

Радиационно стойкие изделия силовой электроники фирмы Interpoint

Виктор Жданкин (Москва)

В статье представлены радиационно стойкие модули DC/DC-преобразователей и помехоподавляющих фильтров фирмы Interpoint для применения на борту космических аппаратов. Высокая надёжность модулей достигается последовательными отбраковочными испытаниями в процессе производства как элементной базы, так и готовых изделий.

Важнейшую роль в обеспечении длительной и безотказной работы радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры в космических условиях играет стойкость её элементов и материалов конструкции к воздействию таких факторов космической среды, как электрическое поле, температура, низкоинтенсивное ионизирующее излучение космического пространства, радиационное воздействие протонов, электронов и тяжёлых ионов. Жёсткие условия эксплуатации могут стать причиной серьёзных проблем с радиоэлектронной аппаратурой (РЭА).

Радиационная стойкость – одна из важнейших характеристик надёжности РЭА, предназначенной для применения в аппаратуре экстремальной электроники, которая определяет срок активного существования (САС) и вероятность безотказной работы.

Создание высокоэффективных надёжных структур радиационно стойких изделий энергетической электроники является сложной задачей. Она требует разработки методов и средств для расчёта, моделирования и оптимизации схемотехнических решений, создания и эксплуатации контрольно-измерительного и испытательного оборудования для отбраковки потенциально дефектных электрорадиоизделий. Кроме того, необходима разработка методик и специальной аппаратуры для изучения последствий воздействия ионизирующего излучения (пострадиационный эффект) и оценки радиационной стойкости изделий по результатам ис-

пытаний на радиационных моделирующих установках, и т.д.

Эти задачи успешно решены фирмой Interpoint (США, www.interpoint.com). Фирма в настоящее время является подразделением корпорации CRANE Aerospace&Electronics и предлагает радиационно стойкие DC/DC-преобразователи (см. табл. 1), помехоподавляющие фильтры (см. табл. 2) для применений в бортовой аппаратуре (БА) космических аппаратов (КА), орбиты которых характеризуются высоким уровнем радиационного фона [1].

Благодаря разработке методов и средств для расчёта, моделирования и оптимизации оригинальных схемотехнических решений, фирме Interpoint удалось достичь отличных энергетических, габаритно-массовых, точностных характеристик, а также показателей надёжности и электромагнитной совместимости своих изделий.

Блок питания, работающий в составе комплексов РЭА и электронных приборов, должен обладать следующими возможностями: заряд больших емкостных нагрузок; программное включение или выключение отдельных модулей по сигналу логического уровня; определённый порядок включения, применяемый в бортовых вычислительных комплексах; возможность одновременной работы большого числа блоков от одного первичного источника энергии ограниченной мощности (что накладывает ограничение на амплитуду импульса тока, потребляемого от сети при первом включении). Для обеспечения этих и других специаль-

ных требований радиационно стойкие и стандартные модули питания фирмы Interpoint обладают следующими сервисными функциями:

- плавный запуск, который обеспечивает получение выходного напряжения без перерегулирования, а также ограничение максимального пика тока потребления (DC/DC-преобразователи серий SMRT и SMHP120);
- защита по току, которая ограничивает ток нагрузки на уровне не более 125% номинального значения. После снятия перегрузки модуль переходит в номинальный режим работы, при котором обеспечивается стабилизация выходных напряжений;
- защита от пониженного входного напряжения, которая отключает модуль при достижении входным напряжением минимального предельного значения, что обеспечивает сохранение низких величин тока системы при первичных включениях или перезапусках;
- защита от импульсных напряжений электрических сетей (импульсов с амплитудой 80 В длительностью 100 мс);
- регулировка выходного напряжения, которая обеспечивается подключением внешнего потенциометра или соответствующим замыканием регулировочного резистора на положительный или отрицательный выходной контакт модуля;
- дистанционное включение/выключение модуля сигналом логического уровня, которое используется для включения отдельных модулей в соответствии с необходимым алгоритмом;
- внешняя синхронизация частоты переключения силового ключа, чем обеспечивается снижение «биений» частот в системе, упрощая требования к помехоподавляющим фильтрам;

- выносная обратная связь, которая исключает влияние падения напряжения на соединительных линиях: напряжение стабилизируется непосредственно на входных питающих контактах нагрузки;
- параллельная работа модулей питания, что позволяет более гибко использовать в системах унифицированные модули питания, сокращать номенклатуру применяемых модулей за счёт параллельного включения маломощных модулей, повышать надёжность аппаратуры с помощью резервирования отдельных блоков питания.

Качество производственных мощностей

Фирма Interpoint с 1969 года занимается разработкой и производством высоконадёжных изделий энергетической электроники для военных, авиационно-космических и космических применений [2, 3], а также микроэлектронных изделий медицинского назначения (живляемые дефибрилляторы, кардиостимуляторы, слуховые устройства, нервные стимуляторы, а также насосы для подачи инсулина и других лекарств, хирургические пилы, вспомогательные системы для левого желудочка и др.).

Центр по снабжению Министерства обороны США в Колумбусе (Defense Supply Center, Columbus, DSCC) сертифицировал производственные мощности фирмы Interpoint как отвечающие требованиям MIL-PRF-38534 Performance Specification, Hybrid Microcircuits, General Specification For Class K для производства DC/DC-преобразователей и помехоподавляющих фильтров для применений в бортовой аппаратуре космических аппаратов. Необходимо заметить, что Class K является наивысшим уровнем надёжности, который принят DSCC и является более высокой степенью по отношению к уровню Class H (стандартный уровень качества для аппаратуры военного назначения). Требования к устройствам Class K включают в себя проверки конструктивного решения, отбора компонентов, производственного процесса, обучение персонала и проведение серии испытаний изделий для применения в бортовых устройствах КА. Помимо сертификации, соответствующей Class K, Interpoint гордится внесени-

Таблица 1. Радиационно стойкие DC/DC-преобразователи для применения в космических условиях






Серия	Диапазон входных напряжений, В	Выходные напряжения, В	Выходная мощность, Вт	КПД (тип.), %	Специфические свойства
SMFLHP	19...40	5; 12; 15; ± 12 ; ± 15	100 (-55...+100°C)	50...87	Параллельное включение модулей питания до значения суммарной мощности в нагрузке 270 Вт
SMHP120	80...160	5; 12; 15; ± 12 ; ± 15	65	78...87	Параллельное включение модулей питания до значения суммарной мощности в нагрузке 120 Вт
SMFL	16...40	5; 12; 15; ± 12 ; ± 15	65	80...87	Параллельное включение модулей питания до значения суммарной мощности в нагрузке 180 Вт
SMTR	 16...40	3,3; 5; 12; 15; ± 12 ; ± 15 ; $+5/\pm 12$; $+5/\pm 15$	30	63...87	Эффективное (до 50 дБ) подавление помех в звуковом диапазоне
SMHF	 16...40	3,3; 5; 12; 15; ± 5 ; ± 12 ; ± 15	15	78...84	Низкий шум и пульсации выходного напряжения
SMSA	 16...40	5; 12; 15; ± 12 ; ± 15	5	69...80	Небольшие габариты: площадь основания 746 мм ²
SLH	 12...50	3,3; 5; 12; 15; ± 5 ; ± 12 ; ± 15	1,5	77...84	Небольшие габариты: площадь основания 503 мм ²
SMRT	 19...56	3,3; 5; 28; ± 5 ; ± 12 ; ± 15 ; $3,3/\pm 12$; $+5/\pm 12$; $+5/\pm 15$; $\pm 5/\pm 12$; $\pm 5/\pm 15$	30...50	67...80	Широкий диапазон входных напряжений; встроенный помехоподавляющий фильтр и ограничитель пускового тока; плавный запуск; низкий уровень пульсаций выходных напряжений

Таблица 2. Радиационно стойкие помехоподавляющие фильтры для применения в космических условиях



Модель	Диапазон входных напряжений, В	Максимальный ток, А	Минимальное вносимое затухание	Совместимы с преобразователями серий
SFME120-461	0...160	2,1	60 дБ в диапазоне частот 400 кГц...50 МГц	SMHP120
SFME28-461 	0...40	10	45 дБ на частоте 1 МГц	SMFLHP, SMFL, SMTR
SFCS28-461	0...50	5	50 дБ в диапазоне частот 400 кГц...50 МГц	SMHF, SMSA
SFMC28-461	0...40	2,7	50 дБ в диапазоне частот 400 кГц...50 МГц	SMHF, SMSA
STF28-461 	0...40	0,8	60 дБ в диапазоне частот 500 кГц...50 МГц	SMSA, SLH

Таблица 3. Квалификация производства фирмы Interpoint

Сертификат	Соответствие
MIL-PRF-38534, Class H и Class K	Сертифицировано DSCC
ISO 9001	Сертифицированы производственные мощности в США и на Тайване
MIL-STD-975	Соответствует с ограничениями
MIL-I-45208	Соответствует
MIL-Q-9858	Interpoint следует требованиям этого стандарта по требованиям заказчиков
MIL-STD-45662	Соответствует
FED-STD-209	Соответствует
MIL-STD-481	Соответствует
DOD-STD-1686	Соответствует

Таблица 4. Последовательность испытаний для оценки качества активных (M/S, Microcircuit and Semiconductor Die, кристаллы ИС и полупроводниковых элементов) и пассивных (P, Passive components) компонентов для изделий космического назначения

Виды отбраковочных испытаний компонентов	Компоненты для создания прототипов (O)		Class H		Class K	
	M/S	P	M/S	P	M/S	P
Контроль по электрическим параметрам	Да	Нет	Да	Да	Да	Да
Визуальный внешний контроль	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да
Визуальный внутренний контроль	Нет	Нет	Да	Нет	Да	Нет
Термоциклирование	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Испытание на центрифуге (постоянное ускорение)	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Промежуточный контроль по электрическим параметрам	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Электротермотренировка	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Контроль электрических параметров	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Ускоренные испытания (определение годности изделия)	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Выдержка под напряжением/приработка	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Визуальный внешний контроль	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Окончательный контроль по электрическим параметрам	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да
Контроль проволочных соединений*	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да
SEM**	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
SLAMTM/C-SAM***	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Да

* Не применяется для помехоподавляющих фильтров, которые не имеют проволочных соединений.

** Scanning Electron Microscopy – растровая электронная микроскопия.

*** Scanning Laser Acoustic Microscopy – растровая лазерная акустическая микроскопия; Mode C Scanning Acoustic Microscopy – растровая акустическая микроскопия с применением волн моды C, только для входных конденсаторов, дополнительная проверка, не требуемая Class H или Class K.

Таблица 5. Уровни радиационной стойкости DC/DC-преобразователей

Уровни радиационной стойкости	Уровни отбраковки по устойчивости к внешним воздействующим факторам		
	Прототип (O)	Class H	Class K
O: стандартные изделия без гарантии радиационной стойкости. Используются для предварительного макетирования системы, по электрическим и конструктивным параметрам совместимы с такими же изделиями уровней H и K	OO	HO	Недоступен
R: радиационно стойкие изделия, гарантируется работоспособность при предельной поглощённой дозе 100 крад (Si), отсутствие одиночных сбоев (SEU, Single Event Upset) при воздействии тяжёлых низкоэнергетических ионов с энергиями до 40 МэВ	Недоступен	HR	KR

ем фирмы в список предпочтительных поставщиков NASA/Goddard (PPL-21, Preferred Parts List).

Другими свидетельствами признания компании и качества её изделий являются внесение Interpoint в квалификационный перечень производителей (Qualified Manufacturers List, QML) по MIL-PRF-38534 и сертификация по ISO 9001. Перечень стандартов, требованиям которых отвечает производство Interpoint, приведён в таблице 3.

ВАРИАНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

Преобразователи DC/DC, помехоподавляющие фильтры и специальные изделия создаются с применением компонентов, испытанных и отбракованных с целью выявления из них потенциально ненадёжных (дефектных). Все изделия космического назначения создаются с применением компонентов с подтверждённой надёжностью, компонентов из квалификационного перечня элементов (QPL) и компонентов от производителей, внесённых в квалификационный перечень производителей (QML). При производстве устройств Class H и Class K применяются также различные компоненты, качество которых подтверждается в результате испытаний, состав и последовательность которых приведены в таблице 4.

Для обеспечения высочайшего качества своих изделий фирма Interpoint ограничивает число поставщиков электрорадиоизделий (ЭРИ) до нескольких компаний и применяет жёстко контролируемые процедуры отбраковки ко всем поступающим партиям комплектующих.

Кроме того, все изделия для космического применения функционально совместимы с такими же устройствами других уровней отбраковки. Это предоставляет возможность применять изделия с уровнем радиационной стойкости OO (таблица 5) для опытных образцов, а в рабочей системе использовать изделия с более высоким уровнем радиационной стойкости KR или KH без опасности нарушить функциональность системы или ухудшить эксплуатационные характеристики. Изделия с уровнями радиационной стойкости R или H содержат компоненты, отобранные из партий в результате параметрической и функциональной оценки по-

Энергия космоса



CRANE
AEROSPACE &
ELECTRONICS

interpoint
A CRANE CO. COMPANY

**БОЛЕЕ 800 ТИПОВ
ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ
для военного, аэрокосмического
и промышленного оборудования**

- многообразие вариантов конструктивного исполнения, в том числе возможность монтажа на поверхность (SMD)
- рабочий диапазон температур от -55 до $+125^{\circ}\text{C}$
- высокая радиационная стойкость
- удельная мощность свыше 5000 Вт/дм^3
- выходная мощность от 1 до 200 Вт
- входные напряжения:
16...40 В и 160...400 В постоянного тока
- выходные напряжения:
2,2; 3,3; 5; 12; 15; ± 5 ; ± 12 ; ± 15 ; 28 В
- выходной контроль по MIL-STD-883 и MIL-PRF-38534

PROSOFT®

МОСКВА Телефон: (095) 234-0636 • Факс: (095) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ Телефон: (812) 325-3790 • Факс: (812) 325-3791 • E-mail: root@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ Телефон/факс: (343) 376-2820/376-2830 • E-mail: info@prosoft.ural.ru • Web: www.prosoftsystems.ru

казателей радиационной стойкости. Все маркировочные краски на изделиях Interpoint одобрены NASA и термически обрабатываются для соответствия требованиям NASA к потере общей массы (Total Mass Loss, TML) и улавливаемым летучим конденсирующимся веществам (Collected Volatile Condensable Materials, CVCM). Практически все DC/DC-преобразователи, фильтры и специальные изделия характеризуются диапазоном рабочих температур $-55...+125^{\circ}\text{C}$. Преобразователи серии сохраняют работоспособность при температуре -90°C , причём как в непрерывном режиме, так и при запуске.

В таблице 6 приведены оговоренные действующим в США военным стандартом MIL-STD-883F Military Standard, Test Methods and Procedures for Microelectronics: Department of Defense состав и последовательность испытаний с целью выявления потенциально ненадёжных изделий. Необходимо отметить, что отбраковка таких изделий позволяет повысить надёжность на 1,5 порядка и выше по сравнению с уровнем качества массовой продукции.

СОПРОВОДИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

В зависимости от уровня отбраковочных испытаний и уровня радиа-

ционной стойкости изделий фирма Interpoint предоставляет детальные отчёты по результатам испытаний конкретных изделий. Доступны следующие документы:

- Worst-Case and Radiation Susceptibility Analysis;
- Electrical/Thermal Stress Analysis and Derating Report;
- MTBF Analysis Report;
- Failure Modes and Effects Analysis Report.

Анализ наихудшего случая и устойчивости к радиационным воздействиям (Worst-Case and Radiation Susceptibility Analysis)

Этот документ представляет эксплуатационные характеристики изделия при воздействии наихудшего сочетания внешних факторов. Для каждого критичного эксплуатационного параметра рассчитывается рабочий режим при наихудшем случае в предположении, что изделие работает при экстремальных значениях температур, входного напряжения, параметров радиационных воздействий и нагрузки и что все компоненты, используемые в изделии, находились на предельных состояниях при этих условиях.

Весьма маловероятно, что возможно одновременное сочетание таких наихудших внешних воздействий. Поскольку изделия Interpoint часто

используются в ответственных приложениях, разработчики аппаратуры после таких испытаний могут быть уверены, что эти изделия сохранят работоспособность.

Исследование радиационной стойкости

Этот раздел содержит результаты исследования влияния изотопного источника ^{60}Co с максимальной эквивалентной мощностью дозы 9 рад/с (Si) и предельной поглощённой дозой радиоактивного излучения 100 крад (Si) на рабочие характеристики изделия. Характеристики ЭРИ (резисторы, транзисторы, микросхемы, оптопары), которые определяют эксплуатационные параметры изделия, исследуются в разделе «Исследования влияния ионизирующего излучения на параметры ЭРИ». Необходимо отметить, что при квалификационных испытаниях DC/DC-преобразователей серии SMRT активные компоненты и законченное изделие подвергаются воздействию низкоинтенсивного изотопного источника в течение более 1000 часов (мощность дозы 0,005 рад/с (Si) в соответствии с методом 1019.6 Ionizing Radiation (Total Dose) Test Procedure военного стандарта США MIL-STD-883F). Изделия серии SMRT характеризуются также следующими показателями, которые были впервые достигнуты специалистами Interpoint при разработке преобразователей этой серии:

- значения допустимой накопленной дозы в кремнии 35 крад (Si), 100 крад (Si) и 300 крад (Si). На этапах разработки проводятся квалификационные испытания на экспериментальных комплексах для моделирования радиационного поведения при допустимой накопленной дозе в кремнии, равной 1 Мрад (Si);
- устойчивость преобразователей к воздействию потока тяжёлых протонов с плотностью «переноса» частиц 10^{12} протонов/с;
- эффекты электрического пробоя и защёлкивания (SEU/SEE/SEL – Single Event Upsets/Event Effects, latch-up) – специфицируются при импульсе излучения 115 МэВ $\text{см}^2/\text{мг}$.

Пострадиационные пределы рабочих характеристик для этих параметров определены на основе результатов исследования. Исходя из этого, устанавливаются пострадиационные пределы рабочих параметров (показатели качества: выходное напряжение, вы-

Таблица 6. Последовательность испытаний для оценки качества изделий космического назначения

Виды испытаний	Изделия для опытных образцов (0)	Class H	Class K
Неразрушающий контроль качества соединений проводников. Метод 2023	Нет	Нет	Да
Визуальный внутренний контроль (перед герметизацией). Метод 2017, 2032	Да	Да	Да
Термоциклирование (стабилизационная печь). Метод 1010, Условие С	Да	Да	Да
Испытание на центрифуге (постоянное ускорение). Метод 2001 (3000 g)	Да	Да	Да
PIND-контроль*. Метод 2020, Условие В	Нет	Нет	Да
Рентгеновский радиографический контроль. Метод 2012	Нет	Нет	Да
Контроль перед электротермотренировкой	Да	Да	Да
Электротермотренировка при 125°C . Метод 1015: 96 ч 160 ч 2 × 160 ч (включая среднюю электротермотренировку)	Да Нет Нет	Нет Нет Нет	Нет Да Да
Окончательный контроль по электрическим параметрам (MIL-PRF-38534, Group A)	Да	Да	Да
Контроль герметичности: тонкие течи (Метод 2014, Условие А); грубые течи (Метод 1014, Условие С)	Да Да	Да Да	Да Да
Окончательный визуальный внешний контроль. Метод 2009	Да	Да	Да

* Particle Impact Noise Detection Test – контроль наличия под корпусом изделия посторонних частиц по наличию шумов, возникающих от их соударения при вибрации.

Новости мира News of the World Новости мира

WLAN-модуль фирмы DPAC

Wireless LAN модуль WLNБ-AN-DP101 фирмы DPAC Technologies (дистрибьютор: Simos) размером 3 × 4 см позволяет реализовать беспроводные сетевые LAN- или Internet-соединения. Наряду с радио/приёмопередатчиком модуль содержит Base-Band-процессор и процессор приложения, а также встроенные микропрограммы, необходимые для веб-решений. Кроме того, имеется интегрированный TCP/IP-стек и операционная система реального времени (RTOS), а также прикладное программное обеспечение. Модуль рассчитан на работу в температурном диапазоне от -40°C до +85°C.

Новые IPs для FPGAs фирмы Lattice

Компания Lattice Semiconductor предлагает IP-модули для своих ECP-DSP и EC-FPGAs. Имеющиеся IP-модули позволяют имплантировать такие функции проектирования, как Ethernet, Reed Solomon, PCI и DMA. ispLeverCORE-IP-продукты фирмы Lattice являются верифицированными решениями для имплантации стандартизированных функций. Для бесплатного скачивания предлагаются веб-сайтовские оценочные таблицы связей, с помощью которых можно комбинировать и моделировать IP с применением логических схем пользователя. Для элементов LatticeECP и LatticeEC в настоящее время предоставляются в распоряжение для скачивания IP-ядра для следующих функций: 10/100 Ethernet MAC, 1G Ethernet MAC, PCI, Multi-Channel DMA Controller, Reed Solomon Encoder & Reed Solomon Decoder, Block Convolutional Encoder и Turbo Encoder. Для элементов LatticeECP-DSP разрабатываются DSP-ориентированные IPs. Имеются также IPs фирм CAST и Eureka Technology. Предлагаются бесплатные базовые решения для следующих функций: QDR II SDRAM Controller, SDR SDRAM Controller, I2C Bus Master Controller, 1553 Data Bus Encoder/Decoder и RGMII Bridge.

GPS-фильтры и UMTS-дуплексеры от Epcos

Фирма Epcos предлагает свои GPS-фильтры B69812N1577B302 и B69812N1577D302 для навигационных систем в автомобилях, на судах и Handheld, а также для мобильных телефонов. По информации фирмы, они на 35% меньше по сравнению с прежними

фильтрами и обеспечивают подавление различных частот мобильных радиосистем до 50 дБ. Для мобильных радиотелефонов 3G разработан UMTS-дуплексер B69969N2047A760. Его вносимое затухание снижено в среднем до 1,1 дБ. Антенные входы и вводы-выводы выполнены на противоположных сторонах. UMTS-дуплексеры и GPS-фильтры имеют мощностную совместимость 30 дБм. Производитель предлагает новую технологию керамических многослойных фильтров на базе LTCC. Они предназначены для приложений стандартов IEEE 802.11 b/g, а также для Bluetooth-приложений и решений, соответствующих стандарту 802.11a.

Линейный стабилизатор для аналоговых специализированных схем

Линейный стабилизатор на входные напряжения 7...120 В предлагает фирма Prema в виде модульного блока для разработки высоковольтных специализированных интегральных схем. Этот стабилизатор может запитывать как схему внутри микросхемы, так и внешние компоненты, например микроконтроллеры, стабильным напряжением 5 В с точностью 1%. Резерв по входному напряжению особенно важен для промышленных условий или для приборов с самыми простейшими блоками питания. Благодаря большому быстродействию линейного стабилизатора сглаживающие конденсаторы на его входе и выходе не требуются. Ток покоя составляет 50 мкА, так что этот стабилизатор может найти применение в Ultra-Low-Power-электронике. Для защиты схемы есть ограничение по току и температурный контроль.

Переносные осциллографы с запоминающей трубкой и батарейным питанием

Компания Tektronix объявила о новой серии TPS2000 цифровых осциллографов с запоминающей трубкой (DSO) ап. Имея длительность непрерывной работы, превышающую 8 часов, и четыре изолированных входных канала, серия TPS2000 предназначена, по заявлению Tektronix, для работы как в лабораторных, так и в полевых условиях. Новая серия состоит из трёх моделей. Модели TPS2024 (3790 евро) и TPS2014 (3390 евро) имеют четыре канала с полосой соответственно 200 и 100 МГц, TPS2012 (2990 евро) имеет два канала с

полосой 100 МГц. Все каналы изолированы от массы и обеспечивают в стандартном варианте четырёхчасовую работу с подзаряжаемыми батареями, измерение реального времени, запуск до полной ширины полосы и технологию цифрового опроса в реальном времени, регистрирующую одиночные выбросы и спорадические события. С помощью стандартной измерительной головки P2220, входящей в комплект поставки осциллографов TPS2000, можно проводить не привязанные к потенциалу измерения до 30 В_{эфф}. Для не привязанных к потенциалу измерений более высоких напряжений в распоряжение предоставляется опциональный TPS2PBND Power Bundle. Вместе с опциональным TPS2PBND Power Bundle (1190 евро), содержащим пассивную высоковольтную измерительную головку P5120, модели серии TPS2000 в состоянии выполнять щупом измерения до 1000 В_{эфф}, CAT II. При этом измерения могут выполняться по всем каналам одновременно, если измеряются напряжения, не привязанные к потенциалу, до 600 В_{эфф}, CAT II (300 В_{эфф}, CAT III). Дополнительное устройство TPS2PBND состоит из четырёх пассивных высоковольтных измерительных головок P5120 и программного обеспечения техники и анализа измерений TPS2PWR1. Tektronix обещает 8 часов непрерывной работы с двумя батарейными пакетами, из которых только один входит в комплект поставки.

ZigBee-модуль от NEC

Компания NEC Engineering представляет в сотрудничестве с NEC Electronics и фирмой Chipcon AS модуль, рассчитанный на совместимость со стандартами беспроводных сетей IEEE 802.15.4 и ZigBee. Модуль содержит высокочастотный трансивер CC2420 фирмы Chipcon и 8-разрядный Flash-микроконтроллер 78K0/KF1+ компании NEC Electronics, в котором прошито в качестве объектного кода программное обеспечение IEEE 802.15.4 MAC. Без дополнительных аппаратных затрат возможно Flash-программирование и отладка микроконтроллера 78K0 через интерфейс USB. Комплект разработки с двумя ZigBee-радиомодулями и инструментами разработки программного обеспечения предполагается начать поставлять с февраля 2005 года. Продажа производится через NEC Electronics Europe.

<http://www.ru.channel-e.de/>

ходной ток, пульсации выходных напряжений, нестабильность по току, нестабильность по напряжению, КПД, частота преобразования, динамическая нестабильность, время переходного процесса), которые приводятся в виде таблицы. Исследования радиационной стойкости осуществляются на большой партии компонентов и на основе результатов радиационного поведения и контроля показателей радиационной стойкости ЭРИ гарантируются пострадиационные параметры изделия в целом, которые приводятся также в документе Standard Military Drawing (SMD, Извлечение из военного стандарта) и доступны на сайте DSCC: www.dsccl.dla.mil/Programs/MilSpec/DocSearch.asp.

Раздел «Результаты исследования наиболее неблагоприятного варианта» анализирует результаты изменения рабочих параметров при воздействии температуры, поглощённой дозы радиации, изменении входного напряжения и нагрузки. Когда рабочие параметры в наиболее неблагоприятном случае являются наиболее близкими к пострадиационному пределу, такая ситуация анализируется.

Интерес также представляет раздел, в котором приводится информация о влиянии толщины защиты из различных материалов (сталь, ковар, алюминий) на величину поглощённой дозы радиации для различных орбит (низкоорбитальная высотой 600 × 800 км, высокоорбитальная высотой 20 000 × 20 000 км, геосинхронная высотой 10 000 × 10 000 км с наклонениями 27° и 60°).

Отчёт об анализе электрического и температурного воздействий и ухудшении номинальных параметров (Electrical/Thermal Stress Analysis and Derating Report)

Основным назначением этого отчёта является сравнение параметров критических воздействий на каждый компонент изделия с нормативами NASA MIL-STD-975M. Для выполнения этой задачи вычисляются критические максимальные рабочие условия каждого ЭРИ, затем они группируются в соответствующих разделах. Значения критических воздействий вычисляются как отношение максимальных рабочих условий к максимальным значениям, представленным производителем ЭРИ.

Отчёт об анализе среднего времени наработки на отказ (MTBF Analysis Report)

В документе приводится анализ показателя надёжности изделия MTBF (Mean Time Between Failure, среднее время наработки на отказ) в соответствии с MIL-HDBK-217F Reliability Prediction of Electronic Equipment, Notice 2 [4]. Этот документ учитывает два подхода к вычислению показателя надёжности ЭРИ: первый метод, известный как Parts Count Method (метод определения надёжности с учётом средней интенсивности отказов ЭРИ), и второй метод, известный как Parts Stress Analysis Method (метод определения надёжности с учётом анализа воздействий на ЭРИ) и реализуемый с учётом данных из документа Electrical/Thermal Stress Analysis and Derating Report. Метод Parts Stress Analysis Method даёт более реалистичный показатель, потому что прогнозирование интенсивности отказов для каждого ЭРИ основывается на том, каким образом он используется в электронной системе, а метод Parts Count Method просто учитывает среднюю интенсивность отказов для каждого ЭРИ, независимо от условий работы в электронной системе.

Для расчёта надёжности используется математический пакет RelCalc.

Анализ аварийных режимов и воздействий (Failure Modes and Effects Analysis)

Этот документ оформляется для каждого изделия и рассматривает влияние отказов ЭРИ на функционирование изделия. Каждый ЭРИ, за исключением резисторов, исследуется на воздействия короткого замыкания и холостого хода.

Аварийные режимы для каждого ЭРИ определяются экстремальным состоянием короткозамкнутой или разомкнутой цепи независимо от причины отказа (например, механическое воздействие, воздействие температуры, случайный отказ и т.д.). Для ЭРИ с более чем двумя выводами замыкание может произойти между двумя выводами, но анализируется только наиболее неблагоприятное воздействие – полное замыкание. В соответствии с MIL-HDBK-217F, такие ЭРИ, как резисторы, не влияют значительно на интенсивность отказа и не анализи-

руются, однако катушки индуктивности и трансформаторы включены в этот отчёт (так сложилось исторически). Вторичные влияния отказов ЭРИ тоже не рассматриваются. Интенсивности отказов ЭРИ вычисляются для температуры окружающей среды 50°C.

Вероятности отказов, вычисленные для гибридных изделий, обеспечивают соответствие требованиям Class K MIL-H-38534. Для ЭРИ, предназначенных для Class H, используется коэффициент качества $\pi_Q = 1$.

Необходимо заметить, что разработка и документирование выполненных по гибридной технологии изделий, для которых гарантируются показатели радиационной стойкости, регулируется документом Radiation Hardness Assurance (RHA) Program Guidelines («Руководящие принципы программы обеспечения радиационной стойкости»).

Основное назначение этого документа – представить общую структуру программы обеспечения радиационной стойкости фирмой Interpoint. Эта программа является основным руководством при разработке всех радиационно стойких изделий. Она содержит руководящие указания по следующим важным вопросам: формирование технических требований к радиационно стойким изделиям, проведение исследования радиационной стойкости изделий, формирование необходимой документации, разработка методов испытаний и контроль за изменением конструкции однажды уже сертифицированных радиационно стойких изделий.

Обеспечение радиационной стойкости гарантируются применением следующих принципов:

- надёжная конструкция, параметры которой определены с необходимым запасом, и компоненты, в наивысшей степени соответствующие требуемой радиационной обстановке по таким показателям, как поглощённая доза ионизирующего излучения, одиночные сбои при воздействии высокоэнергетических заряженных частиц, потока нейтронов, мощность поглощённой дозы радиоактивного излучения и т.д.;
- всестороннее исследование, которое выявляет как основные компоненты, так и основные эксплуата-

ционные параметры, которые должны быть проверены в требуемой радиационной обстановке;

- проверочные испытания поведения основных компонентов в условиях радиационного воздействия;
- окончательное испытание изделия при необходимости;
- контроль за изменениями в изделии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение требований США и РФ к элементной базе военного и космического назначения показывает, что они во многом совпадают, так как ориентированы на одни и те же объективные условия эксплуатации. Радиационно стойкие изделия энергетической электроники фирмы Interpoint применяются в бортовой аппаратуре российских КА. Они включены в ограничительный Перечень комплектующих изделий некоторых российских ведомств и организаций, так как на сегодняшний день отечественные радиационно стойкие электронные модули питания с выходными мощностями 1,5...100 Вт, частотами преобразова-

ния 500...600 кГц и КПД 80...87% фактически отсутствуют [5]. В настоящее время российские производители модулей электропитания открыли ОКР для решения проблем повышения удельной мощности, расширения температурного диапазона, радиационной стойкости и доведения этих показателей до уровня лучших зарубежных образцов. Но говорить о серийном производстве радиационно стойких модулей электропитания с высокими показателями качества (энергетическими, габаритно-массовыми, точностными характеристиками) сегодня преждевременно. Это вынуждает разработчиков РЭА для обеспечения заданных тактико-технических характеристик применять ЭРИ и модули электропитания иностранного производства. Применение элементной базы иностранного производства в специальной и военной технике в рамках установленных требований и процедур вполне допустимо. Практика использования в военной и специальной аппаратуре любой из развитых стран мира комплектующих изделий иностранного производства – не редкость [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жданкин В.К.* Некоторые вопросы радиационной стойкости DC/DC-конверторов фирмы Interpoint // Современные технологии автоматизации. 1998. № 3. С. 84–86.
2. *Жданкин В.К.* Вторичные источники электропитания фирмы Interpoint // Современные технологии автоматизации. 1997. № 4. С. 6–15.
3. *Жданкин В.К.* Перспективные изделия энергетической электроники фирмы Interpoint // Электрическое питание. 2004. № 3. С. 22–27.
4. *Жданкин В.К.* Надёжность преобразователей напряжения и её количественная оценка // Современные технологии автоматизации. 1997. № 4. С. 116–119.
5. *Исаев В.М.* Тенденции развития источников вторичного электропитания специального назначения // Устройства и системы энергетической электроники. Тезисы докладов научно-технической конференции УСЭЭ-2000. М: НТФ ЭНЭЛ, 2000. С. 7–8.
6. Об особенностях применения импортных компонентов в военной и специальной технике. Интервью с Начальником 22 ЦНИИ МО РФ контр-адмиралом Ю.И. Степановым // Компоненты и технологии. 2001. № 7. С. 4–5.



Новости российских дистрибьюторов

Новые микромодули для питания высокопроизводительных цифровых сигнальных процессоров и ПЛИС компании Marvell

Современные высокопроизводительные цифровые сигнальные процессоры (DSP), микропроцессоры и ПЛИС, изготовленные по 65-нм технологии, требуют малых (0,8...2,7 В) питающих напряжений ядра при значительном (более 1 А) токе потребления. Это накладывает жёсткие специфические требования к источникам электропитания, среди которых – высокая устойчивость к пиковым нагрузкам, низкий уровень помех и пульсаций, высокое быстродействие системы стабилизации выходного напряжения и др. Во многом решить проблему качественного питания ядра DSP позволяет использование отдельного микроминиатюрного преобразователя, устанавливаемого в непосредственной близости от кристалла.

Компания Marvell начала производство низковольтных неизолированных понижающих DC/DC-преобразователей серии DSP Switcher™, оптимизированных для питания ядер цифровых сигнальных процессо-

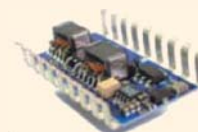
ров, высокопроизводительных микропроцессоров и ПЛИС. Преобразователи представляют собой одноплатную открытую конструкцию, выполненную для монтажа на печатную плату в отверстие (DIP- и SIP-исполнение) или для поверхностного монтажа (SMT-исполнение) объёмом менее 1,5 см³ (см. рисунок). Микросборки не требуют



внешних навесных элементов и могут устанавливаться в непосредственной близости от питаемой микросхемы. Устройства обеспечивают программируемое выходное напряжение в диапазоне 0,72...3,63 В, точность установки не ниже 2%, КПД – не менее 95%, ток нагрузки до 1,5 А.

Новое семейство DC/DC-преобразователей на керамической печатной плате компании C&D Technology

Компания C&D Technology начала производство семейства миниатюрных DC/DC-преобразователей NCX10S для поверхно-



стного монтажа, изготовленных по новой технологии на керамических печатных платах. Устройства отличаются высокой плотностью мощности в широком температурном диапазоне эксплуатации –40...+85°C. Также впервые была применена технология температурной компенсации крепления выводов к керамической подложке, позволившая повысить надёжность и механическую прочность изделий. Преобразователи могут эксплуатироваться без дополнительного теплоотвода и способны выдерживать перегрузки по току до 170%.

В настоящее время устройства выпускаются для работы с входными напряжениями 24 В и 48 В и выходной мощностью 10 Вт в 18-выводных корпусах для поверхностного монтажа размером 44,55 × 28,40 × 8,10 мм. Наличие тепловой и токовой защит, высокая электропрочность изоляции делают NCX10S идеальными для применения в аппаратуре с высокими требованиями к надёжности.

www.prochip.ru
тел. (095) 234-0636