

Разработка устройств сопряжения мультиплексного канала обмена (MIL-STD-1553)

*Д. Е. Гурьев, ВМиК МГУ, Москва, gouriev@oit.cmc.msu.ru,
П. Ю. Демьянов, ЗАО НТЦ «Модуль», Москва, demyanov@module.ru,
Н. Ю. Миронов, ЗАО НТЦ «Модуль», Москва, mironov@module.ru,
В. А. Харин, ЗАО НТЦ «Модуль», Москва, yharin@module.ru*

В докладе рассматриваются цели, задачи, достигнутые результаты и ближайшие перспективы проекта по разработке устройств сопряжения мультиплексного канала обмена бортовых сетей.

Протокол «Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей», известный также как ГОСТ Р 52070-2003 [1], MIL-STD-1553B [2], «манчестерский канал», применяется для организации бортовых сетей летательных аппаратов различного назначения, а также для бортовых сетей кораблей и судов и сетей управления технологическими процессами.

Опыт применения протокола насчитывает более 20 лет. По современным меркам, учитывающим такие требования, как передачу данных мультимедиа в реальном времени, протокол считается медленным (скорость передачи – 1Mbps), и обсуждается замена этого протокола более скоростными [3]. Однако для решения традиционных задач управления протокол обеспечивает требуемую степень надежности и отказ от него в обозримом будущем не прогнозируется.

Протокол MIL-STD-1553B характеризуется несколькими существенными особенностями:

- повышенная помехоустойчивость, что обеспечивается специальными конструкциями кабелей и гальванических развязок и сравнительно невысокой скоростью передачи,
- повышенная надежность, что обеспечивается как минимум одной резервной линией передачи данных и автоматическим переключением между линиями;
- предсказуемость в соответствии с требованиями «жесткого» реального времени, что обеспечивается наличием специального абонента – «контроллера шины» (КШ), управляющего передачей данных между всем абонентами в соответствии с заранее заданным планом («кадром»);

- наличие еще 2х типов абонентов: «оконечное устройство» (ОУ) – обычный управляемый абонент, – и «монитор шины» (МТ), «подслушивающий» пересылки в целях диагностики и отладки)

Устройства сопряжения MIL-STD-1553В давно производятся несколькими компаниями США и других зарубежных стран. В России к моменту начала этого проекта не выпускалось ни одного устройства сопряжения, полностью соответствующего стандарту.

Наш коллектив поставил себе цель создать универсальное многофункциональное устройство сопряжения, которое полностью соответствовало бы требованиям стандарта и обладало бы следующими функциями и характеристиками:

- поддержка всех типов абонентов (КШ, ОУ, МТ) в одном устройстве,
- возможность работы как в составе вычислительной машины (включающей программируемый управляющий вычислитель (УВ)), так и в составе устройства без УВ и программного управления,
- возможность взаимодействия с целевым оборудованием при помощи шин разных типов (8- и 16-битные, с квити́рованием и без)
- возможность применения как в целевых системах, так и в макетных стендах и наземных комплексах отладки.

За образец была взята хорошо зарекомендовавшая себя серия микросхем компании ILС DDC (в частности, БИС ВU-61580), и была поставлена задача независимо создать функциональный аналог.

Процесс разработки следовал традиционной для таких проектов схеме:

- разработка и отладка функциональной логики (ФЛ) при помощи логического моделирования,
- отладка ФЛ в составе устройства с перепрограммируемой логической БИС,
- проектирование и выпуск собственного кристалла.

Для отладки ФЛ была построена «симуляционная лаборатория», включающая модели аппаратного окружения ФЛ и позволяющая создавать и отслеживать события в модели манчестерского канала, создавать и анализировать образы сообщений в памяти ФЛ, проверять функционирование ФЛ в условиях всевозможных сюжетов взаимодействия как со стороны манчестерского канала, так и со стороны системной магистрали УВ.

В процессе отладки ФЛ были проведены исследования особенностей работы с различными типами отечественных и зарубежных приемопередатчиков.

В процессе реализации проекта было создано несколько устройств сопряжения, в том числе:

- ячейка MB11.01 на основе БИС ВU-61580; разработка этого устройства позволила накопить опыт работы с протоколом, создать системное программное обеспечение, а само устройство служило «эталонном» при последующей разработке и тестировании,
- ячейки MB11.04 и MB26.04 со сменными приемопередатчиками, на которых было выполнена отладка ФЛ,
- тестер протокола на основе ячейки MB11.04,
- БИС 1879ВА1Т
- ячейка MB26.14 на основе БИС 1879ВА1Т,
- ячейка MB26.17 – многоабонентское устройство для имитации до 31 абонента сети в наземных комплексах отладки,
- и другие.

Все эти устройства, за исключением ячейки MB11.01 и тестера протокола построены на основе ядра ФЛ, которое мы называем МСП (машина связанная последовательной шиной данных), и представляют собой разные версии или специальные модификации этого ядра ФЛ.

Ядро ФЛ МСП состоит из следующих основных компонентов:

- шифратор (кодировщик) информации последовательной шины данных (ПШД);
- сдвоенный дешифратор информации ПШД;
- полную многопротокольную логику, обеспечивающую режимы работы «контроллера шины» (КШ), «оконечного устройства» (ОУ), «монитора» (МТ);
- логику управления доступом к разделяемому с УВ ОЗУ;
- логику прерывания управляющего вычислителя;
- логику обеспечения передачи информации между управляющим вычислителем и МСП по шинам адреса и данных (логика «интерфейса с УВ»);
- защелки адреса и двунаправленные шинные формирователи для непосредственного подключения связанной машины к шине УВ.

Логика интерфейса с УВ допускает множество различных конфигураций, необходимое для сведения к абсолютному минимуму количество вспомогательной внешней логики требуемой для сопряжения МСП с шинами 8-ми, 16-ти и 32-х разрядных процессоров. В дополнение имеется свойство, облегчающее сопряжение с процессорами, которые могут обмениваться информацией по системной магистрали исключительно без ожидания готовности от внешнего устройства – режим обмена без ожидания. Наконец, МСП поддерживает надежный интерфейс с внешним ОЗУ. Этот тип интерфейса минимизирует порцию производительности процессора, которая требуется для обеспечения доступа к

его внутреннему 1553 ОЗУ. Существует возможность взаимодействия с УВ в режиме прямого доступа к памяти.

Тестирование на соответствие протоколу MIL-STD-1553В проводилось при помощи устройства «тестер протокола», которое обеспечивает пословное управление передачей данных по ПШД с возможностью внесения различных ошибок, в том числе ошибок типа «инверсия бита», «неверный временной интервал», «ошибка бифазного кодирования», а также пословной записи ответов тестируемого устройства для последующего анализа. Для проведения тестирования были разработаны программы, реализующие стандартизованные тест-планы в соответствии с [4-6]. ФЛ МСП успешно прошла тестирования и аттестацию.

БИС 1879ВА1Т прошла полный цикл испытаний на устойчивость к внешним воздействиям. Детальная информация представлена в утвержденных технических условиях на БИС.

Параллельно с разработкой и отладкой собственно аппаратуры и для обеспечения этой разработки был создан комплекс программного [7] и тестового обеспечения, позволяющий проводить

- тестирование БИС и ячеек,
- разработку и отладку прикладных программ,
- стендовое макетирование бортовых сетей.

В ближайшей перспективе планируются разработки по следующим направлениям:

- специализированные варианты ФЛ МСП для целевых систем,
- системы-на-кристалле с использованием ФЛ МСП в качестве встраиваемого функционального блока,
- специализированные ячейки МСП и их ПО для применения в наземных комплексах отладки,
- тестово-аттестационный стенд для проверки соответствия протоколу ГОСТ Р 52070-2003 устройств сопряжения мультиплексного канала обмена других разработчиков.

Заключение

Рассмотрена реализация функциональной логики устройств сопряжения мультиплексного канала обмена и линейка устройств на основе этой функциональной логики, в том числе БИС 1879ВА1Т, вкратце рассмотрена технология разработки, отмечены основные результаты и направления дальнейшего развития.

Литература

1. ГОСТ Р 52070-2003. Интерфейс магистральной последовательной системы электронных модулей. Общие требования.

2. MIL-STD-1553B NOTICE 4. DIGITAL TIME DIVISION COMMAND/RESPONSE MULTIPLEX DATA BUS. DOD, 1996.
3. Уилф Салливан (Wilf Sullivan). Что заменит MIL-STD-1553 в роли сетевой магистрали военных систем следующего поколения? М.: Мир компьютерной автоматизации, № 4, 1999.
4. ГОСТ Р 51739-2001. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Тестирование опытных образцов интерфейсного модуля в режиме контроллера шины. Общие требования к методам контроля
5. ГОСТ Р 51765-2001. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Тестирование опытных образцов интерфейсного модуля в режиме оконечного устройства. Общие требования к методам контроля
6. ГОСТ Р 52073-2003. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Тестирование интерфейсных модулей, функционирующих в режиме монитора шины. Общие требования к методам контроля
7. Гурьев Д.Е., Лызлов В.Е., Миронов Н.Ю., Харин В.А., Чихичин Д.А. Программное обеспечение устройств сопряжения мультиплексного канала обмена. Наст. сборник.