

ОАО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ им. М.А. КАРЦЕВА» (ОАО «НИИВК»)



Мухтарулин В.С.,
генеральный директор

Ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов (НИИВК) - один из ведущих в России институтов в области цифровой вычислительной техники, цифровой обработки сигналов и современных информационных технологий. Образован в 1967 г. на базе коллектива отдела главного конструктора М.А. Карцева, который к этому времени завершал работы по созданию и вводу в эксплуатацию вычислительных комплексов для управления и обработки информации радиолокационных станций, радиолокационных узлов и командного пункта первой очереди системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН).

Дальнейшее развитие СПРН требовало значительного повышения технических характеристик ЭВМ и вычислительных комплексов в части производительности, объемов памяти, надежности и др.

ЭВМ М-10



Коллектив НИИВК приступил к теоретическим исследованиям дальнейшего развития архитектуры ЭВМ и комплексов в этих направлениях. Был разработан проект многопроцессорной вычислительной системы ВК М-9, показывающий возможность путем распараллеливания вычислений обеспечить теоретическую суммарную производительность до 1 млрд операций в секунду.

■ МНОГОПРОЦЕССОРНАЯ ВЕКТОРНО-ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ЭВМ М-10

В 1970-1973 гг. была создана ЭВМ М-10 и начато ее серийное производство на Загорском электромеханическом заводе.

Эта ЭВМ составила основу построения вычислительных комплексов для КП СПРН, РЛС «Дарьял», космической системы обнаружения стартов баллистических ракет по факелам и ряда других систем.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Среднее быстродействие	5,1 млн. оп./с
Общий объем внутренней памяти	5 Мбайт
Пропускная способность мультиплексного канала (при одновременной работе 24 дуплексных направлений)	более 6 Мбайт/с
Система прерывания программ	72-канальная с пятью уровнями приоритетов

Дальнейшим совершенствованием вычислительной системы стало создание суперЭВМ 4-го поколения М-13 (разработка - 1980-1983, серийное производство - 1984-1991), в которую дополнительно к процессорной части (универсальный процессор) производительностью до 48 млн оп./с вводился спецпроцессор (специальная

процессорная часть) для цифровой обработки сигналов (с производительностью до 2,4 млрд оп./с).

Научные исследования и конструкторские разработки НИИВК в новых условиях направлены на усовершенствование технологий по созданию мультимедийных систем, включающих как универсальные, так и спецпроцессоры; а также расширение сфер применения цифровой обработки сигналов.

Основные крупные разработки:

- системы и комплексы цифровой обработки информации;
- мультимедийные вычислительные системы, включая инструментальный комплекс для моделирования, разработки, настройки и испытаний радиоэлектронных систем;
- радиоэлектронные системы обеспечения безопасности, включая аварийные системы документирования информации;
- устройства силовой электроники.

Цифровая обработка информации

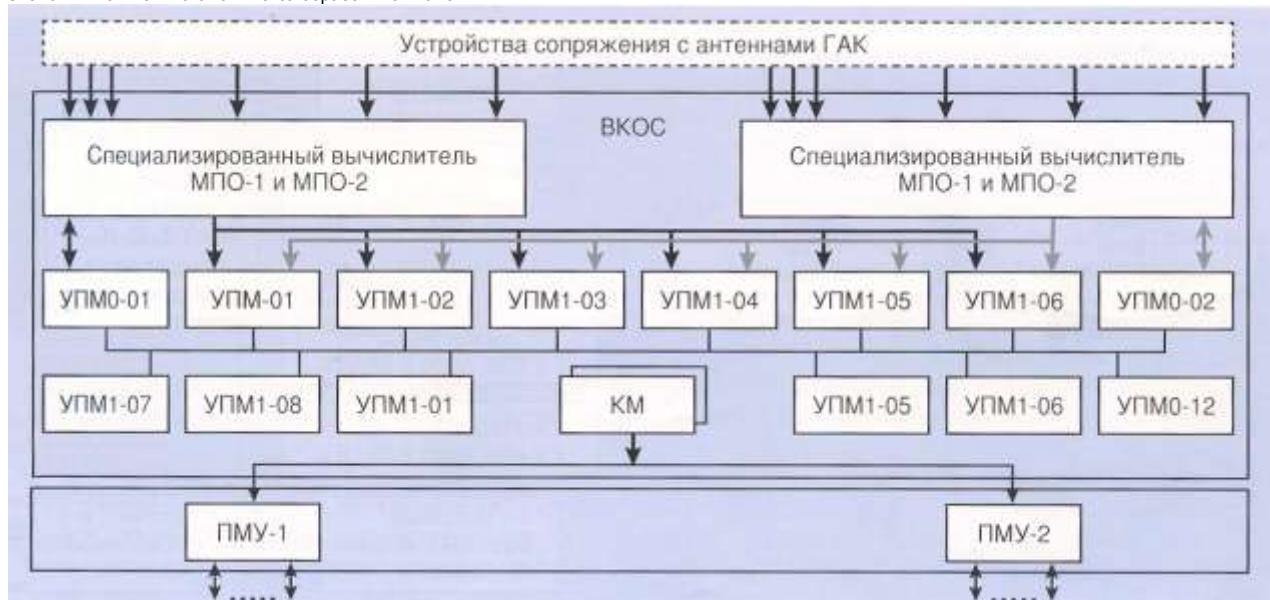
Направление цифровой обработки сигналов (ЦОС), начатое в НИИВК со специализированной процессорной части М-13, продолжает интенсивно развиваться, в первую очередь, в рамках цифрового вычислительного комплекса (ЦВК) для гидроакустики.

Гидроакустический комплекс (ГАК) на подводной лодке (ПЛ) - один из основных, а в подводном положении - единственный источник информации об окружающей подводной и надводной обстановке.

Комплекс включает системы:

- шумопеленгования (ШП) с использованием антенн, расположенных на внешней обшивке подводной лодки;
- гибких протяжных буксируемых антенн (ГПБА);
- гидролокации (ГП);
- обнаружения гидроакустических сигналов (ОГС);
- звукоподводной связи.

Схема вычислительного комплекса обработки сигналов



■ ЦВК ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Центральный вычислительный комплекс (ЦВК) в составе ГАК обеспечивает решение следующих задач:

- сбор данных, поступающих от антенн всех систем (ШП, ГПБА, ГЛ, ОГС и других);
- предварительная обработка и формирование пространственно-частотных спектров сигналов;
- корреляционная адаптивная пространственно-частотно-временная обработка сигналов спектров;
- первичная (формирование отметок) и вторичная (траекторная) обработка сигналов;
- идентификация и классификация наблюдаемых объектов;
- проведение гидроакустических расчетов;
- подготовка и отображение информации для оператора ГАК;
- реализация взаимодействия «человек-машина», регистрация данных;
- обмен информацией с внешними абонентами ГАК;
- контроль работоспособности и управления подсистемами ГАК.

Комплекс разрабатывается НИИВК в содружестве с ОАО «НИИ супер ЭВМ», причем в сферу ответственности НИИВК входит основная часть ЦВК - вычислительный комплекс обработки сигналов (ВКОС), результаты с которого через коммутатор КМ поступают на процессорные модули управления ПМУ. ВКОС содержит два одинаковых спецвычислителя СВ, в каждом из которых по два модуля предварительной обработки сигналов МПО-1 и МПО-2.

Универсальная процессорная часть ЦВК содержит 16 узлов, 14 из которых расположены во ВКОС в виде универсальных процессорных модулей двух разновидностей - УПМО (2 шт.) и УПМ1 (12 шт.), отличающихся лишь составом быстрых каналов связей. Один из СВ находится при эксплуатации в рабочем режиме, а другой вместе с УПМО - резервный (или находится в ремонте).

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Количество универсальных процессорных модулей	14
Тактовая частота процессоров, МГц	500
Оперативная память, Мбайт	1024
Производительность, SPECfp95	28
Каналы ввода/вывода	Fast Ethernet, БКП, SCSI-2
Напряжение питающей сети, В	220±11
Частота первичной сети, Гц	50±1
Кэффициент нелинейных искажений	не более 10%
Потребляемая мощность комплекса, кВт	не более 3,0
Система охлаждения	кондуктивно-жидкостная

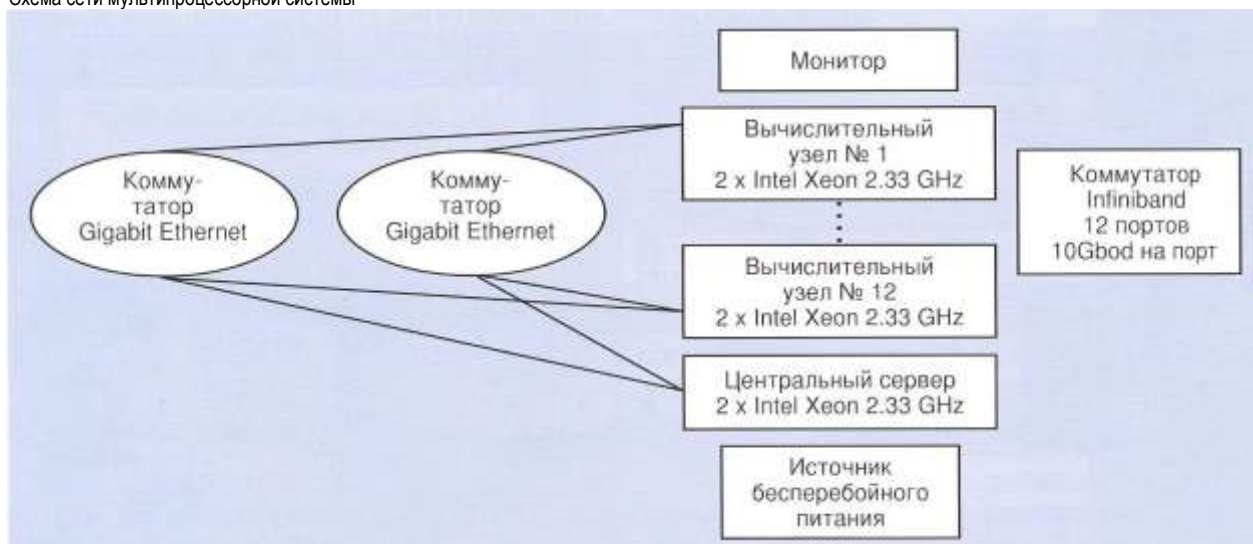
Высокая эффективность принципов построения ЦВК достигается за счет того, что аппаратура вычислительного комплекса обработки сигналов включает резервное оборудование, которое позволяет иметь наработку на отказ, измеряемую десятками тысяч часов.

Выпуск ЦВК полностью на микропроцессорах отечественной разработки обеспечивает информационную безопасность и позволяет изготавливать микропроцессоры на различных предприятиях (что необходимо для технологической независимости).

Разработка комплексов радиотехнической разведки и противодействия (РКРиП) на базе достижений современной вычислительной техники с применением высокопроизводительных процессоров обработки и формирования сигналов различного вида и использования быстродействующих ПЛИС большой интеграции в качестве элементной базы открывает новые возможности для комплексной защиты информации от несанкционированного доступа и противодействия различного вида средствам ведения разведки.

Ведутся работы по созданию процессоров первичной обработки радиолокационных сигналов новейшей корабельной радиолокационной станции (РЛС). Основу процессора образуют приемные каналы, в которых формируются дискретные выборки импульсной последовательности комплексных гармонических сигналов и осуществляется внутриимпульсная и межпериодная (внутрипачечная) обработка сигналов суммарного и

Схема сети мультипроцессорной системы



разностных трактов.

На структуру спецвычислителя (СВ) влияет многофункциональность РЛС, поэтому применяются конвейеры по обработке сигналов и по управлению устройством обработки. Проводятся исследовательские работы по сокращению времени обработки с 5 мс до 250 мкс с существенным увеличением массивов обрабатываемых данных (с 4-х до 32-х каналов ввода данных) и объемов вычислений с целью ухода от активной радиолокационной помехи; созданию системы ЦОС для реконфигурируемого вычислительного комплекса реального времени; по проектированию систем ЦОС как на базе ПЛИС- и DSP-технологий или их сочетаний, так и на основе систем на кристалле (СнК), с анализом преимуществ и недостатков каждого из способов; на основе опыта проектирования устройств ЦОС для гидроакустики и радиолокации разрабатываются сверхбыстродействующие алгоритмы для создания медицинского ультразвукового сканера.

Мультипроцессорные вычислительные комплексы и системы

Одно из таких направлений - создание моделирующих систем на базе мультипроцессорных вычислительных высокой производительности для определения аномального поведения сложных динамических систем. Отличительная особенность таких систем - использование высокоскоростной сети обмена данными между вычислительными узлами с низким уровнем задержки сигнала.

В качестве вычислительных узлов используются одноюнитовые серверы с двумя двухъядерными процессорами Intel Xeon, работающие при пониженном напряжении питания, что позволяет создать компактное решение, в котором все компоненты системы размещаются в одной стандартной 19-дюймовой стойке.

Отличительные особенности системы - гибкое

масштабирование и наращивание возможностей системы.

Максимальная производительность при использовании 12 вычислительных узлов составляет 447 Гфлопс. При замене двухъядерных процессоров на четырехъядерные пиковая производительность составит 890 Гфлопс.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Число вычислительных узлов	12
Число процессоров/ядер	24/48
Конструктив узла	1U
Тип процессора	два низковольтных двухъядерных процессора Intel Xeon 5138, 2,33ГГц с двухканальной системной шиной частотой 1333 ГГц, 40 Вт/процессор
Занимаемая площадь, м ²	0,6
Габариты стойки, мм	1000x600x2200
Потребляемая мощность, кВт	4,5

В системе было проведено моделирование по распознаванию аномального поведения динамических объектов. Задача построения алгоритма распознавания нештатных ситуаций может быть сформулирована как задача обучения по прецедентам следующим образом:

- наблюдаемая многомерная траектория содержит информацию, полученную с датчиков объектов;
- выделяется набор классов аномального поведения системы, для каждого класса задается эталонная траектория, причем траектории разных классов аномального поведения не пересекаются;
- ограничения на полноту и точность распознавания в виде ограничений на число ошибок распознавания и классификации.

Численные эксперименты показывают, что на указанной многопроцессорной системе удается добиться хороших результатов по определению аномального поведения различных динамических систем и принять упреждающие меры по предотвращению нештатных ситуаций.

■ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ, РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Инструментальный вычислительный комплекс (ИВК) обеспечивает создание электронных систем и комплексов на всех этапах от моделирования до испытаний. ИВК включает в себя многопроцессорный кластер, две рабочие станции и подсистему преобразования и коммутации сигналов, объединенных в единую сеть Ethernet. Кластер построен на базе семи вычислительных модулей, общей вычислительной производительностью 0,5 TFLOPS, объединенных через сети GbEthernet и InfiniBand (10 Гбит/с). Вычислительные модули работают под управлением ОС Linux или Windows, имеют широкий набор установленного ПО (среды разработки и моделирования, библиотеку функций параллельного программирования, среды проектирования ПЛИС). Подсистема

преобразования и коммутации сигналов выполнена на базе программируемых логических контроллеров с крейтовой и моноблочной структурой, включенных в общую сеть комплекса. Крейтовые контроллеры оснащаются стандартными модулями аналогового/дискретного ввода/вывода, обеспечивая реконfigurирование и масштабирование, подстраиваясь под решение конкретной задачи. Две рабочие станции обеспечивают удобство работы и служат для решения задач, не требующих больших вычислительных ресурсов.



Включение в состав комплекса программируемых логических контроллеров расширяет возможности комплекса в целом и помогает осуществлять оценку разработки изделий на различных стадиях готовности, тем самым сокращая время, приходящееся на отладку и настройку разрабатываемых изделий. А в сочетании с двумя рабочими станциями позволяет проводить моделирование и оценивать работу сложных взаимодействующих систем (например, совместную работу модели управляющего объекта и модели управляемого объекта). В качестве дополнительных инструментов для настройки и отладки разрабатываемых изделий в комплексе предусмотрены высокоточные приборы (осциллограф-анализатор логических сигналов, генератор сигналов произвольной формы и блок питания).

Архитектура комплекса продумана таким образом, что позволяет проводить реконfigurирование и наращиваемость, подстраиваясь под определенные задачи разработчика, а широкий спектр программного обеспечения предоставляет широкие возможности для ведения разработок в области моделирования, проектирования и создания собственного программного

обеспечения. Применение комплекса позволяет обеспечить выпуск конструкторской и программной документации на проектируемые системы, сократить срок разработки этих систем, повысить их качество, уменьшить затраты на их создание.



Направления применения комплекса:

- моделирование объектов, имитация нештатных ситуаций;
- моделирование физических процессов;
- архивирование результатов моделирования, построение графиков и гистограмм по результатам моделирования;
- проектирование бортовых систем;
- создание ПО в различных операционных средах;
- исследование эффективности алгоритмов;
- параллельные вычисления;
- автоматизация выпуска КД;
- проведение и анализ натурных испытаний.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Количество узлов/процессоров кластера	7/14
Вычислительная производительность, TFLOPS	0,5
Сети передачи данных	GbEthernet, InfiniBand 4x
Возможность реализации каналов ввода/вывода:	
- каналов аналогового ввода	до 1024
- каналов аналогового вывода	до 512
- каналов дискретного ввода	до 2048
- каналов дискретного вывода	до 1024
Типы каналов связи	RS-232, RS-485, USB Ethernet, 802.11n

Радиоэлектронные системы обеспечения безопасности

Одна из существенных проблем в сфере государственных интересов настоящего времени - обеспечение безопасности ответственных систем различного назначения (авиация, предприятия атомной, химической, нефтегазовой промышленности, транспорт, объекты МЧС и Минобороны).

Причины подавляющего большинства аварий, угрожающих здоровью и жизни людей и причиняющих экономический и экологический ущерб, следующие:

- аварийные ситуации, связанные с террористическими актами;
- неисправность оборудования;
- конструктивные недостатки оборудования;
- ошибки операторов или членов экипажа.

Для обеспечения безопасности ответственных систем необходимо разработать компьютерные системы, позволяющие: проводить раннее распознавание аномального поведения объектов, опережающее моделирование динамических систем с последующим принятием решений о возможных мерах по предупреждению аварийной обстановки, а также обеспечить широкое внедрение систем обработки и документирования информации, поступающей с функционирующих объектов.

Накопленный к настоящему времени мировой опыт и проведенные в последние годы прогнозные исследования показывают, что подобные системы весьма эффективны для решения следующих задач:

- выяснения причин происшествий;
- контроля технического состояния;
- оценки конструктивных решений;
- оценки и коррекции техники управления;
- автоматической оценки действий экипажа с выдачей при необходимости предупреждений или рекомендаций;
- автоматического определения физического состояния членов экипажа;
- обучения операторов и экипажей с помощью воспроизведения данных, полученных в реальных условиях.

Важная линия обеспечения безопасности функционирования ответственных систем - проведение опережающего моделирования.

Учитывая высокую производительность и многопроцессорность системы, можно со значительным опережением моделировать процессы функционирующего объекта по оперативной информации, поступающей от реального объекта, находящегося в эксплуатации, и принять необходимые меры по предотвращению и устранению аварийных ситуаций или надлежащей корректировке технологического процесса.

Одно из важнейших направлений по созданию систем обеспечения безопасности ответственных объектов, по которому ведутся работы в НИИВК, - создание аварийных систем документирования информации с последующей дешифровкой данных, полученных в реальных условиях.

В настоящее время в НИИВК разработан ряд аварийных систем документирования информации: для легких воздушных судов (Як-18Т, СМ-92); для метрополитена; для автомобильного транспорта; для морских судов.

■ РЕГИСТРАТОР БАРС-2М ДЛЯ ЛЕГКИХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Прошел все необходимые испытания, получен сертификат МАК. В НИИВК выполнены разработка и испытания регистратора-вычислителя, позволяющего определять ресурс планера летательных аппаратов.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Число каналов регистрации:	
дискретных	не менее 8
аналоговых	не менее 16
напряжение питания, В	27 ± 9
потребляемая мощность, Вт	2
диапазон изменения напряжения на аналоговых входах, В	0-48
емкость блока энергонезависимой памяти, Мбайт	8
время заполнения памяти при размере кадра 128 байт и частоте записи 1 кадр/с, ч	16
время считывания информации из регистратора, мин	7
масса, кг	2,5
габариты, мм	150x140x175
Условия сохранения информации в случае Авиационного происшествия:	
одиночный удар при длительности 6,5 мс, g прокалывающий удар стального бруса массой 100 кг с высоты 3 м при поперечном сечении контакта, см ²	1000
статическая нагрузка в течение 5 мин по трем осям поочередно, кг	0,32
максимальная температура окружающей среды в течение 15 мин при 100% охвате пламенем поверхности регистратора, °С	1000
Время нахождения в пресной и морской воде на глубине 1000 м, сут.	±1100
	30

Прибор регистрирует величину перегрузок, которые испытывает самолет во время полетов, и путем обработки полученных данных по специальному алгоритму вычисляет величину повреждаемости - параметр, отражающий степень износа элементов

Регистратор БАРС-2М



планера самолета. В зависимости от величины повреждаемости принимается решение о дальнейшей эксплуатации самолета. Прибор рассчитан на функционирование на протяжении всего периода эксплуатации самолета.

Использование регистратора полетных перегрузок позволяет снизить вероятность аварий, вызванных износом деталей самолетов, и продлить срок эксплуатации самолетов, ресурс которых не исчерпан.

Силовая электроника

НИИВК в течение многих лет разрабатывал и осваивал в производстве источники вторичного электропитания для ЭВМ М4 (с рядом модификаций), М-10, М-10М, М-13.

В системе электропитания для ЦВК ГАК применены источники вторичного электропитания (ВИП), построенные по схемам стабилизированных конверторов с широтно-импульсным регулированием.

■ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПППН-1

Представляет собой устройство, предназначенное для автоматического включения аварийного освещения от двух сетей постоянного тока напряжением 320 В (125-350 В) при исчезновении электропитания в сетях основного освещения ~ 127 В.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Выходная мощность, кВт	5,5
Габаритные размеры, мм	1700x400x350
Масса, кг	не более 110
кпд, %	свыше 90

Для высоконадежных устройств силовой электроники межвидового применения разработаны модули унифицированной компонентной базы, включающие:

- источники вторичного электропитания (ИВЭ);
- преобразователи электроэнергии (ПЭЭ) вида AC/DC и DC/DC в качестве, как промежуточных систем электроснабжения, так и основных устройств системы бесперебойного питания мощностью до 10 кВт.

В их число входят программируемые модули, осуществляющие автоматизированное управление работой устройств силовой электроники в соответствии с установленной в них версией программного обеспечения, включая контроль и регистрацию технического состояния основных компонентов, резервирование отказавших компонентов, а также информационный обмен с внешними устройствами контроля и управления.

■ СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕННОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ (ПЛИС)

Является новой в ряду изделий силовой электроники. На вход ячеек спецвычислителя, построенного на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) типа Virtex-II и Altera Stratix больших степеней интеграции (XC2V8000 и EP1S80), поступают от внешних источников питания со значениями +27 В и +5 В.

Выбранный тип ПЛИС использует три канала электропитания:

- VCCINT - напряжение питания ядра: +1,5 В;
- VCCIO - напряжение питания цепей ввода/вывода: +3,3 В;
- VCCAUX - напряжение питания вспомогательных цепей;

В ячейке спецвычислителя осуществляется преобразование +27 В в +3,3 В и +1,5 В; +5 В в 1,5 В при суммарной потребляемой мощности около 20 Вт.

В систему распределенного электропитания входит набор защитных и контролирующих устройств. Обеспечен высокий уровень помехозащищенности данных устройств.

■ КОМПЛЕКТ МОДУЛЕЙ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПЕРВОГО УРОВНЯ БАЗОВЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ (БНК)

По заданию УР ЭКБ МО РФ разработан и сдан Заказчику комплект модулей электропитания, включающих в себя как силовые, так и модули контроля и управления. Основная цель данной разработки – обеспечение высоких показателей надежности при их использовании в централизованных системах электропитания, формирующих стабильное выходное напряжение 27 В при выходной мощности в единицы киловатт.



■ СЕТЕВЫЕ ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА (СЗУ) ДЛЯ РЭА

За последние 15 лет разработано несколько вариантов СЗУ от импульсных перенапряжений в сетях постоянного и переменного тока с выходной мощностью от десятков ватт до единиц киловатт.

СЗУ выполняются на перспективных элементах – полупроводниковых ограничителях (ПОН), обеспечивающих по сравнению с распространенными на практике варисторами в 1,5-2 раза более низкие уровни перенапряжения на сетевых входах РЭА.

По данным устройствам получено 8 патентов РФ на изобретения. Все изобретения внедрены в конструкторскую документацию, ряд из них вошел в СЗУ, выпускаемые промышленностью.

Для проведения испытаний СЗУ спроектирована и изготовлена специальная стендовая аппаратура, имитирующая перенапряжения различного вида.

Разработки и изделия НИИВК характеризует высокий научно-технический уровень. Большой ряд научных и инженерных решений защищен патентами РФ на изобретения и полезные модели. По результатам проведенных работ опубликованы статьи и монографии. На российских и международных выставках (Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Брюссель, Женева) разработки института многократно отмечались дипломами, медалями и другими престижными наградами.

В институте работают научно-технический совет, аспирантура, при НИИВК функционирует базовая кафедра Московского института радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА). Ежегодно издается один из выпусков журнала «Вопросы радиоэлектроники», серия «Электронная вычислительная техника». В числе сотрудников института - профессора и доктора наук, лауреаты Государственных премий СССР и РФ.