

Агафонов Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры наноинженерии. E-mail: agafonov.ssau@yandex.ru.

Миланина Ксения Игоревна, студент группы 6282-030401D, лаборант-исследователь НОЦ-НТ94. E-mail: [potienko97@gmail.com](mailto:potienko97@gmail.com).

Ляпина Анастасия Алексеевна, студент группы 6282-030401D.

УДК 629.78

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ МЕЖБЛОЧНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ НАУЧНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ**

И.Р. Минибаев, К.И. Сухачев

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

В работе представлен подход к разработке сложных цифровых систем на базе нескольких ПЛИС невысокой ёмкости с применением помехоустойчивых межкристалльных и межблочных интерфейсов связи.

Для реализации систем управления космической научной аппаратурой, или космическими аппаратами (КА) универсальным решением являются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) [1, 2]. Круг задач, возлагаемых на системы управления, с каждым годом расширяется. У разработчиков могут возникнуть трудности в реализации системы управления из-за ограниченного выбора производителей компонентной базы в условиях импортозамещения, так как ПЛИС российского производства имеют скромный объем логических элементов [3] и ограниченный перечень встроенных функций. Одним из вариантов решения сформулированной проблемы является разделение системы на несколько ПЛИС, в данном случае разработчику необходимо решить проблему корректного разделения проекта между ИМС и реализовать интерфейсы взаимодействия как между кристаллами, так и между блоками, способные обеспечить необходимую пропускную способность, а также обладать отказоустойчивостью.

При разработке физического уровня интерфейса были учтены требования по импортозамещению, а также по уменьшению списка ЭРИ, задействованных в его реализации. Интерфейс обладать защитой от сбоев и отказов как на физическом уровне линии связи, так и со стороны метода кодирования информации. Пропускная способность и кратность резервирования легко настраиваться в зависимости от требований. Предусмотрена возможность трансформаторной развязки. В качестве метода кодирования был выбран манчестерский код по стандарту IEEE 802.3. Применение такого кодирования позволяет реализовывать самотактирующий протокол с посылками неограниченной длительности без необходимости точной синхронизации часов приемника и передатчика.

Вести передачу предложено пакетами, структура которых и метод кодирования представлены на рисунке 1.

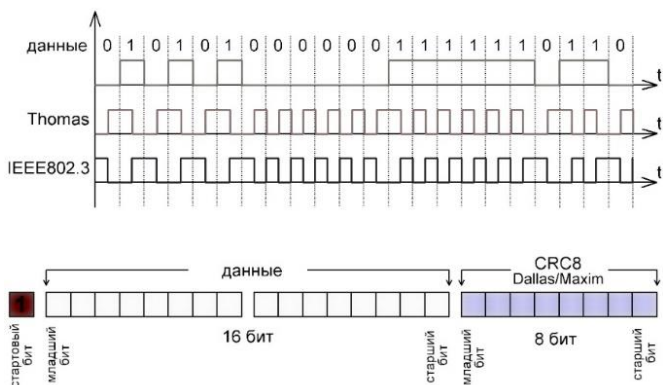


Рисунок 1 – Кодирование и структура пакета

Сигнал, закодированный согласно рисунку 1 не обладает постоянной составляющей, что позволяет в качестве гальванической развязки применять сигнальные трансформаторы без дополнительных аппаратных средств. В разработанном варианте интерфейса прием и передача идет пакетами по 3 байта, из которых два первых это информация, а последний байт отводится под CRC 8. Интерфейс, состоящий из прямой и обратной линии связи с применением гальванической развязки, обладает характеристиками, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – параметры линии связи

параметр	характеристика	примечание
частота сигнала	до 10МГц	испытания проходили на линии до 30 метров
скорость обмена данными	до 9.6 Мбит/с	до 6,2 Мбит/с за вычетом CRC
допустимое рассогласование тактовых частот 2,5МГц; 5МГц; 10МГц.	не более 10%; 5%; 2%.	
максимальная длина витой пары	до 30 М	на частоте 2,5МГц.

#### Список использованных источников

1. Никитин А.А. Реализация радиационно-стойкого кодирования в рамках межкристальной связи систем, состоящих из нескольких программируемых логических интегральных схем /А.А. Никитин //Космическая техника и технологии. 2018. № 4 (23). С. 100–110.

2. Моделирование бортового компьютера на базе открытых IP-блоков для малых и сверхмалых космических аппаратов /С.А. Чекмарев, М.Ю. Вергазов, В.А. Лукин и др. //Вестник сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ю. Решетнева. Красноярск, 2011. Вып. 2(35). С. 141–146.

3. АО «Воронежский Завод Полупроводниковых Приборов – Сборка». Каталог изделий 2020 г. Текст: электронный. URL: <http://www.vzpps.ru/production/catalog.pdf> (дата обращения 11.02.2021).

УДК 539.1.043; 539.1.08

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОСМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

А. В. Родина, М.П. Калаев

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара

**Ключевые слова:** космический аппарат, солнечная батарея, фотоэлектрический преобразователь.

Солнечная батарея (СБ) является основным первичным источником электрической энергии для большинства отечественных и зарубежных космических аппаратов (КА). Наиболее эффективным и проверенным в условиях длительной эксплуатации методом получения электрической энергии из солнечной энергии в настоящее время является фотоэлектрический метод прямого преобразования, реализованный в полупроводниковых фотоэлектрических преобразователях (ФП). Из ФП формируется фотогенерирующая часть (ФГЧ) СБ, однако, опыт разработки и эксплуатации КА выявил целый ряд опасных факторов космического пространства, влияющих на изменение характеристик ФП. К таким факторам относятся микрометеориты и космический мусор, атомарный кислород, ультрафиолет, ионизирующее излучение космического пространства и многие другие [1].

Целью работы является контроль малых изменений мощности СБ при повреждениях защитных покрытий в космических условиях. Высокая точность измерения достигается контролем мощности светового потока в установке, а также поддержанием постоянной температуры поверхности испытуемой солнечной батареи, для чего источник облучения может прерывисто отключаться. В качестве источника может использоваться набор светодиодов, с суммарным спектром, близком к солнечному [2].

На рисунке 1 приведен график изменения характеристик СБ в зависимости от количества микрометеоритов.