



Студенттер мен жас ғалымдардың
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2018»
XIII Халықаралық ғылыми конференциясы

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XIII Международная научная конференция
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2018»

The XIII International Scientific Conference
for Students and Young Scientists
«SCIENCE AND EDUCATION - 2018»



12th April 2018, Astana

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«Ғылым және білім - 2018»
атты XIII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2018»**

**PROCEEDINGS
of the XIII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2018»**

2018 жыл 12 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58

Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2018» атты студенттер мен жас ғалымдардың XIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2018» = The XIII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2018». – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2018. – 7513 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-997-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-997-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2018

Аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етуден басқа, спутниктік операторлар байланыс түйіндерін қорғау үшін ұйымдастырушылық және әкімшілік шаралардың кешенін пайдаланады.

Қауіпсіздік шараларының толық спектрімен қоса пайдаланушылар әлемдегі ең қауіпсіз телекоммуникациялық шешімдердің бірін алады, бұл ақпараттың құпиялылығы үшін ең жоғары талаптарға жауап береді. Спутниктік жүйелер икемді түрде конфигурацияланған, ол жоғары технологиялық өндірістерде жұмыс істейтін клиенттердің өсіп келе жатқан сұранысына бейімделуге мүмкіндік береді. Мәселен, мұнай-газ компаниялары үшін спутниктік байланыс бүгінгі күні де-факто стандарты болып саналады. Бұл спутниктік технологияның пайдасына маңызды дәлел.

Осылайша, спутниктік байланыс арқылы берілетін деректерді қорғау тәсілдерінің бірі схемаға сәйкес жүзеге асырылды: жердегі станция, спутниктік ретранслятор, жер станциясы.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Немировского А. С. Радиорелейные и спутниковые системы передачи : учебник для вузов. М. : Радио и связь, 1986. С. 192.
2. Акулиничев Ю. П. Теория электрической связи : учеб, пособие. СПб. : Лань, 2010. С. 87.
3. Малюк А. А. Теория защиты информации. — М.:Горячая линия — Телеком, 2012. — 184 с. — ISBN 978-5-9912-0246-6.
4. Родичев Ю. Информационная безопасность: Нормативно-правовые аспекты. СПб.: Питер, 2008. — 272 с. — ISBN 978-5-388-00069-9.
5. Петренко С.А., Курбатов В.А. Политики информационной безопасности. — М.: Компания АйТи, 2006. — 400 с. — ISBN 5-98453-024.
6. Галатенко В. А. Стандарты информационной безопасности. — М.: Интернет-университет информационных технологий, 2006. — 264 с. — ISBN 5-9556-0053-1.
7. Галицкий А. В., Рябко С. Д., Шаньгин В. Ф. Защита информации в сети — анализ технологий и синтез решений. М.: ДМК Пресс, 2004. — 616 с. — ISBN 5-94074-244-0.

УДК 629.78

МИКРОПРОЦЕССОРЫ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Султанов Дияс Нуржанович

Студент кафедры космической техники и технологии

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – Алдыярова Б.Т.

Введение. Эксплуатация интегральных схем (ИС) и микропроцессоров, в частности, на борту космического аппарата, характеризуются наличием радиационных факторов космического пространства, воздействующих на интегральные схемы и меняющие их свойства, вплоть до вывода их из работоспособного состояния. Источником радиационного воздействия являются потоки заряженных частиц — электронов, высокоэнергетических протонов (ВЭП) и ионов различных элементов, вплоть до урана, называемых также тяжелыми заряженными частицами (ТЗЧ). По своему происхождению, частицы разделяются на протоны и электроны естественных радиационных полей Земли (ЕРПЗ); протоны и ионы от Солнца, т.н. солнечные космические лучи (СКЛ); протоны и ионы из внешнего космического пространства, т.н. галактические космические лучи (ГКЛ). Воздействие потоков заряженных частиц на элементы ИС может вызвать следующие эффекты:

1. Эффекты полной поглощенной дозы (Total Ionizing Dose, TID), выражающиеся в том, что проходящие сквозь кремний микросхемы заряженные частицы вызывают

ионизацию, приводящую к постепенной деградации параметров ИС, таких как статические токи утечки, уровни входных сигналов, пороги переключения и пр.

2. Эффекты одиночных сбоев (SingleEventUpset, SEU), выражающиеся в том, что электрический заряд может вызвать изменение логического состояния элемента памяти или кратковременный бросок напряжения на выходе логического элемента вследствие ионизации от прохождения ТЗЧ. При этом функционирование схемы нарушается, но катастрофических отказов не происходит, и возможно восстановление работоспособного состояния.

3. Эффекты одиночных отказов, основным из которых считается эффект тиристорной защелки (SingleEventLatch-up, SEL), когда выделяемый при прохождении ТЗЧ ионизационный заряд оказывается настолько большим, что включается паразитная структура типа «тиристор», приводящая к выгоранию схемы.

Интегральные схемы, предназначенные для применения в условиях воздействия факторов космического пространства, должны обладать устойчивостью к указанным эффектам.

Ниже приводится краткое описание микропроцессоров, обладающих устойчивостью к воздействию радиационным факторам космического пространства.

Зарубежные микропроцессоры. BAE Systems. Компания BAE Systems занимается разработкой и производством изделий для военных и космических применений начиная с 1980-х гг. Собственный производственно-технологический центр, на котором аттестованы радиационно-стойкие технологические процессы вплоть до 0,15 мкм КМОП, расположен в шт. Виржиния, США. Компания разработала целый ряд микропроцессоров для космических применений, перечень которых приведен в таблице 1. На данный момент более 500 компьютеров для космических аппаратов построены на базе микропроцессоров компании BAE Systems. Наиболее совершенными характеристиками обладает микропроцессор RAD750 с архитектурой PowerPC, который является радиационно-стойкой версией коммерческого микропроцессора PowerPC750F, выпускаемого компанией IBM. Микропроцессор полностью совместим с коммерческим аналогом как программно, так и по назначению выводов корпуса.

Таблица 1

Перечень микропроцессоров разработки компании BAE Systems

	GVSC 1750	RAD6000	RAD750
Архитектура	MIL-STD-1750A	RS\6000 POWER	PowerPC
Год разработки	1991	1996	2001
Технология	Радиационно-стойкий 1,0-мкм КМОП-процесс	Радиационно-стойкий 0,5-мкм КМОП-процесс	Радиационно-стойкий 0,25-мкм КМОП-процесс
Частота, МГц	20	33	166

Для того чтобы обеспечить устойчивость к воздействию факторам космического пространства, исходный проект был переработан, при этом его функциональность оставлена без изменений. К основным изменениям можно отнести следующие:

- переработку электрической схемы и топологии ячеек памяти;
- переработку электрической схемы и топологии усилителей считывания, декодеров и других элементов, входящих в блок памяти, блока PLL и др.;
- замену всех блоков с элементами динамической логики на функционально подобные блоки на основе полностью статической схемотехники;
- переработку всех триггеров на устойчивые к сбою аналоги;
- повсеместное внедрение схем обнаружения и коррекции ошибок.

Микропроцессор производится по технологии 0,25 мкм КМОП и имеет рабочую частоту до 166 МГц. Стойкость к накопленной дозе составляет не менее 200 крад. Гарантируется полное отсутствие тиристорного эффекта и значение порога к одиночным сбоям ЛПЭ не менее

45 МэВ·см²/мг. Прогнозная частота сбоев на геостационарной орбите составляет 1,6·10–10/бит/день.

В 2009 г. компания представила улучшенную версию микропроцессора RAD750, изготовленную по радиационно-стойкой технологии 0,15 мкм КМОП. Частота микропроцессора увеличена до 200 МГц, стойкость к накопленной дозе увеличена до 1 мрад, при этом гарантируется отсутствие тиристорного эффекта и сравнимые с 0,25-мкм версией микропроцессора показатели стойкости к одиночным сбоям. В настоящий момент выполняется аттестация данного микропроцессора на соответствие требованиям для космической аппаратуры.

Honeywell. Компания Honeywell выпускает широчайший набор радиационно-стойкой элементной базы. Базовой технологией является технология «кремний-на-изоляторе» с проектными нормами вплоть до 0,15 мкм, что позволяет полностью исключить эффекты тиристорной защелки и существенно уменьшить вероятность одиночных сбоев. В число производимых компанией микросхем входят достаточно старый 16-разрядный микропроцессор 16750A и более новый микропроцессор с архитектурой PowerPC, имеющий наименование HXRHPPC. Данный микропроцессор по функциональным характеристикам и назначению выводов корпуса идентичен коммерческому микропроцессору PowerPC603e компании Freescale. Для того чтобы обеспечить устойчивость к воздействующим факторам космического пространства, исходный проект был переработан, но его функциональность осталась без изменений. В целом, перечень доработок примерно соответствует доработкам, выполненным компанией BAE Systems для повышения стойкости микропроцессора RAD750. Микропроцессор HXRHPPC производится по технологии 0,35 КНИ и имеет частоту до 80 МГц. Стойкостью к полной накопленной дозе составляет более 300 крад, гарантируется полное отсутствие тиристорного эффекта. Прогнозная частота сбоев на геостационарной орбите составляет 1,5·10–5/чип/день [1].

Микропроцессоры с архитектурой SPARC. В 1990 г. Европейское космическое агентство (European Space Agency, ESA) начало разработку 32-разрядного микропроцессора для космических применений, которая завершилась в 1997 г. созданием процессора с архитектурой SPARC v7 под названием ERC32. В развитии этого проекта в 1998 г. ESA начало новую программу по разработке усовершенствованной версии микропроцессора, получившего название LEON. Его разработкой занималась шведская компания GaislerResearch. Данный проект имел цель обеспечить все требования стойкости к воздействующим факторам космического пространства при следующих ограничениях:

- использование коммерческого технологического процесса;
- полностью синтезируемый проект, отказ от заказных узлов для обеспечения переносимости на разные технологические процессы и фабрики;
- построение по принципам СнК на основе стандартного внутрикристального интерфейса с целью обеспечения быстрой модернизации и масштабируемости;
- программная совместимость с одной из распространенных процессорных архитектур.

За основу была выбрана архитектура SPARC V8, обеспечивавшая программную совместимость с ERC32. Кроме того, открытость архитектуры позволила избежать юридических осложнений.

В качестве стандартного внутрикристального интерфейса была выбрана шина AMBA. В настоящее время развитием данного семейства микропроцессоров занимаются две компании: Atmel, которая выпускает микропроцессоры на базе ядра LEON2FT, и компания Aeroflex, выпускающая микропроцессоры на базе ядра LEON3FT.

Микропроцессоры с архитектурой MIPS. Стоит упомянуть достаточно старый 32-разрядный микропроцессор Mongoose V с архитектурой MIPS-I, разработанный более 10 лет назад, но все еще применяемый в бортовых компьютерах космических аппаратов. В частности, на его базе строились управляющие компьютеры, установленные в космических аппаратах НАСА запущенных в 2006 г. с целью исследования Плутона и Space Technology 5 по исследованию дальнего космического пространства. Поставками микропроцессора

занимается компания Sanova. В состав микропроцессора входит целочисленное MIPS-ядро, включая кэш память команд 4 Кбайт и данных 2 Кбайт, арифметический сопроцессор, последовательные порты, таймеры и т.д. Стойкость к одиночным сбоям повышается за счет повсеместного применения корректирующих кодов для регулярных структур. Микропроцессор изготавливается по технологии КНИ компании Honeywell и имеет рабочую частоту до 15 МГц. Стойкость к полной накопленной дозе, которая составляет более 100 крад, гарантирует полное отсутствие тиристорного эффекта. Порог одиночных сбоев ЛПЭ составляет не менее 80 МэВ·см²/мг.

Стоимость микропроцессоров для космических применений. Традиционно, стоимость специальных изделий, к которым относятся микропроцессоры для космических применений, является предметом договоренности в каждом конкретном случае, и эта информация закрыта для свободного доступа. Тем не менее в редких случаях в открытый доступ попадают сведения, позволяющие оценить средний уровень цен на подобные изделия. Так, для микропроцессора Mangoose V на сайте производителя в открытом доступе приведены цены, где указано, что цена на микропроцессор находится в диапазоне 23...42 тыс. долл./шт., в зависимости от партии. В анонсе на микропроцессор UT699 приведена оценочная цена микропроцессора в 25 тыс. долл. в партии 100 шт. В [2] дается оценка стоимости микропроцессора RH3000 в 17 тыс. долл./чип, а комплект из 4—5 СБИС стоит около 100 тыс. долл. Можно сделать вывод, что при штучной поставке средняя цена составляет десятки тысяч долларов за микропроцессор, что в сотни раз выше стоимости коммерческих микропроцессоров.

Российские микропроцессоры. В последние годы российские предприятия разработали и освоили в серийном производстве несколько микропроцессоров и микроконтроллеров, удовлетворяющих подобным требованиям, краткий обзор которых приводится ниже.

Микроконтроллер 1874BE05T. НИИ электронной техники (Воронеж) разработал 16-разрядный микроконтроллер 1874BE05T, предназначенный для встроенных систем управления в условиях жестких требований к специальным внешним воздействующим факторам (СВВФ). В состав МК входят последовательный порт ввода/вывода, сторожевой таймер, регистровое ОЗУ и пр. Тактовая частота МК составляет 20 МГц. В документации приведены значения показателей стойкости к СВВФ, однако вследствие особенностей документации на российские микросхемы затруднительно провести прямое сравнение с зарубежными микропроцессорами по показателям стойкости. При этом можно утверждать, что показатели МК удовлетворяют требованиям по применению в космическом пространстве. Учитывая, что МК изготавливается по технологии КНИ, можно сделать вывод, что тиристорный эффект отсутствует и обеспечивается примерно на порядок большая стойкость к одиночным сбоям, по сравнению с традиционной КМОП-технологией [3, 4]. Микроконтроллер выпускается серийно.

Микропроцессор MC-24R («Сталкер»). ГУП НПО «Элвис» (Зеленоград) разрабатывает МК MC-24R («Сталкер»), который предназначен для аэрокосмических бортовых систем управления и обработки данных. В состав микропроцессора входит MIPS32-совместимое ядро и ядро специализированного сопроцессора с SIMD-архитектурой и ряд периферийных контроллеров.

Микропроцессор рассчитан на коммерческую технологию 0,25 мкм. Расчетная рабочая частота — до 100 МГц. Защита от тиристорного эффекта обеспечивается специальными топологическими решениями. Защита от одиночных сбоев обеспечивается применением корректирующих кодов для регулярных структур. Численных значений по стойкости к накопленной дозе, тиристорному эффекту и одиночным сбоям в открытой печати найти не удалось.

Заключение. В статье приведен краткий обзор зарубежных и российских микропроцессоров, стойких к воздействию радиационных факторов космического пространства. Во всех из них применены специальные схемотехнические, технологические и

топологические решения для того, чтобы обеспечить требуемый уровень стойкости. Разработка таких решений является весьма трудоемким и дорогостоящим процессом, в связи с чем стоимость микропроцессоров для космических применений составляет десятки тысяч долларов за штуку, что в сотни раз выше коммерческих аналогов. Рассмотрены показатели стойкости к одиночным сбоям, накопленной дозе и эффекту тиристорной защелки. Необходимо отметить, что помимо перечисленных основных эффектов, существуют и другие, например эффекты множественных сбоев, эффект выгорания подзатворного диэлектрика, микродозовый эффект и др., изучение которых ведется достаточно активно, но их влияние начинает ощутимо проявляться только при уменьшении проектных норм от 180 нм. Данное обстоятельство является одной из причин того, что наиболее совершенной технологией, применяемой при проектировании микропроцессоров для космических применений, является технология 0,25 мкм, и ведущие мировые компании только начинают осваивать уровень 0,15 мкм для космических применений, тогда как для коммерческих схем применяются технологические уровни до 32 нм и активно осваиваются новые технологические рубежи.

Список использованных источников

1. Чумаков А.И. Действие космической радиации на интегральные схемы//М.: Радио и связь, 2004.
2. Василегин Б., Емельянов В., Осипенко П. Исследование влияния конструктивно-технологических параметров КНИ СОЗУ на чувствительность к одиночным сбоям при воздействии тяжелых заряженных частиц//ВАНТ, серия «Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру», научно-технический сборник, вып. 1, М.: НИИП. — 2008. — с. 133—138.
3. Cannon E., Reinhardt D. et al. SRAM SER in 90, 130 and 180 nm Bulk and SOI Technologies//42nd Annual Reliability Physics Symposium, 2004, pp. 300—304.

УДК 629.78

СТРУКТУРНАЯ И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Танатаров Бауыржан

Студент университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – А.К. Мухамбеткалиева

При формализации и решении задач математического моделирования производственных объектов нефтепровода на основе современных математических методов мало уделено внимания методам разработки системы математических моделей технологических объектов нефтепроводной системы в условиях неопределенности, связанной нечеткости исходной информации. Так как на практике технологические объекты магистральных нефтепроводов часто функционируют именно при больших погрешностях замера, подходы к решению рассмотренных выше задач в этих условиях являются очень актуальными.

Попытки распространения традиционных методов моделирования на количественно трудноописываемые объекты, какими являются технологические агрегаты магистральных нефтепроводов, пока не дали хороших результатов на практике, несмотря на существенное развитие математических методов, и средств вычислительной техники. На практике такими объектами и процессами достаточно хорошо управляет и разбирается опытный человек (производственный персонал, специалист, руководитель). Человек в таких случаях довольно успешно справляется с неопределенностью и сложностью. В отличие от компьютера, человек