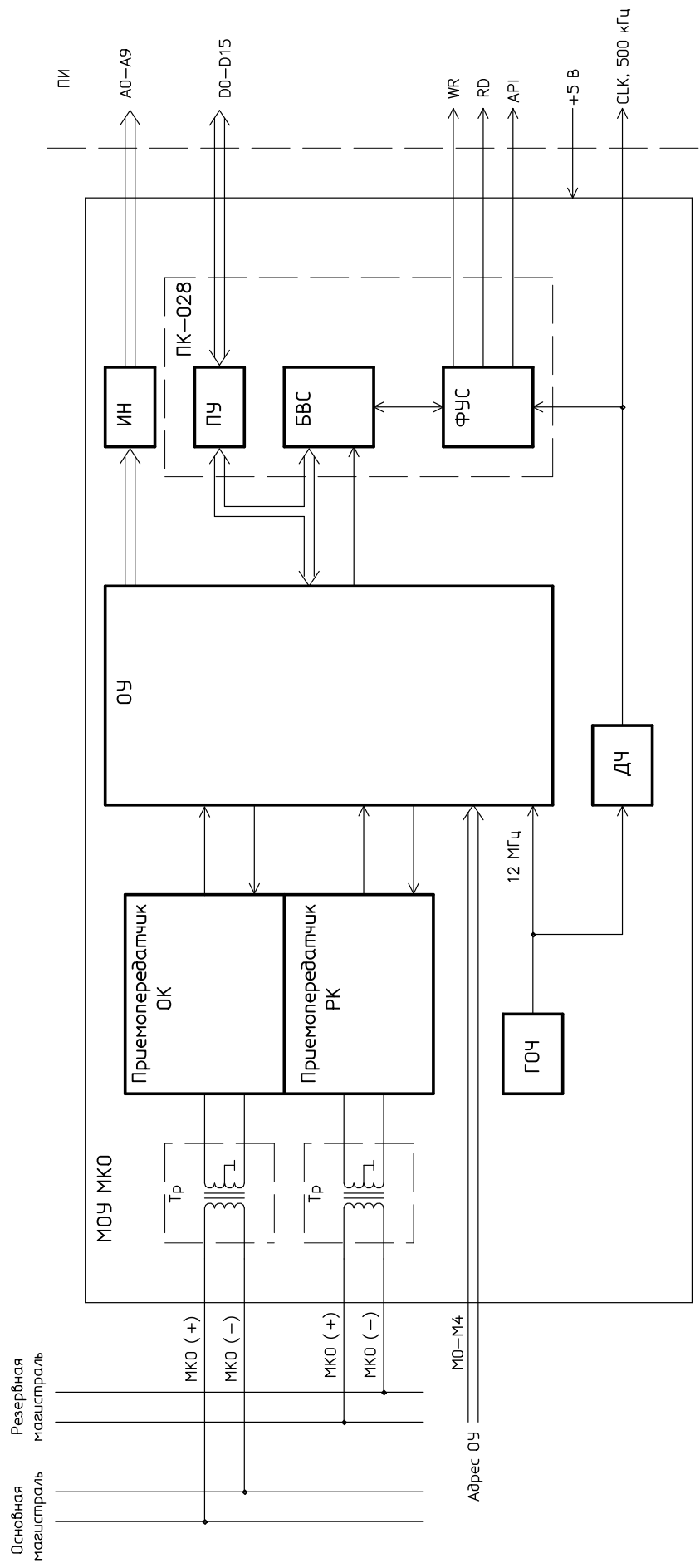


Рис. 3. Структурная схема МОУ МКО (H1582BЖЗВ-0244): МО-М4 – цепь сигналов установки адреса МОУ МКО; МОУ МКО – модуль оконечного устройства мультитиплексного канала обмена; Тр – трансформаторы гальванической развязки; ОК – основной канал; РК – резервный канал; ГОЧ – генератор опорной частоты; ДЧ – делитель частоты; ОУ – оконечное устройство; ИН – инвертор; ПУ – преобразователь уровня; БВС – блок выполнения самоконтроля; ФУС – формирователь управляющих сигналов; А0-А9 – шина адреса; Д0-Д15 – шина данных; ПИ – параллельный интерфейс; WR – цепь stroba записи; RD – цепь stroba чтения; API – цепь stroba чтения; API – цепь сигнала активизации шины ПИ; CLK – цепь сигнала тактовой частоты 500 кГц

В режиме записи информации (рис. 6) МОУ МКО выдает во внешнее устройство сигнал активизации шины «API» (после проверки ОУ командного слова на достоверность) и адрес на шину адреса. Разряды адреса A0–A4 образуются в счетчике слов ОУ, A5–A9 – разряды полученного КС (подадрес внешнего устройства). Через время $t_2 = 4$ мкс ФУС формирует внутренний строб разрешения вывода данных ST для ОУ, МОУ МКО выдает данные на шину D0–D15. Через время $t_3 = 6$ мкс от начала выдачи сигнала «API» модуль формирует сигнал записи «WR», стробируя передачу данных в выбранное внешнее устройство. После снятия сигнала «API» шина D0–D15 переводится в Z-состояние.

В цикле записи МОУ МКО анализирует каждое принятое СД на достоверность с последующей записью во внешнее устройство.

В цикле чтения (рис. 7) МОУ МКО выдает во внешнее устройство сигнал активизации шины «API» (после проверки ОУ командного слова на достоверность), а на шину адреса «A0–A9» – адрес внешнего устройства. Разряды адреса A0–A4 формируются в счетчике слов ОУ, A5–A9 – разряды полученного КС (подадрес внешнего устройства). Через время $t_2 = 6$ мкс МОУ МКО формирует сигнал чтения «RD», стробируя передачу данных из внешнего устройства на шину D0–D15. Через время $t_3 = 10$ мкс от начала

выдачи сигнала «API» ФУС формирует строб записи во внутренний буфер ОУ ST, МОУ МКО фиксирует прием данных из внешнего устройства. После снятия сигнала «API» шина D0–D15 переводится в Z-состояние.

Разработанные модули мультимплексного канала обмена информацией прошли испытания на соответствие логического протокола обмена и электрических параметров заданным требованиям. В рамках логического протокола проведена проверка выполнения модулем команд управления «Передать ответное слово», «Блокировать передатчик», «Разблокировать передатчик», «Установить окончное устройство в исходное состояние», «Начать самоконтроль» и других согласно ГОСТ Р 52070–2003. Проверены входные и выходные параметры сигналов, переходные процессы, возникающие в процессе включения, отключения питания, формирования логических уровней и т. д. [15], а также электромагнитная совместимость модуля с внешними устройствами.

Диаграммы работы модуля при получении команд управления «Блокировать передатчик» и «Разблокировать передатчик» показаны на рис. 8. В качестве проверки выполнения данных команд по магистральному интерфейсу отправлялась команда «Передать ответное слово».

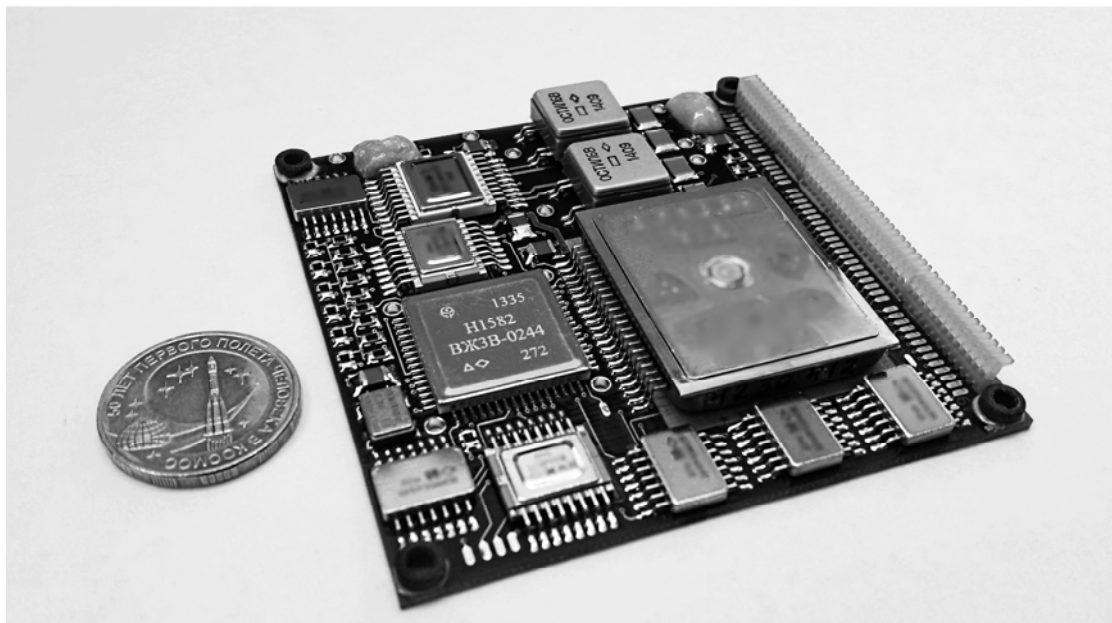


Рис. 4. МОУ МКО на базе СБИС H1582ВЖЗВ-0244

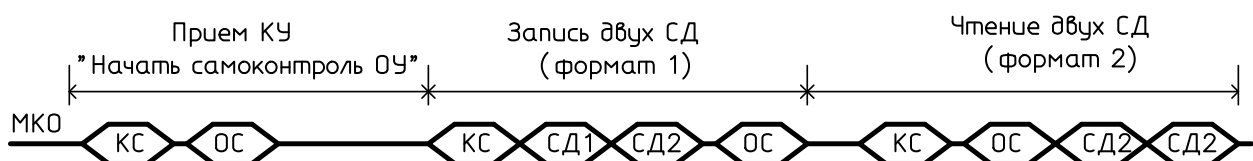


Рис. 5. Временная диаграмма процедуры записи и чтения в режиме самоконтроля

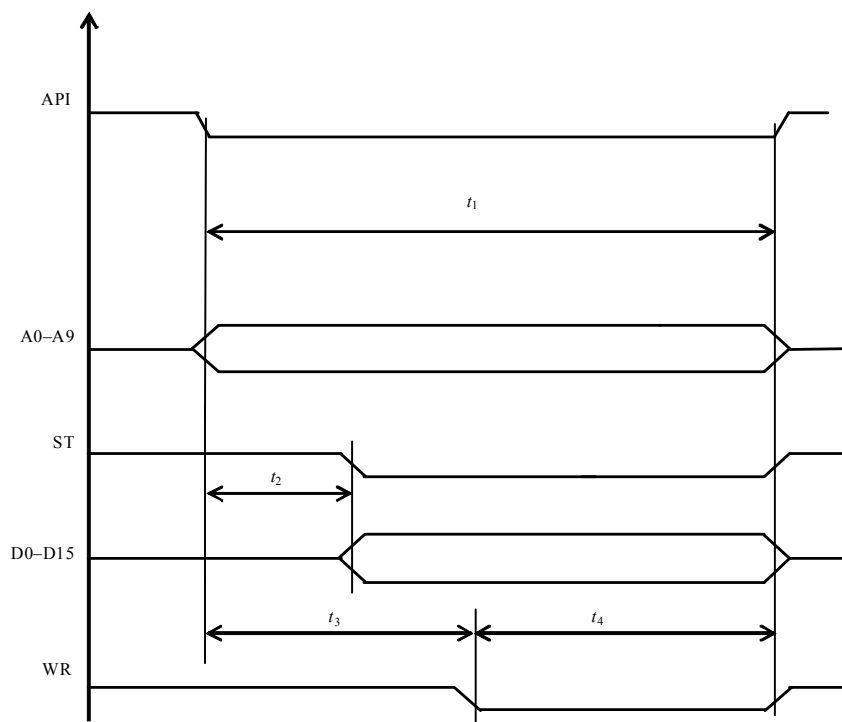


Рис. 6. Временная диаграмма записи одного СД по параллельному интерфейсу:
 $t_1 = 14$ мкс; $t_2 = 4$ мкс; $t_3 = 6$ мкс; $t_4 = 8$ мкс

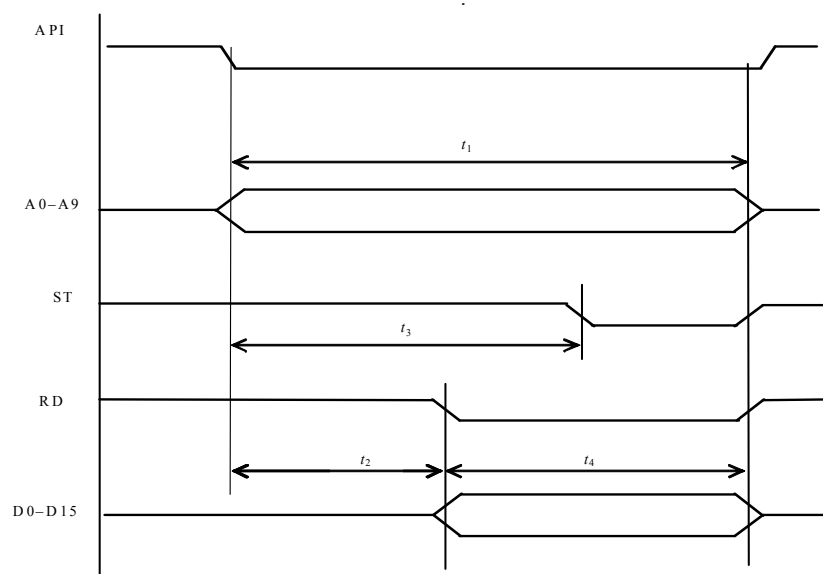


Рис. 7. Временная диаграмма чтения одного СД по параллельному интерфейсу:
 $t_1 = 14$ мкс; $t_2 = 6$ мкс; $t_3 = 10$ мкс; $t_4 = 4$ мкс

Входные характеристики модуля МОУ МКО проверялись по следующим параметрам:

- размах входного сигнала $U_{\text{в}}$;
- длительность фронта входного сигнала $t_{\text{ф}}$;
- длительность спада входного сигнала $t_{\text{с}}$;
- длительность импульса входного сигнала $t_{\text{и}}$;
- выбросы на вершине входного сигнала b_1, b_2 .

Параметры сигналов измерялись при подаче на модуль команды обмена данными на прием информации по магистральной шине (рис. 9). Параметры сигналов приведены в табл. 1.

Проверка выходных характеристик модуля проводилась аналогичным образом, но с командой передачи данных (рис. 10). Параметры выходных сигналов модуля приведены в табл. 2.

Заключение. Из приведенных результатов следует, что разработанный модуль МКО на базе СБИС Н1582ВЖ3В-0244 удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 52070–2003. В табл. 3 даны сравнительные характеристики МОУ МКО на базе СБИС Н1582ВЖ2 и Н1582ВЖ3В, а также модуля производства ОАО «Субмикрон».

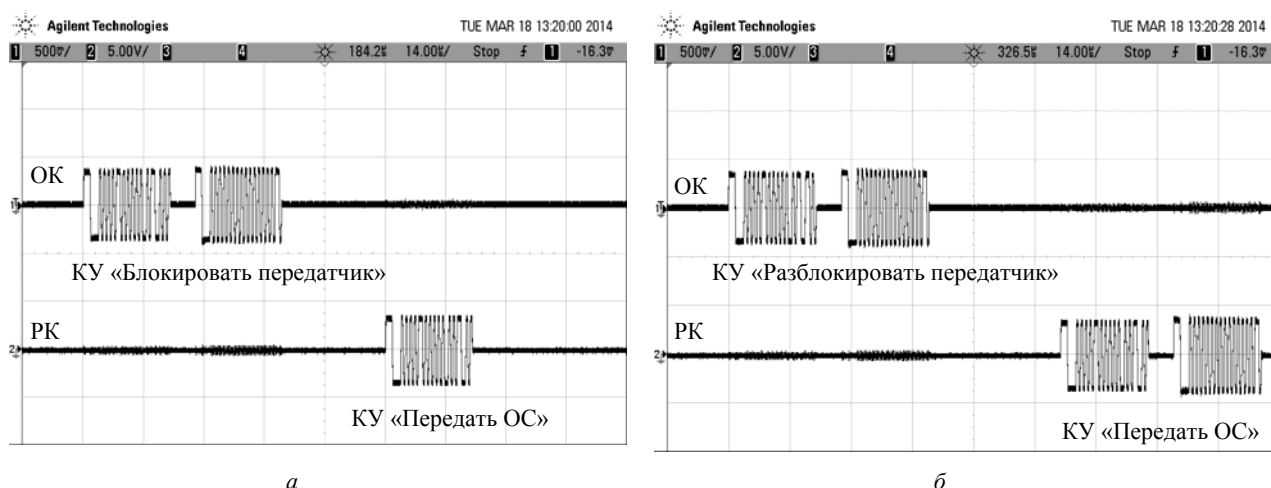


Рис. 8. Реакция модуля на команду управления «Блокировать передатчик» (а), «Разблокировать передатчик» (б)

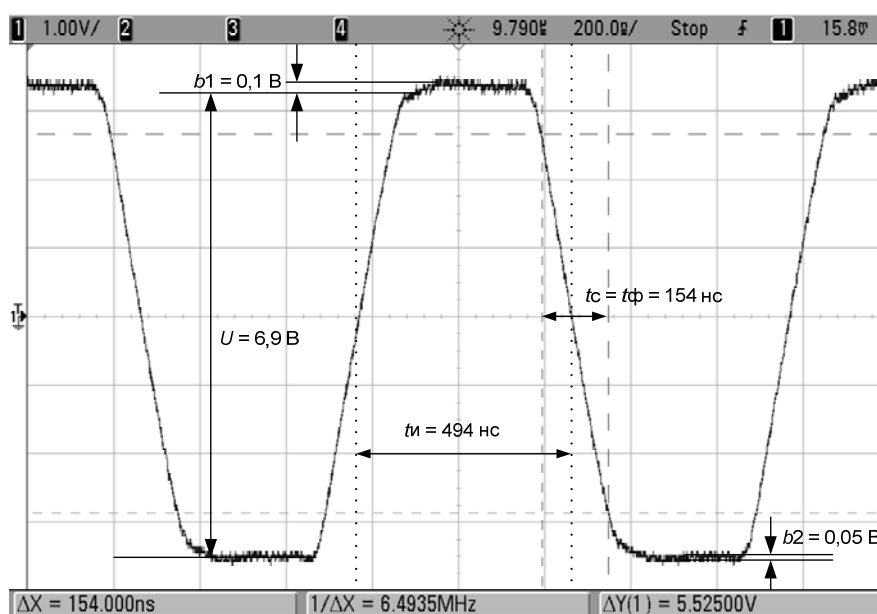


Рис. 9. Входной сигнал, выдаваемый в модуль по линиям МКО

Таблица 1

Результаты проверки входных параметров модуля

Наименование параметра	Значение параметра в соответствии с ГОСТ Р 52070–2003	Значение параметра на основном канале	Значение параметра на резервном канале
Размах входного сигнала $U_{\text{в}}$, В	1,2–20,0	6,9	6,88
Длительность фронта входного сигнала $t_{\text{ф}}$, нс	Не оговаривается	154	167,2
Длительность спада входного сигнала $t_{\text{с}}$, нс	Не оговаривается	154	168
Длительность импульса входного сигнала между точками пересечения нулевого уровня $t_{\text{и}}$, нс	500 ± 150	494	497
	1000 ± 150	996	996
	1500 ± 150	1498	1496,8
	2000 ± 150	1998,6	1991,6
Выброс на вершине входного сигнала b_1 , В	Не оговаривается	0,1	0,09
Выброс на вершине входного сигнала b_2 , В	Не оговаривается	0,05	0,11

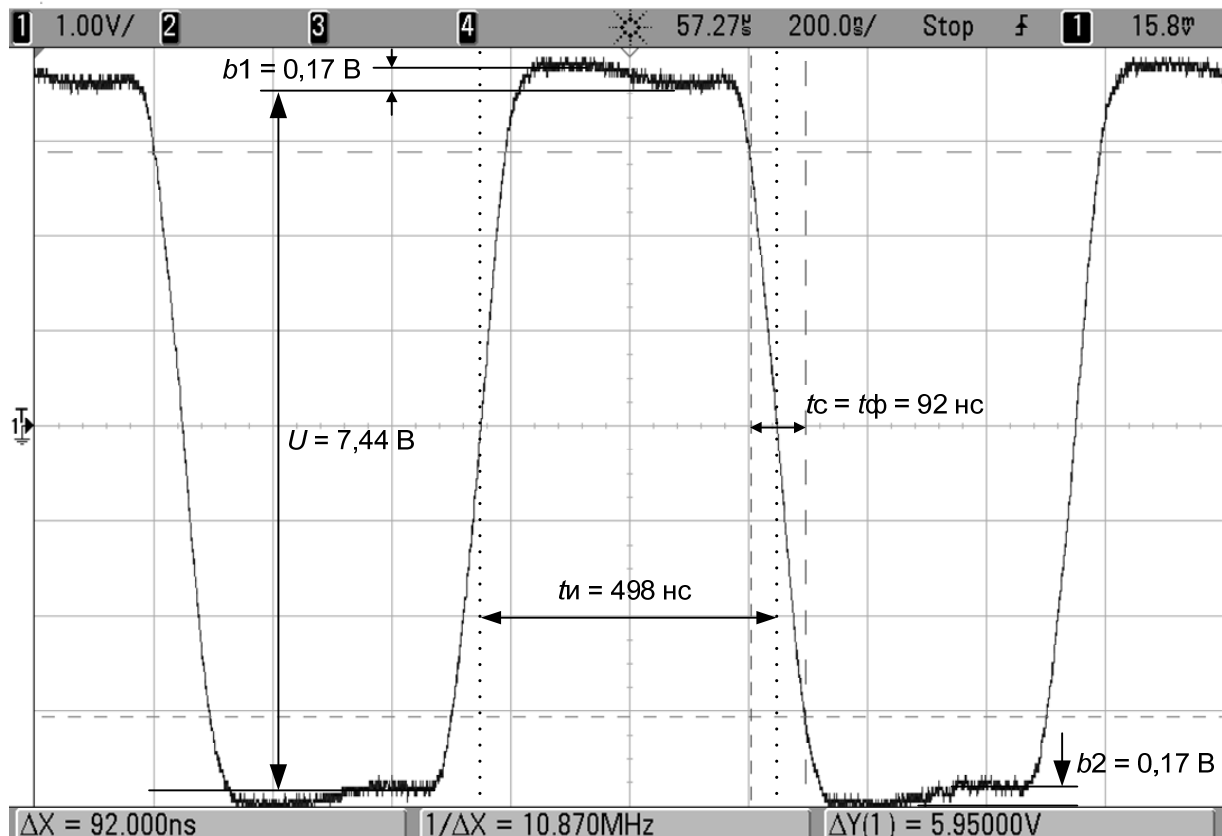


Рис. 10. Выходной сигнал, выдаваемый модулем по линиям МКО

Таблица 2

Результаты проверки выходных параметров модуля

Наименование параметра	Значение параметра в соответствии с ГОСТ Р 52070–2003	Значение параметра на основном канале	Значение параметра на резервном канале
Размах выходного сигнала $U_{\text{п}}$, В	6–9	7,44	7,37
Длительность фронта выходного сигнала $t_{\text{ф}}$, нс	100–300	102,0	113,2
Длительность спада выходного сигнала $t_{\text{с}}$, нс	100–300	102,0	116,1
Длительность импульса выходного сигнала между точками пересечения нулевого уровня $t_{\text{и}}$, нс	500 ± 25	498,0	497,8
	1000 ± 25	998,4	999,2
	1500 ± 25	1496,1	1497,8
	2000 ± 25	1999,2	1998,8
Выброс на вершине выходного сигнала b_1 , В, не более	$\pm 0,3$	0,17	0,16
Выброс на вершине выходного сигнала b_2 , В, не более	$\pm 0,3$	0,17	0,17
Выходное динамическое напряжение сдвига $U_{\text{ост}}$, мВ	± 90	–47	–49

Таблица 3

Сравнительные характеристики модулей МКО

Характеристика	МО МКО (ОАО «Субмикрон»)	МОУ МКО (Н1582ВЖ2-0361)	МОУ МКО (Н1582ВЖ3В-0244)
Выполняемые команды управления по ГОСТ Р 52070–2003	«Передать ОС», «Блокировать передатчик», «Разблокировать передатчик», «Установить ОУ в исходное состояние», «Начать самоконтроль ОУ»	«Передать ОС», «Блокировать передатчик», «Разблокировать передатчик», «Установить ОУ в исходное состояние», «Передать последнюю команду»	«Передать ОС», «Блокировать передатчик», «Разблокировать передатчик», «Установить ОУ в исходное состояние», «Начать самоконтроль ОУ», «Передать последнюю команду», «Блокировать признак неисправности ОУ», «Разблокировать признак неисправности ОУ»

Характеристика	МО МКО (ОАО «Субмикрон»)	МОУ МКО (Н1582ВЖ2-0361)	МОУ МКО (Н1582ВЖ3В-0244)
Используемые признаки о состоянии ОУ в ответном слове	«Ошибка в сообщении», «Абонент занят»	«Ошибка в сообщении», «Принята групповая команда», «Неисправность ОУ»	«Ошибка в сообщении», «Запрос на обслуживание», «Принята групповая команда», «Абонент занят», «Неисправность абонента», «Неисправность ОУ», «Принято управление интерфейсом»
Мощность потребления, Вт, не более:			
– в активном режиме	0,3 (+5 В), 0,6 (+12 В)	0,9	0,9
– в неактивном режиме	0,2	0,2	0,3
Масса, г	20 (48*)	65	65
Габаритные размеры, мм	50,5×36,4×5,0 (100×62×13,5*)	75×75×11,8	75×75×11,8

* – с учетом дополнительных ЭРИ, необходимых для работы.

Исходя из приведенной таблицы, можно сделать вывод, что модуль МОУ МКО на базе СБИС Н1582ВЖ3В является усовершенствованной версией модуля МОУ МКО на базе СБИС Н1582ВЖ2. Он играет в габаритных размерах в сравнении с МО МКО, для которого требуются дополнительные ЭРИ и два источника питания, имеет более широкий спектр обрабатываемых команд управления и используемых признаков в ответном слове, а также питается от одного источника напряжения, что упрощает работу. В его составе имеются все необходимые компоненты для автономной работы. В заключение можно сказать, что разработанный модуль оконечного устройства на базе СБИС Н1582ВЖ3В является актуальной альтернативой для применения в устройствах бортовой аппаратуры, использующих в качестве межблочной связи интерфейс магистрального канала обмена информацией (ГОСТ Р 52070–2003).

Библиографические ссылки

1. Лукьянов Л. М., Подлесный Э. С. Использование мультимплексного канала информационного обмена бортовых цифровых вычислительных систем для наземных испытаний космических аппаратов // Вопросы электромеханики : Труды НИИ ВНИИЭМ. К 60-летию основания института. 2001. Т. 100. С. 80–88.
2. MIL-STD-1533. [Электронный ресурс]. Tutorial. URL: <http://www.aim-online.com/pdf/OVW1553.pdf> (дата обращения: 22.10.2014).
3. ГОСТ Р 52070–2003. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Общие требования. М. : Изд-во стандартов, 2003. 23 с.
4. Хвощ С. Т., Амаду Х. Х. Промышленные сети на базе стандарта MIL-STD-1553В // Современные технологии автоматизации. 1999. № 1/99. С. 42–45.
5. Хвощ С. Т. Мультимплексные каналы междоульного обмена корабельных систем. Л. : ЦНИИ «Румб», 1987. 146 с.
6. МО МКО: руководство по эксплуатации / ОАО «НИИ «Субмикрон». ЮШКР.468364.018 РЭ. Зеленоград, 2011. 82 с.
7. Техническое описание БИС 1895ВА1Т [Электронный ресурс] / НТЦ «Модуль». URL: <http://module.ru/upload/files/189518.pdf> (дата обращения: 22.10.2014).

8. Техническое описание БИС 1879ВА1Т [Электронный ресурс] / НТЦ «Модуль». URL: <http://module.ru/upload/files/187970.pdf> (дата обращения: 22.10.2014).

9. Техническое описание микросборки 2605ВГ1Т [Электронный ресурс] / НТЦ «Модуль». URL: <http://module.ru/upload/files/2605microsborka42.pdf> (дата обращения: 22.10.2014).

10. Техническое описание СБИС Н1582ВЖ2-0361 [Электронный ресурс] / НПО «Физика». URL: <http://npofizika.ru/pdf/N1582vj2-0361.pdf> (дата обращения: 22.10.2014).

11. Техническое описание микросхемы 5559ИН13Т [Электронный ресурс] / НПО «Физика». URL: <http://npofizika.ru/pdf/5559in13.pdf> (дата обращения: 22.10.2014).

12. Стешенко В., Субботин В. Проблемы обеспечения бортовой аппаратуры космических аппаратов электронной компонентной базой // Компоненты и технологии. 2011. № 11. С. 10–12.

13. Техническое описание СБИС Н1582ВЖ3-0244 [Электронный ресурс] / НПО «Физика». URL: <http://profizika.ru/pdf/TO244.pdf> (дата обращения: 22.10.2014).

14. Горюнов А. Г., Ливенцов С. Н., Чурсин Ю. А. Интерфейсы микропроцессорных систем : метод. указ. к выполнению лаб. работ. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2010. 51 с.

15. ГОСТ Р 51765–2001. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Тестирование опытных образцов интерфейсного модуля в режиме оконечного устройства. Общие требования к методам контроля. М. : Изд-во стандартов, 2001. 35 с.

References

1. Luk'yanov L. M., Podlesnyy E. S. [Using data exchange multiplex channel onboard digital computer systems for ground testing of spacecraft]. *Voprosy elektromekhaniki. Trudy NPP VNIEM. K 60-letiyu osnovaniya instituta*. 2001, vol. 100, p. 80–88 (In Russ.).
2. MIL-STD-1533. Tutorial. Available at: <http://www.aim-online.com/pdf/OVW1553.pdf>. (accessed 22.04.2014).
3. *GOST R 52070-2003. Interfeysy magistral'noy posledovatel'noy sistemy elektronnykh moduley. Obshchie trebovaniya*. [State Standard R 52070-2003. Bus serial

interface of electronic modules system. General requirements.] Moscow, Standardinform Publ., 2003, 23 p. (In Russ.).

4. Khvoshch S. T., Amadu Kh. Kh. [Industrial networks based on the standard MIL-STD-1553B]. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*. 1999, no. 1/99, p. 42–45 (In Russ.).

5. Khvoshch S. T. *Mul'tipleksnye kanaly mezhmodul'nogo obmena korabel'nykh sistem*. [Multiplex channel intermodule exchange ship systems]. Saint-Petersburg, CNII Rumb Publ., 1987, 146 p.

6. MO MKO. *Rukovodstvo po ekspluatatsii, YuShKR.468364.018 RE*. [Operating manual]. JSC “NDI “Submikron”, Zelenograd, 2011, 82 p.

7. *Tekhnicheskoe opisanie BIS 1895VA1T*. [Technical description of LSI circuit 1895VA1T.] STC “Modul”. Available at: <http://module.ru/upload/files/189518.pdf> (accessed 22.10.2014).

8. *Tekhnicheskoe opisanie BIS 1879VA1T*. [Technical description of LSI circuit 1879VA1T.] STC “Modul”. Available at: <http://module.ru/upload/files/187970.pdf> (accessed 22.10.2014).

9. *Tekhnicheskoe opisanie mikrosborki 2605VG1T*. [Technical description of microassembly 2605VG1T.] STC “Modul”. Available at: <http://module.ru/upload/files/2605microsborka42.pdf> (accessed 22.10.2014).

10. *Tekhnicheskoe opisanie BIS N1582Vj2-0361*. [Technical description of LSI circuit N1582Vj2-0361.]

NPO “Fizika”. Available at: <http://npofizika.ru/pdf/N1582vj2-0361.pdf> (accessed 22.10.2014).

11. *Tekhnicheskoe opisanie mikroskhemy 5559IN13T4*. [Technical description of IC 5559IN13T.] NPO “Fizika”. Available at: <http://npofizika.ru/pdf/5559in13.pdf> (accessed 22.10.2014).

12. Steshenko V., Subbotin V. [Problems of maintenance of the onboard equipment of spacecraft electronic component base]. *Komponenty i tekhnologii*. 2011, no. 11, p. 10–12. (In Russ.).

13. *Tekhnicheskoe opisanie BIS N1582Vj3-0244*. [Technical description of LSI circuit N1582Vj3-0244.] NPO “Fizika”. Available at: <http://npofizika.ru/pdf/TO244.pdf> (accessed 22.10.2014).

14. Goryunov A. G., Liventsov S. N., Chursin Yu. A. *Interfeysy mikroprotssornykh sistem: metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu laboratornykh rabot*. [Microprocessor systems interfaces: laboratory works guide.] Tomsk, Tomskiy politekhnicheskii universitet Publ., 2010, 51 p.

15. *GOST R 51765–2001. Interfeys magistral'nyy posledovatel'nyy sistemy elektronnykh moduley. Testirovanie opytnykh obraztsov interfeysnogo modulya v rezhime okonechnogo ustroystva. Obshchie trebovaniya k metodam kontrolya*. [State Standard R 51765-2001. Bus serial interface for system of electronic modules. Validation test-plan for interface module, functioning as remote terminal. General requirements for test methods]. Moscow, Standardinform Publ., 2001, 35 p. (In Russ.).