

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ КОНФИГУРАЦИОННОЙ ПАМЯТИ ПЛИС

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Курмаз А.Н.

Козел В.М. – канд. техн. наук, доцент

Микросхемы ПЛИС являются ключевым звеном компонентной базы космических аппаратов (КА). На основе ПЛИС создаются высокопроизводительные системы на борту аппаратов: цифровой обработки изображений перед отправкой на землю; радиоинтерфейсы транспондеров телекоммуникационных спутников; блоки обработки данных, поступающих с научного оборудования КА. Важную роль для поддержки функционирования работоспособности космического аппарата является защита от случайных сбоев конфигурационной области памяти ПЛИС, под действием ионизирующего излучения.

Под воздействием ионизирующих излучений космического пространства в SRAM ПЛИС одиночные сбои проявляют себя на уровне приложений (функциональные элементы памяти, на которых реализована пользовательская конфигурация ПЛИС), а также на конфигурационном уровне – логических ресурсов и трассировочных матриц. Одиночные сбои на конфигурационном уровне являются постоянными во времени и сохраняются до тех пор, пока не будет осуществлена реконфигурация.

Существуют следующие методы повышения надежности конфигурационной памяти ПЛИС:

- Метод тройного резервирования представлен на рисунке 1 (Triple Modular Redundancy).
- Метод полной реконфигурации (скраббинга) представлен на рисунке 2 (Configuration Scrubbing).

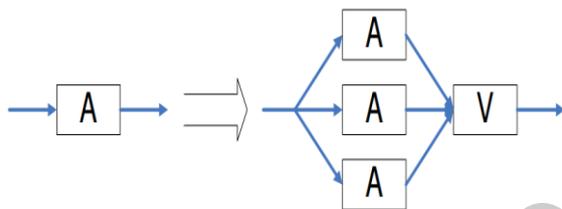


Рис. 1 – Метод тройного резервирования

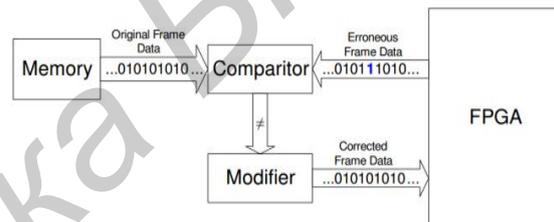


Рис. 2 – Метод полной реконфигурации

Метод тройного резервирования наиболее часто используемый способ уменьшения ошибок в SRAM памяти FPGA. Его суть заключается в использовании трехкратной копии разработанной схемы и выборе одной из трех доступных схем мажоритарным методом. Реализация проекта методом тройного резервирования приводит к трехкратному увеличению используемых ресурсов кристалла и потребляемой энергии. Данное обстоятельство является существенным недостатком, учитывая стремления разработчиков к уменьшению использования ресурсов, для повышения быстродействия схемы.

Суть полной реконфигурации микросхемы состоит в следующем: внешний скраб-контроллер периодически полностью обновляет конфигурационную память SRAM ПЛИС, загружая так называемую эталонную конфигурацию из энергонезависимой памяти. Главным минусом такого подхода является неработоспособность системы во время процесса загрузки эталонной конфигурации. Для устранения недостатков полного скраббинга используется частичный скраббинг. Частичный скраббинг (открытого типа) представляет собой периодический процесс по-фреймового обновления конфигурационной памяти. Существенным недостатком скраббинга открытого типа является то, что не всегда возможно синхронизировать частоту обновления фреймов конфигурационной памяти (путем загрузки из внешнего контроллера) с частотой проявления сбоев, связанных с радиационными воздействиями. Для улучшения способности детектирования ошибок в конфигурационной памяти используется схема скраббинга закрытого типа. Суть последней схемы заключается в последовательном считывании контрольной суммы каждого фрейма и в случае возникновения ошибки, данный фрейм перезаписывается эталонной копией.

Программные методы повышения радиационной стойкости конфигурационной памяти ПЛИС – новое направление в обеспечении надежности бортовых устройств. Развитие и совершенствование программных методов, позволяет в полной мере использовать возможности, заложенные разработчиками SRAM ПЛИС, для создания систем КА.

Список использованных источников:

1. D. M. Codinachs, "Overview of FPGA activities in the European Space Agency". // ESA Report.
2. R. B. Gardenyes, "Trends and patterns of ASIC and FPGA use in European space missions". // TU Delft Thesis, 2013.
3. Xilinx, Space-grade Virtex-5QV FPGA, <http://www.xilinx.com/products/silicon-devices/fpga/virtex-5qv/index.htm>.