

PROTEQ - протокол передачи данных для ПЛИС Virtex 6

Д.Г.Смехов

ЗАО «ИнСис»

Мультигигабитные линии обмена являются эффективным средством для организации высокоскоростной передачи данных между ПЛИС. Современные микросхемы серии Virtex 6 позволяют проводить обмен на скоростях до 6.5 Гбит/с. Однако возникает проблема выбора эффективного протокола обмена. Широко известны и доступны для применения протоколы PCI Express, RapidIO, Aurora; Однако существуют проблемы эффективности. Протоколы PCI Express и Rapid IO используют кодировку 8/10, это сразу ограничивает эффективность линии на уровне 80%. Протокол Aurora может работать с кодировкой 64/66 но он не реализует повторную передачу и не гарантирует доставку данных. В связи с этими обстоятельствами возникла потребность в реализации внутреннего протокола для организации связей между ПЛИС. В 2005 году автором был реализован протокол FOTR[1], он обеспечивает надёжную передачу данных с использованием кодировки 8/10 и является очень компактным. В ПЛИС Spartan3 XC3S400 узел протокола занимает примерно 12%. Недостатком протокола FOTR является применение кодировки 8/10, сложность организации параллельной передачи по нескольким линиям и большое время восстановления после сбоя. Протокол PROTEQ разработан с учётом практического опыта работы с мультигигабитными линиями и обладает следующими особенностями:

- кодировка 64/67
- возможность параллельной передачи по нескольким линиям
- фиксированная длина пакета: 256 слов по 32 бита
- минимальные накладные расходы
- быстрое восстановление после сбоя

Кодировка 64/67 предложена группой Interlaken Alliance <http://www.interlakenalliance.com> и аппаратно поддерживается в ПЛИС Xilinx. Эффективность линии при этой кодировке 95.5%; В протоколе PROTEQ используется фиксированная длина пакета, это сделано для упрощения реализации в ПЛИС. К пакету данных добавляется четыре служебных слова. Общая длина пакета 260 слов, т.е.

эффективность составляет $256/260=98\%$ или 94% от битовой скорости потока с учётом кодировки 64/67. Особенностью протокола являются две контрольные суммы в пакете данных. В начале пакета передаётся служебное слово с признаком начала пакета и номером приёмного буфера. Это слово защищено контрольной суммой и если сумма правильная, то начинается приём данных в выбранный буфер. В конце передаётся ещё одна контрольная сумма для проверки целостности пакета.

Узел обмена может быть легко настроен на работу по нескольким линиям. Для каждой линии внутри ПЛИС формируется 32-х разрядная шина данных. Т.е. для обмена по восьми линиям внутри ПЛИС будет сформирована 256-ти разрядная шина. Контроль правильности производится независимо для каждой 32-х разрядной шины.

Протокол обеспечивает быстрое восстановление после сбоя. Узел передачи содержит четыре буфера. Данные передаются до тех пор, пока не придёт подтверждение приёма. В случае сбоя будет повторно передан только сбойный буфер.

Работа протокола проверена на модуле FMC106P. Модуль содержит две ПЛИС Virtex 6; Между ПЛИС реализована шина из восьми мультигигабитных линий которые работают на скорости 5 Гбит/с. Достигнута скорость обмена 4484 Мбайт/с, что точно соответствует расчётной скорости. Интересно отметить, что на этом же модуле реализован интерфейс PCI Express v2.0 x8, но при этом максимальная скорость передачи данных в компьютер составляет только 2800 Мбайт/с. В ПЛИС узлы PROTEQ и PCI Express занимают примерно одинаковые ресурсы. Для связи используют по восемь линий на одинаковой скорости 5 Гбит/с. Но за счёт более совершенной кодировки, увеличенной длины пакета и минимизации накладных расходов PROTEQ показывает значительно большую скорость обмена.

Тестовое программное обеспечение позволяет вводить преднамеренные ошибки в поток данных и контролировать количество сбоев контрольной суммы. Результаты тестирования показывают эффективность работы механизма восстановления данных.

Протокол PROTEQ доступен как Open Source проект на сайте <http://ds-dev.ru>

Литература

1. *Смехов Д.Г.* “Протокол передачи данных через оптическую линию связи и шину CCBUS” // Доклады 8-ой международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение», – 2006 – С. 576-578