

ГЛАВА 5

СЕМЕЙСТВО ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭВМ «БАГЕТ» ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЛС

5.1. ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ КАК БАЗОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОВРЕМЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Одной из основных современных информационных технологий, определяющих эффективность вычислительных систем всех уровней и назначений, является технология открытых систем, которая обеспечивает взаимодействие компонентов систем друг с другом как на программном, так и аппаратном уровне.

Основой, обеспечивающей реализацию открытых систем, служит совокупность открытых общедоступных стандартов, при помощи которых унифицируется взаимодействие аппаратуры и всех компонентов программной среды: языков программирования, средств ввода-вывода, графических интерфейсов, систем управления базами данных в сетях и т.п. В результате сотрудничества многих национальных и международных организаций был определен набор стандартов, учитывающих различные аспекты применения открытых систем.

Открытость характеризует глобальный процесс стандартизации аппаратных и программных средств, направленный на достижение совместимости и переносимости продуктов большого числа независимых поставщиков. Расширению рынка открытых систем способствуют

отсутствие патентов или авторских прав на спецификации,

отсутствие лицензионной платы за использование стандарта, доступные спецификации, полученные в результате открытого обслуживания пользователей крупнейшими ведущими мировыми фирмами-производителями.

Практика разработки и производства современных военных систем наземного, морского, воздушного и космического базирования позволяет говорить об изменении подхода к формированию технической политики создания компьютерных бортовых или наземных управляющих специализированных систем.

Новый подход заключается в широком использовании готовых аппаратных и программных компьютерных технологий открытого типа, ранее широко апробированных и/или стандартизованных на рынке об-

щепромышленных гражданских приложений. Это так называемые COTS-технологии двойного назначения (Commercial Off-The-Shelf—«Готовые к использованию») [4].

COTS-технологии — это инструмент создания систем, их технологическая основа. Они позволяют использовать огромный парк готовых покупных аппаратных и программных компонентов, при необходимости разрабатывать и производить собственные оригинальные модули и программное обеспечение, концентрируя основные усилия на внедрении и сопровождении собственной целевой системы, разработке прикладного ПО в минимальные сроки.

COTS-технологии — это технологии, нормативная база которых развивается и поддерживается в рамках как международных (IEC/МЭК, ISO) и национальных (ANSI, DIN, IEEE, ГОСТ) организаций по стандартизации, так и крупных профессиональных международных консорциумов (ARINC, PCISIC, VITA, PICMG, GroupIPC и т.д.). Стандартизация осуществляется совместными усилиями большого числа наиболее крупных компаний (Motorola, HP, IBM, SUN и т.д.), производителей совместимой серийной техники.

В качестве примера открытых COTS-технологий системного уровня для приложений повышенной надежности можно указать ряд стандартных магистрально-модульных шинных интерфейсов VMEbus, PCI, CompactPCI, Industry Pack, PMC (PCI MezzanineCard), PC-MIP, PC-104, сетевые и коммуникационные интерфейсы — Ethernet, FDDI, MIL 1553, RS422/485, ARINC 429/629 и т.д.

Открытыми COTS-технологиями (де-факто) можно назвать ряд известных операционных систем общего назначения (UNIX и др.) и реального времени (VxWorks, OS9, pSOS+, VRTX, QNX, OSE, LinuxOS) и, соответственно, широкий класс инструментальных технологий разработки программного обеспечения с использованием языков: C/C++, Ада и т.п.

В COTS-технологии попадают архитектуры процессоров и сетей, инструментальные программные технологии, прикладное и инструментальное ПО для различных ОС, полупроводниковые технологии и т.д., вплоть до идеологии (алгоритмы, методологии) продуктов.

Таким образом, для реализации спецсистем сегодня в подавляющем большинстве случаев ставят вопрос о выборе и адаптации ряда конкретных компьютерных COTS-технологий, а не о разработке новой сквозной технологии.

В условиях быстрого морального старения микросхемных наборов при наличии сменных стандартных модулей и интерфейсов упрощается модернизация системы.

Применение технологии открытых систем предполагает знание международных интерфейсов (стандартов), позволяющих создавать

программно-аппаратные средства, конфигурация которых определяется назначением системы.

Рассматриваемая ниже отечественная аппаратно-программная платформа «Багет» представляет собой открытую систему. Элементную базу платформы образует набор из сверхбольших интегральных схем (СБИС) отечественного производства: микропроцессоры для обработки данных и обработки сигналов, системные контроллеры, контроллеры интерфейсов [2].

Аппаратная и программная составляющие платформы основаны на профиле стандартов «Багет», использующем мировой опыт стандартизации аппаратуры и программного обеспечения. Профиль стандартов «Багет» охватывает механические конструктивы, шины и интерфейсы («Евромеханика» 6U, VME, PCI и др.), а в части программного обеспечения базируется на международных стандартах языка программирования С, мобильного интерфейса операционной системы POSIX, сетевых и графических интерфейсов TCP/IP и Window.

Ниже приводится краткое описание некоторых ЭВМ и модулей, которые могут быть использованы для создания БЦВС МФРЛС.

В эти вычислительные средства входят ЭВМ и модули для обработки данных (вторичная обработка) и обработки сигналов (первичная обработка) [1,3]. Последние применяются для построения специализированных многопроцессорных комплексов, архитектурно оптимизированных для проведения характерных для задач обработки сигналов однородных вычислений над большими массивами данных, поступающих из приемников РЛС, в реальном масштабе времени. Типичным примером такого комплекса является Багет-55-04, который используется в МФРЛС «Жук МЭ» в качестве программируемого процессора сигналов. Управляющая ЭВМ совместно с ППС образуют многомашинный вычислительный комплекс (МВК), который располагает достаточно большими ресурсами и может быть использован в БРЛС различного назначения.

5.2. КОНЦЕПЦИЯ ЭВМ И ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ «БАГЕТ»

ЭВМ семейства «Багет», ориентированные на применение в составе БЦВС, подразделяются на три класса:

одно- и многопроцессорные ЭВМ в конструктиве «Евромеханика» 6U с системообразующей шиной VME (VERSA Module Eurocard (модульные шины VERSA в механическом стандарте Eurocard));

одно- и многопроцессорные ЭВМ в конструктиве «Евромеханика» 6U с системообразующей шиной Compact PCI;

малогабаритные встраиваемые однопроцессорные ЭВМ в конструктиве PC/104-Plus PCI Only с системообразующей шиной PCI.

Любая ЭВМ семейства «Багет» представляет собой набор слабо связанных по шинам PCI и VME модулей. На некоторых из них могут быть установлены мезонинные модули.

Следует подчеркнуть, что для всех трех классов характерным являются:

- стандартизация и унификация, позволяющие сохранять преемственность и совместимость с изделиями предыдущих поколений, гарантировать надежность при неуклонном улучшении технических характеристик;

- модульная конструкция на основе процессорных и интерфейсных модулей стандартных конструктивов;

- применение стандартных системообразующих шин VME и PCI;

- использование набора стандартных коммуникационных и периферийных интерфейсов;

- унификация внутренней архитектуры электронных модулей ЭВМ и основных СБИС — микропроцессоров, системных контроллеров, интерфейсных контроллеров;

- способность функционировать в жестких условиях в подвижных объектах (авиационных, колесных, гусеничных и плавающих) с работой на ходу;

- использование программно-технологических комплексов кросс-разработки и отладки прикладных программ.

Специфической особенностью ЭВМ семейства «Багет» является то, что они реализованы на основе унифицированного набора отечественных СБИС.

Минимальной конструктивной и функциональной единицей любой ЭВМ этого типа является модуль в стандартах VME, CompactPCI или PC/104-Plus Only (для малогабаритных ЭВМ семейства «Багет») или мезонинный модуль в формате PMC. Набор модулей ЭВМ в стандарте VME или CompactPCI в зависимости от их числа размещается в одном из типовых крейтов в конструктиве «Евромеханика» 6U. Для ЭВМ семейства «Багет» в стандарте PC/104-Plus в настоящее время предусмотрено только бескорпусное исполнение. Внутримодульной системной шиной, обеспечивающей связь микропроцессора с функциональными устройствами, установленными на печатной плате, а также выход на внешнюю магистраль VME, является шина PCI. Это обстоятельство обеспечивает, в частности, возможность расширения функций модулей в стандарте VME и CompactPCI путем установки одного или двух мезонинных модулей в конструктиве PMC.

Все модули можно разделить на две основные группы:

- процессорные модули;

- модули дополнительных интерфейсов.

Каждый модуль и мезонинный модуль в зависимости от типа содержат определенный набор стандартных внешних интерфейсов: Ethernet, SCSI, IDE, IEEE-1284, RS-232, ГОСТ 26765.52-87, разовые команды и др.

Любая ЭВМ семейства «Багет» в конструктиве «Евромеханика» 6U с шинами VME или CompactPCI содержит по крайней мере один процессорный модуль на основе микропроцессоров RISC-архитектуры. Эти модули различаются назначением и техническими показателями. Процессорные модули имеют 1-2 посадочных места для модулей расширения — мезонинов в конструктиве PMC IEEE P1386.1 (PMC - PCI mezzanine card), использующих интерфейс PCI. Мезонины могут быть также установлены на интерфейсные модули CompactPCI.

Применение в ЭВМ семейства «Багет» шин VME и PCI (CompactPCI) и внешних интерфейсов (Ethernet, SCSI и др.) практически полностью определило функции и номенклатуру необходимой для их реализации элементной базы. Можно выделить следующие основные группы используемых СБИС:

микропроцессоры, определяющие базовые платформы создаваемых вычислительных средств: для перспективных высокопроизводительных ЭВМ, для управляющих ЭВМ и вычислительных комплексов, для программируемых процессоров обработки сигналов;

системные контроллеры (СК), обеспечивающие интерфейс микропроцессора (микропроцессоров) с ОЗУ различных типов, Flash-памятью, ПЗУ и внутримодульной шиной PCI;

контроллеры шин, обеспечивающие интерфейсы PCI-PCI, PCI-VME и PCI-slave;

контроллеры внешних интерфейсов с выходом на шину PCI: Ethernet, SCSI, IEEE-1284, RS-232 и др.;

графические контроллеры с интерфейсом PCI.

Электронные модули сшиной VME, как правило, имеют два исполнения.

Модули обычного исполнения предназначены для работы в корпусах ЭВМ с принудительным воздушным охлаждением. Печатная плата модуля обычная многослойная. На системные разъемы модулей выводится только шина VME. Все внешние интерфейсы выводятся на разъемы, установленные на передних планках модулей. Передние планки снабжены экстракторами, позволяющими извлекать модули из корпусов.

Модули «тяжелого» исполнения предназначены для работы в герметичных корпусах без внутренних вентиляторов. В модуле «тяжелого» исполнения организован кондуктивный съем тепла с электронных компонентов. Печатная плата модуля многослойная специальная, с дополнительными металлическими теплопроводящими слоями и краевой металлизацией («краевыми теплостоками»). Теплопроводящие слои

имеют тепловой контакт с корпусами компонентов и отводят от них тепло на металлизированные края платы и далее через теплопроводящие крепежные клинья на массивный корпус, охлаждаемый снаружи принудительно или путем естественного теплообмена со средой (или кондуктивного — с конструкцией объекта). При проектировании платы размещение компонентов и трассировка выполнены с учетом направлений и интенсивности теплопотоков от корпусов компонентов для обеспечения теплоотвода без «узких мест» и местных перегревов. На системные разъемы модулей выводятся как шина VME, так и все внешние интерфейсы. Необходимая жесткость конструкции обеспечивается металлической планкой, установленной в средней части модуля вдоль длинной стороны печатной платы.

В последних разработках в модулях обоих типов применяются унифицированные печатные платы «тяжелого» исполнения, при этом надежность обычных модулей повышается за счет выравнивания температуры компонентов теплопроводящими слоями.

5.3. ОБЩАЯ СТРУКТУРА МОДУЛЕЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ В СТАНДАРТАХ VME И COMPACT PCI

Модуль в ЭВМ семейства «Багет» является минимальной конструктивной единицей. Условно модули семейства разделены на две группы: процессорные модули и модули дополнительных интерфейсов.

Каждый процессорный модуль фактически представляет собой одноплатную ЭВМ, поскольку содержит от одного до четырех микропроцессоров, системный контроллер, ОЗУ, Flash-память, а также основные интерфейсы: IDE, SCSI, Ethernet, графический, IEEE-1284, RS-232 и др. На процессорный модуль могут быть установлены два PMC-мезонина с дополнительными интерфейсами. Внутримодульной шиной, обеспечивающей доступ микропроцессора к контроллерам внешних интерфейсов и шине VME, является шина PCI, а системообразующими СБИС всех модулей являются мост PCI-PCI и мост PCI-VME.

Процессорный модуль в стандарте CompactPCI для серверных применений является симметричным мультипроцессором. Системный контроллер этого модуля — контроллер MBUS-PCI — обеспечивает возможность параллельной работы от одного до четырех микропроцессоров с ОЗУ, Flash-памятью, а также выход на две независимые внутримодульные шины PCI 1 и PCI 2. На эти шины PCI могут быть подключены интерфейсы Ethernet, IDE, IEEE-1284 и др., а также специально для серверных приложений два интерфейса SCSI-2. Кроме того, имеются два разъема: PMC 1 и PMC 2 для установки мезонинов с дополнительными интерфейсами.

Краткие сведения по процессорным модулям БТ33-205, БТ01-212 и БТ83-201, которые могут быть использованы в качестве центральных процессоров в ЭВМ серии «Багет» для жестких условий эксплуатации, приводятся ниже.

Модули дополнительных интерфейсов предназначены для расширения функциональных возможностей ЭВМ и построения систем с большим количеством периферийных устройств и подключаемых каналов связи.

В ЭВМ с общей системной шиной целесообразно применение интеллектуальных модулей дополнительных интерфейсов, имеющих в своем составе микропроцессор. Программное обеспечение такого интеллектуального модуля позволяет обслуживать все имеющиеся на нем внешние связи, выполнять локально первичную обработку поступающих данных, а также управлять передачей информации. Этот подход позволяет радикально сократить загрузку общей шины и поднять общую производительность ЭВМ.

Перечень модулей дополнительных известных интерфейсов, входящих в семейство ЭВМ «Багет», которые могут применяться в составе ЭВМ для жестких условий эксплуатации, приведен в табл. 5.1. В таблице представлены состав модулей и их параметры, наименование модулей даны по классификации, принятой для семейства ЭВМ «Багет» [1].

Таблица 5.1

Функциональное назначение модуля	Наименование модуля VME или мезонинного модуля PCI	Состав и параметры модулей
8-канальный контроллер последовательных интерфейсов RS-232/RS-422/ИРПС	БТ23-410(419)* БТ33-410(419)	Контроллер поддерживает обмен по интерфейсам RS-232/RS422/ИРПС. В состав контроллера входят RISC-микропроцессор; статическое ОЗУ объемом 4-8 Мбайт; загружочное ПЗУ объемом 512 Кбайт; пользовательское РПЗУ (флеш-память) объемом 16 Мбайт; системный контроллер, содержащий контроллер прерываний, три 32-разрядных таймера, два технологических последовательных интерфейса RS-232; контроллер шины PCI-ведущий и ведомый, два контроллера каналов RS-232, обеспечивающие восемь независимых каналов RS232/RS422/ИРПС; дискретные сигналы (две входных и две выходных линии) с уровнями TTL, контроллер шины VME
Модуль интерфейса SCSI-2	БТМ23-406(407) БТМ33-406(407)	Контроллер поддерживает режим ведущего и ведомого нашине SCSI; скорость передачи пошине SCSI: асинхронный режим 8/16 бит – 5/10 Мбайт/с; синхронный режим 8/16 бит – 10/12 Мбайт/с; буфер FIFO глубиной 16 слов; интерфейс DMA; интерфейс шины PCI
Модуль интерфейса IEEE-802.3 Ethernet (оптический канал)	БТМ23-403(408) БТМ33-403(408)	Используется в качестве контроллера локальной вычислительной сети со скоростью передачи 10/100 Мбит/с; обеспечивает полу- и полнодуплексный режим; резервирование канала Ethernet; содержит ПЗУ с последовательным доступом (SROM)

Продолжение табл. 5.1

Модуль интерфейса IDE, параллельный IEEE-1284 и RS 232	БТМ23-425(420)	Используется в качестве мультиконтроллера интерфейсов. Основные показатели: четыре независимых канала обмена по последовательному интерфейсу RS-232 со скоростью обмена до 115200 бит/с; двунаправленный параллельный байтовый интерфейс IEEE-1284 с поддержкой режимов SPP, EPP, ECP; интерфейс IDE с возможностью подключения до двух устройств, удовлетворяющих ANSI ATA-2; интерфейс шины PCI
Модуль интерфейса ГОСТ-26765.52-87 (MIL-STD-1553В «Манчестер-2»)	БТМ23-401(421) БТМ33-401(421)	Используется в качестве контроллера интерфейса по ГОСТ 26765.52-87 мультиплексного канала информационного обмена (МКИО). Обеспечивает обмен по одному каналу с резервированием или двум каналам без резервирования. Поддерживает режимы контроллера канала, окончного устройства, монитора; содержит буферное ОЗУ емкостью 8 Кбайт на канал; пропускная способность канала 1 Мбит/с
Модуль последовательных интерфейсов для ЭВМ Багет-83	БТ83-402(405)	Модуль в стандарте PC/104 Plus Only. Имеет четыре порта интерфейса RS-232C; два порта интерфейса RS-232C или RS-422; мост PCI-ISA, обеспечивающий подключение к ЭВМ модулей с шиной ISA
Модуль интерфейса ГОСТ-26765.52-87 (MIL STD-1553В, «Манчестер-2») и интерфейса ГОСТ 26765.51-86 (Q-bus) для ЭВМ Багет-83	БТ83-401(404)	Модуль в стандарте PC/104 Plus Only. Содержит два независимых канала интерфейса ГОСТ 26765.52-87, один из каналов с резервированием; пропускная способность 1 Мбит/с. Режимы работы: контроллер, окончное устройство; один канал интерфейса ГОСТ 26765.51-86 (Q-bus) – 16 разрядов, один уровень прерываний
Модуль графического контроллера	БТМ23-501(502) БТМ33-501(502)	Является графическим контроллером SVGA-монитора (интерфейс RS-373A); видео ОЗУ емкостью 4 Мбайт; поддерживаются режимы с разрешением до 1600x1280 точек (256 цветов).

* В скобках указаны номера перспективных модулей (аналогов).

5.4. ПРОЦЕССОРНЫЕ МОДУЛИ ЭВМ СЕМЕЙСТВА «БАГЕТ» ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ниже приведена краткая характеристика процессорных модулей БТ33-205, БТ01-212 и БТ83-201, наиболее широко используемых в бортовых приложениях .

5.4.1. ПРОЦЕССОРНЫЙ МОДУЛЬ БТ33-205

Процессорный модуль БТ33-205 предназначен для создания одно- и многопроцессорных систем на базе системной шины VME64, в том числе для построения сложных интеллектуальных VME-контроллеров с использованием двух слотов для мезонинных модулей расширения в конструктиве PMC. Структура модуля представлена на рис. 5.1.

Модуль центрального процессора БТ33-205, разработанный на основе микропроцессора «Комдив», имеет в своем составе микропроцессор с внутренней тактовой частотой 82,5 МГц; статическое ОЗУ объемом 16 Мбайт;

загрузочное (системное) ПЗУ объемом 512 Кбайт;
 пользовательское РПЗУ (флеш-память) объемом 64 Мбайт;
 системный контроллер, включающий
 контроллер прерываний;
 три 32-разрядных программируемых таймера;
 два технологических последовательных интерфейса RS-232C, со-
 вместимых с NS16450 (скорость передачи до 115200 бод);
 контроллер шины PCI-ведущий и ведомый;
 контроллеры дискретных сигналов (16 входных, включая две
 служебные линии для управления режимом работы процессора, 6 вы-
 ходных) с уровнями ТТЛ;
 контроллер (на базе СБИС мультиконтроллера), обеспечивающий
 работу четырех последовательных каналов RS-232C, совместимых с
 NS16650 (скорость передачи до 115200 бод);
 мост PCI-VME, содержащий контроллер VME;
 два слота PCI в стандарте PMC для подключения двух мезонин-
 ных модулей расширения.

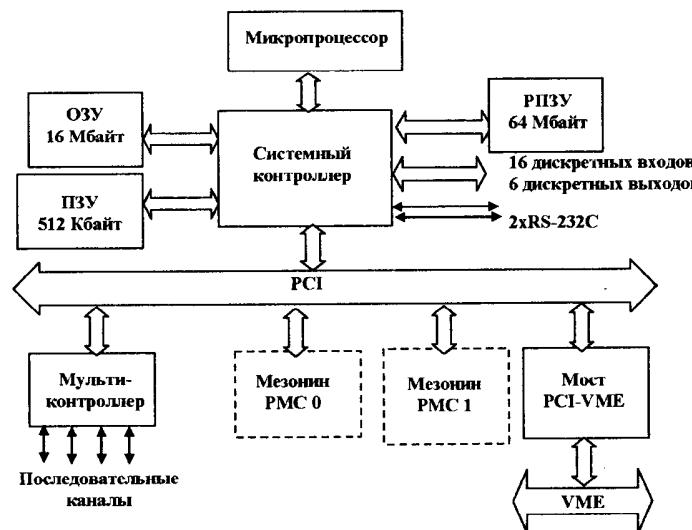


Рис. 5.1

Модуль имеет многошинную структуру, подобную структурной схеме ПЭВМ, приведенной на рис. 3.4.

Шина микропроцессора является основной магистралью модуля и связывает между собой процессор, память и контроллеры. При арбит-

раже шины наивысший приоритет имеет микропроцессор, а самый низкий – PCI-контроллер.

Доступ к медленным устройствам осуществляется только со стороны микропроцессора, и логически они должны быть подключены к его шине. Однако из-за необходимости уменьшения числа нагрузок на шину процессора прямое подключение нежелательно. Кроме того, шина микропроцессора является мультиплексированной, что отличает ее от шин перечисленных выше устройств (за исключением последовательного ПЗУ), линии адреса и данных которых раздельные, поэтому медленные устройства взаимодействуют с микропроцессором через системный контроллер, обслуживающий несколько шин (рис. 5.1).

Обращение к медленным устройствам со стороны микропроцессора происходит так, как если бы они располагались на одной с ним шине. Отличие состоит только во времени доступа. Системный контроллер выступает в роли ретранслятора шины данных и дешифратора адреса.

Модуль BT33-205 может работать на шине VME в качестве ведущего, ведомого, а также выступать арбитром на шине. При этом поддерживается работа в адресных пространствах адресных линий A32, A24 и A16 с форматами линий данных D32, D16 и D8. Интерфейс шины VME поддерживает географическую адресацию (расположение в крейте).

Модуль занимает одну позицию крейта.

5.4.2. ПРОЦЕССОРНЫЙ МОДУЛЬ БТ01-212

Процессорный модуль БТ01-212 применяется для построения универсальных ЭВМ различной конфигурации и производительности, одно- и многопроцессорных вычислителей автоматизированных систем управления и серверов. Структура модуля представлена на рис. 5.2.

Модуль центрального процессора на базе микропроцессора «Комдив» имеет в составе

микропроцессор с внутренней тактовой частотой 100 МГц;
динамическое ОЗУ объемом 256 Мбайт с контролем по коду Хемминга;

системное ПЗУ емкостью 512 Кбайт;
пользовательское РПЗУ (флеш-память) объемом 16-32 Мбайт;
системный контроллер (СК), реализованный в виде СБИС и содержащий контроллер прерываний, три 32-разрядных таймера, два технологических последовательных интерфейса RS-232C, контроллер шины PCI-ведущий и ведомый, контроллер программируемых дискретных сигналов (16 входных, 6 выходных);

мультиконтроллер, обеспечивающий работу интерфейсов: четырех интерфейсов последовательного обмена RS-232C и одного RS-485, одного интерфейса параллельного порта (стандарт IEEE 1284), включая режимы SPP, ECP, EPP, интерфейса IDE (стандарт ANSI ATA-2);

контроллер Ethernet 10/100 Мбит/с;
один слот PCI, специализированный в стандарте PMC (PMC0), для включения одной мезонинной платы с контроллером графики SVGA (1600x1280, 256 цветов, 85 Гц, видеопамять 16 Мбайт);
один слот универсальный (PMC1) с контроллером входных и выходных дискретных сигналов;
часы реального времени;
мост PCI-PCI.

Системный контроллер модуля BT01-212 поддерживает семейство микроконтроллеров на базе однокристального микропроцессора MIPS-архитектуры.

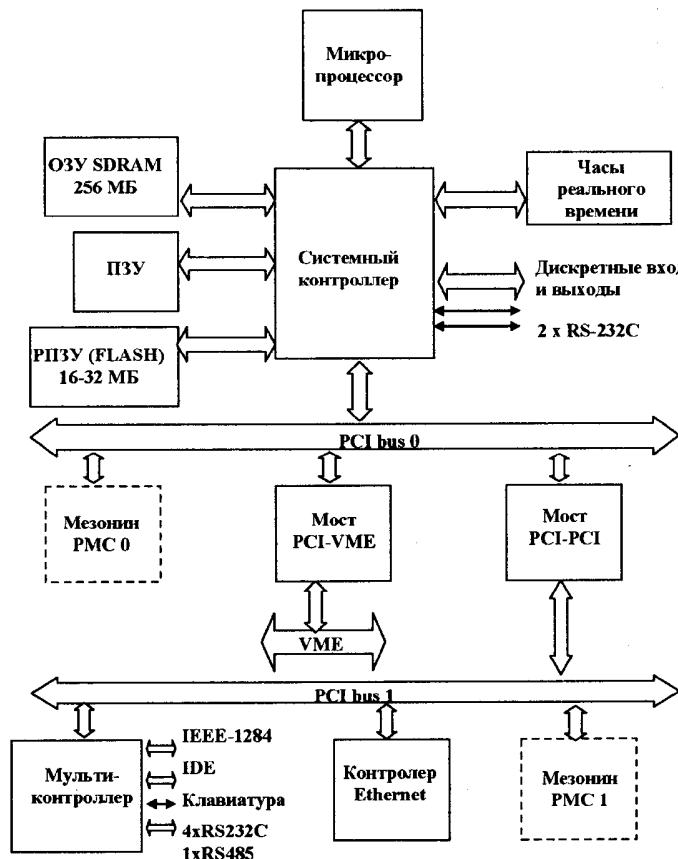


Рис. 5.2

СБИС СК обеспечивает работу с загрузочной памятью (ПЗУ), динамической или статистической памятью (ОЗУ), программируемыми линиями ввода-вывода и шиной PCI. СК также включает векторный контроллер прерываний, таймеры, порты RS-232C.

В состав СБИС входят

регистровый файл, содержащий программно доступные регистры, состояние которых определяет режимы работы СК с памятью и периферийными устройствами;

схема управления интерфейсом с микропроцессором, отвечающая за выработку сигналов для микропроцессора, содержит схему таймаута для прекращения ошибочных циклов и схему обработки ошибочных ситуаций. Нашине микропроцессора СК является ведомым устройством, за исключением случаев обращений со стороны PCI Slave, когда СК запрашивает управление системной шиной PCI и инициирует циклы ПДП (прямой доступ к памяти);

контроллер ОЗУ, состоящий из двух автономных устройств: контроллера статического ОЗУ и контроллера динамического ОЗУ. Внешняя перемычка задает, какое из устройств активно;

контроллер ПЗУ, рассчитанный на работу как с 32-разрядным ПЗУ, так и с 8-разрядным ПЗУ. Тип ПЗУ задается перемычкой и не может меняться во время работы;

контроллер прерываний, позволяющий выводить запросы от внутренних источников прерывания на одну из четырех линий прерываний, что позволяет программировать линию прерываний и приоритет запроса;

три 32-разрядных таймера, управление которыми доступно программно;

контроллер PCI, содержащий контроллер ведущего устройства шины PCI, контроллер ведомого устройства шины PCI, PCI Арбитр, позволяющий осуществлять арбитраж до трех PCI устройств в режиме приоритетного арбитража;

два контроллера порта RS-232, программно совместимые с NS16450;

линии дискретного ввода-вывода (16 входных, 6 выходных), которые могут программироваться пользователями для ввода-вывода данных, а также использоваться для специальных функций: задания частоты таймера и определения входов внешних прерываний.

СБИС СК работает с частотой внешней шины микропроцессора. Часть внутренних устройств работает от фиксированной частоты 24 МГц. Это относится к устройствам, которые должны обеспечить фиксированные временные параметры: таймерам и последовательным portам RS232.

СБИС мультиконтроллера с управлением по PCI шине (рис. 5.2) предназначена для ввода и вывода информации по параллельному и последовательным портам. Максимальная тактовая частота шины PCI 33 МГц.

В состав мультиконтроллера входят

- один контроллер параллельного порта – LPT (IEEE 1284);
- один контроллер IDE (два канала), четыре контроллера последовательных портов 16560 (COM1, COM2, COM3, COM4);
- контроллер клавиатуры, контроллер PS2 – «мыши»;
- контроллер последовательной «мыши», который представляет собой последовательный порт NS16450 (COM5).

Мост PCI-VME представляет собой контроллер сопряжения шин PCI и VME. Он обеспечивает обмен данными между периферийными PCI-устройствами и ведущими устройствами на шине VME, а также обмен между подчиненными VME-устройствами и процессорными кристаллами на шине PCI. Контроллер выполняет функции интерфейса 32-разрядной PCI и интерфейса 64-разрядной шины VME.

Шина PCI используется для подключения дополнительного оборудования, выполненного в виде двух мезонинных плат в соответствии со стандартом Р1396 (мезонины PMC0 и PMC1).

Шина VME обеспечивает обмен данными с другими VME-модулями ЭВМ.

Мост PCI-PCI реализует контроллер расширения шины PCI. Контроллер удовлетворяет требованиям и спецификации PCI 2.1. Контроллер поддерживает две 32-разрядные шины PCI. Максимальная тактовая частота первичной и вторичной шин PCI составляет 33 МГц.

Первичный PCI-интерфейс соединяется с шиной PCI системного контроллера. Вторичный PCI интерфейс моста создает новую и независимую шину PCI. Основное назначение моста – проводить передачи между инициатором, находящимся на однойшине PCI, и исполнителем на другой.

Мост позволяет двум шинам PCI работать независимо. Инициатор и исполнитель, находящиеся на однойшине PCI, связываются между собой независимо от того занята ли другая шина или нет. Как результат, мост изолирует два трафика между устройствами, находящимися на однойшине PCI. Эта особенность позволяет повысить производительность системы в ряде применений.

Так как шина PCI работает на ограниченное число нагрузок, использование моста позволяет наращивать количество PCI-устройств в системе.

5.4.3. ПРОЦЕССОРНЫЙ МОДУЛЬ БТ83-201

Процессорный модуль БТ83-201 для встраиваемых малогабаритных ЭВМ представляет собой фактически одноплатную бескорпусную ЭВМ, которую можно использовать как самостоятельную, так и вместе с дополнительными интерфейсными модулями. Процессорный модуль состоит

из печатной платы размером 90x96 мм с кондуктивным теплосъемом с краевой металлизацией. Структура модуля приведена на рис. 5.3, внешний вид — на рис. 5.4.

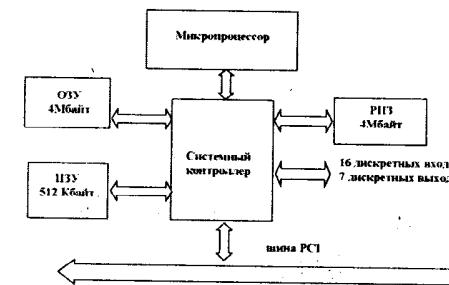


Рис. 5.3

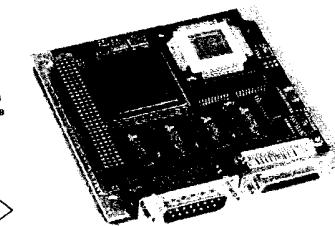


Рис. 5.4

В состав модуля входят RISC-микропроцессор с внутренней тактовой частотой 33-82,5 МГц и частотой системной шины PCI 33 МГц;

стatische ОЗУ объемом 4 Мбайт;
системное ПЗУ емкостью 512 Кбайт;

пользовательское РПЗУ (флэш-память) объемом 4 Мбайт;
системный контроллер (аналогичный применяемому в БТ33-212),
содержащий контроллер прерываний, три 32-разрядных таймера, два
контроллера последовательных интерфейсов RS-232C, контроллер шин
PCI — ведущий и ведомый, сторожевой таймер, дискретный ввод-
вывод (16 входных и 6 выходных линий) с уровнями ТТЛ.

Габариты процессорного модуля БТ83-201 — 103x96x16,5 мм, а
масса модуля — 0,15 кг.

Функционирование модуля аналогично модулям БТ33-205 и
БТ33-212.

5.5. УПРАВЛЯЮЩИЕ ЭВМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТАХ

Ниже дается краткая характеристика ЭВМ, реализованных на аппаратно-программной вычислительной платформе «Багет», которые предназначены для работы в особо жестких условиях на любых типах сухопутных, плавающих и воздушных объектов, в условиях высоких и низких температур, вибрации, ударов и перегрузок. К ним относятся ЭВМ Багет-33 и Багет-83. Эти ЭВМ построены на модулях с кондуктивным съемом тепла с компонентов, выпускаются в герметичных корпусах с естественным или принудительным воздушным охлаждением корпуса, с

блоками питания от бортовой сети. ЭВМ Багет-83 бескорпусная, устанавливается в общий с другим оборудованием корпус.

5.5.1. СОСТАВ И СТРУКТУРА ЭВМ БАГЕТ-83

Встраиваемая ЭВМ Багет-83 обеспечивает построение вычислительных систем различной конфигурации на основе унифицированной магистрали межмодульного обмена — шины PCI, унифицированных программных средств и единых типоразмеров электронных модулей (103x96x16,5). Они отличаются малыми габаритами и энергопотреблением при достаточно высокой производительности и универсальности. ЭВМ имеют открытую архитектуру и адаптируются к конкретным задачам за счет использования набора дополнительных электронных модулей.

Конструктив PC/104-Plus PCI Only, который используется в ЭВМ типа Багет-83, допускает подключение до четырех дополнительных интерфейсных модулей (устройств) на шине PCI (ограничено спецификацией шины PCI).

Встраиваемая малогабаритная ЭВМ представляет собой аппаратно-программный комплекс, состоящий из одного процессорного модуля БТ83-201 и дополнительных электронных модулей (до четырех) в конструктиве PC/104-Plus, оснащенный базовым программным обеспечением. Конструктивно ЭВМ выполняется без корпуса и рассчитана на крепление в корпусе конечного изделия либо непосредственно, либо в специализированном корпусе (кожухе), спроектированном для конкретного применения. Для соединения модулей имеется монтажный комплект. Типичная структура малогабаритной встраиваемой ЭВМ Багет-83 приведена на рис. 5.5, внешний вид — на рис. 5.6.

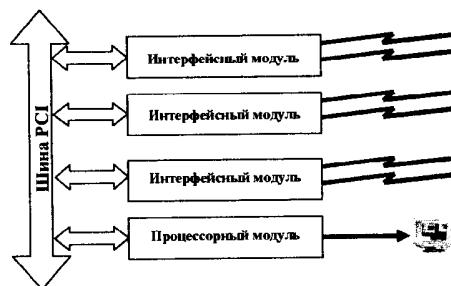


Рис. 5.6

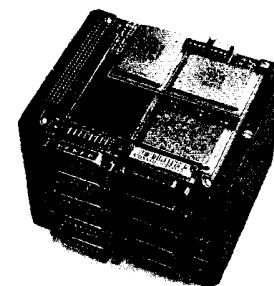


Рис. 5.7

ЭВМ Багет-83 может быть использована при следующих условиях эксплуатации:

- вибрация 6g (20-2000 Гц);
- одиночный удар 500g;
- многократные удары 20g;

линейное ускорение 20g;
рабочие температуры от -55 до +80°C;
влажность до 100% при +35°C;
давление пониженное рабочее до 5 мм рт.ст.

5.5.2. УПРАВЛЯЮЩАЯ ЭВМ БАГЕТ-33

ЭВМ Багет-33 предназначена для работы на вездеходных колесных и гусеничных шасси, железнодорожных платформах, морских и речных судах, летательных аппаратах.

Общий вид ЭВМ показан на рис. 5.7.

ЭВМ Багет-33 выполнена в герметичном корпусе без внутренних вентиляторов на модулях с кондуктивным теплоотводом с принудительным охлаждением корпуса путем продувки воздуха внутри полых боковых стенок.

В состав Багет-33 входят микропроцессор типа IB812 с тактовой частотой 50 МГц; шина VME; ОЗУ 16 Мбайт, РПЗУ 32 Мбайт; два канала RS-232C; три программируемых таймера;

блок питания, обеспечивающий мощность потребления 120 Вт, первичная сеть 220 В 50-400 Гц или постоянное напряжение 27 В ±10%/-18%.

ЭВМ нормально функционирует при следующих условиях:
вибрация не превышает 6 g в диапазоне 1-500 Гц;
одиночные удары 500 g;
многократные удары 20 g;

рабочие температуры в диапазоне от -50 до +55°C;
влажность до 100% при 35°C;
давление не ниже 5 мм рт.ст.

Программное обеспечение включает ОС реального времени и загрузчик РПЗУ; программно-технологический комплекс кроссразработки и отладки прикладных программ в среде ОС типа Unix.

Конструкция ЭВМ представляет собой корпус из легкого сплава с герметичными разъемами, кроссплату с шиной VME, для установки пяти модулей в конструктиве «Евромеханика-6U», модулей с кондуктивным теплосъемом и теплопередающими крепежными клиньями.

ЭВМ оборудована системой автономного принудительного воздушного охлаждения корпуса путем продува воздуха внутри полых боковых стенок корпуса вентиляторами, установленными в кожухе на корпусе вне его внутреннего объема.

ЭВМ имеет габариты 400x203x124мм, массу 8 кг.

В базовый комплект входит корпус с кроссплатой, системами охлаждения и электропитания и модуль ЦП БТ33-202 (205). В корпус ЭВМ может устанавливаться до четырёх дополнительных модулей с шиной VME, и до двух мезонинных плат можно установить на модуль центрального процессора БТ33-202(205). Возможны многопроцессорные конфигурации ЭВМ.

5.6. МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Семейство многопроцессорных вычислительных комплексов (МВК) «Багет» включает модификации Багет-25 и Багет-55, в которых программируемый процессор обработки сигналов может быть дополнен модульными управляющими ЭВМ, размещенными вместе с ППС в едином корпусе или шасси [1].

ЭВМ типа Багет-55 представляют собой специализированные комбинированные многопроцессорные ЭВМ (многомашинные комплексы) для цифровой обработки радиолокационных, оптических и акустических сигналов, а также решения задач управления в реальном масштабе времени. В состав ЭВМ входят программируемый процессор сигналов и управляющая СЦВМ, объединенные общей магистралью обмена (VME).

В соответствии с техническими требованиями потребителя МВК поставляются в виде скомплексированной и отлаженной специализированной ЭВМ с соответствующим базовым ПО. МВК предназначены для работы в жестких условиях эксплуатации:

- вибрация ≤ 6 g в диапазоне 20-2000 Гц;
- одиночные удары до 100 g;
- многократные удары ≤ 20 g;
- линейное ускорение до 34 g.
- рабочие температуры от -50 до +60°C;
- влажность до 100% при 35°C;
- рабочее давление более 5 мм рт.ст.

Масштабируемый программируемый процессор сигналов семейства «Багет» строится на основе трех типов модулей:
 модуля процессора данных (МПД);
 модуля обработки сигналов (МОС);
 модуля приема и буферизации данных (МБД).
 Структурная схема ППС показана на рис. 5.8.

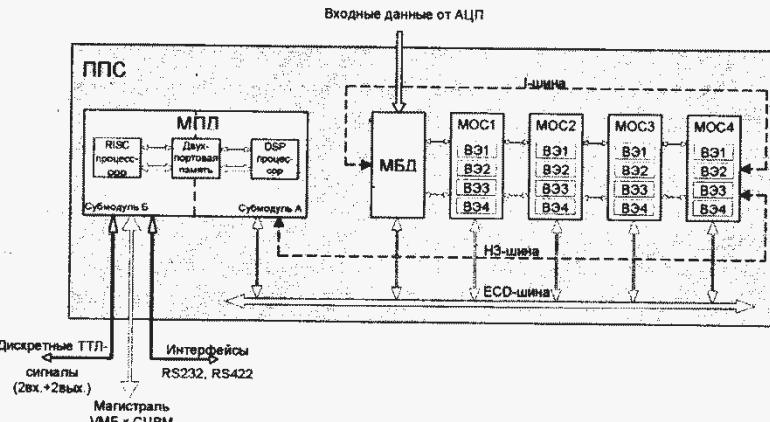


Рис. 5.8

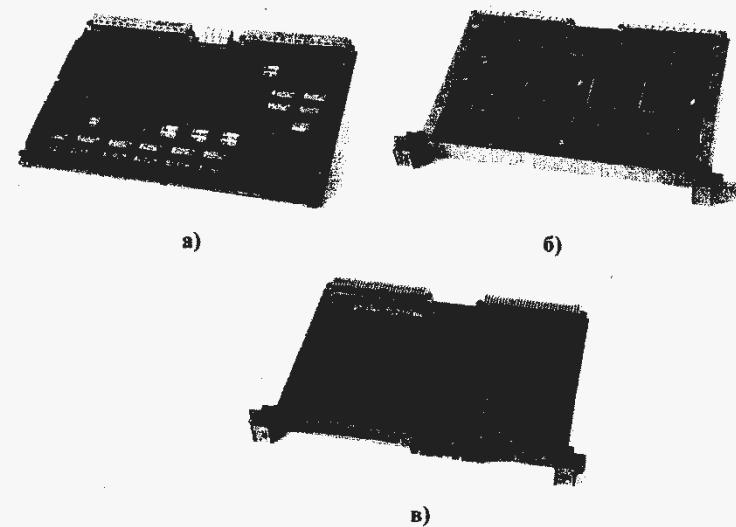


Рис. 5.9

МПД (рис. 5.8, 5.9, а) построен на основе микропроцессора 1В812 и сигнального микропроцессора 1В577, взаимодействующих через двухпортовое ОЗУ, и обеспечивает хранение и загрузку специального ПО и управление ходом вычислений в ППС. МПД может нести до двух мезонинных плат контроллеров дополнительных интерфейсов и графики.

МОС (рис. 5.8, 5.9, б) построен с использованием четырех вычислительных элементов (ВЭ) на сигнальных микропроцессорах 1В577. Производительность ППС растет практически линейно с увеличением числа МОС и ВЭ. МОС с микропроцессорами 1В577 с рабочей частотой 50 МГц имеет пиковую производительность 25 млн. «бабочек» в секунду (базовых операций БПФ) или до 300 MFLOPS.

МБД (рис. 5.8, 5.9, в) обеспечивает высокоскоростной прием и выдачу на обработку информации, поступающей из внешних источников со скоростью до 120 Мбайт/с. МБД обеспечивает также каскадирование нескольких МВК.

Внутренняя специализированная шина (интерфейс) ППС, обеспечивает функционирование модулей обработки сигналов. Она конструктивно выполнена на кроссплате с разъемами для модулей. На кроссплате размещена также системная шина VME, к которой могут подключаться модули центральных процессоров, а также другие модули.

МВК выпускают в двух исполнениях: с воздушным и кондуктивным охлаждением. ППС конфигурируется из одного МПД, нескольких МОС и нескольких МБД с учетом нужных скоростей обработки и ввода данных, необходимости размещения модулей интерфейсов, графиков контроллеров и т.п., требующихся для конкретного применения конфигурируемой МВК. В состав МВК кроме ППС могут включаться VME-модули центральных процессоров и другие VME-модули.

Ниже перечислены максимальные конфигурации МВК:

Багет-25 (19 разъемов спецификации ППС и два разъема шины VME) может содержать один МПД, один-четыре МБД и до 14-17 МОС и иметь пиковую производительность до 450 млн. «бабочек» или до 5400 MFLOPS;

Багет-55-04 (девять разъемов спецификации ППС и один разъем шины VME) может содержать один МПД, шесть-семь МОС, один-два МБД, а также до двух мезонинов на МПД. Кроме того, в этот МВК может быть установлен один ЦП и до двух мезонинов на ЦП. Пиковая производительность МВК - до 100-160 млн. «бабочек» или до 1800 MFLOPS, при вводе до 60 млн. 32-разрядных слов данных в секунду;

Багет-55-06,-07 (шесть разъемов спецификации ППС и три разъема шины VME) может содержать ППС с одним МПД (до двух мезонинов на МПД), до четырех МОС, один МБД, а также до трёх ЦП и до двух мезонинов на каждом ЦП. Пиковая производительность МВК - до 100

млн. «бабочек» в секунду или до 1200 MFLOPS, при вводе до 30 млн. 32-разрядных слов данных в секунду.

ППС работают под управлением специализированного ПО реального времени, хранящегося в РПЗУ МПД. Системное ПЗУ содержит загрузчик программ и служебные программы.

Имеется программно-технологический комплекс кросс-разработки и отладки прикладных программ.

В качестве примера реализации МВК в МФРЛС для цифровой обработки сигналов и данных на рис. 5.10 приведена структурная схема МВК Багет-55-06, а на рис. 5.11 - общий вид базовой конфигурации МВК, содержащей один модуль МПД, один модуль МОС и один модуль МБД. Источник питания установлен на задней стенке корпуса.

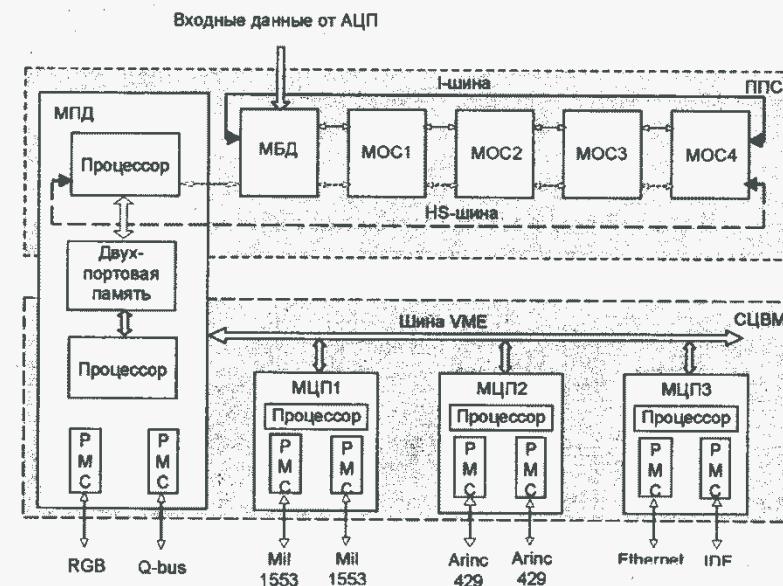


Рис. 5.10

В состав МВК входят ППС, состоящий из одного МПД, четырех МОС, одного МБД, до двух мезонинных плат PMC (PCI Mezzanine Card – мезонинная плата с интерфейсом PCI) на МПД и до трех модулей ЦП с двумя мезонинами PMC на каждом.

В качестве ЦП используются процессорные модули БТЗ3-202(205) и мезонинные модули дополнительных интерфейсов (табл.5.1.), рассмотренные выше.

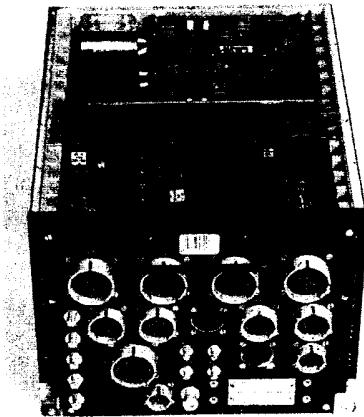


Рис. 5.11

плоскемом, с теплопередающими крепежными клиньями.

Габариты ЭВМ составляют 385Х260Х200 мм, масса 16 кг.

5.7. КОНЦЕПЦИЯ МОБИЛЬНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Концепция мобильности прикладного ПО ЭВМ семейства «Багет», суть которой состоит в возможности переноса базового и прикладного ПО на различные аппаратные платформы, основывается на мировых стандартах в области технологии создания базового и прикладного ПО. Основы этого направления были заложены в начале 70-х гг. и связаны с появлением первой версии ОС UNIX как прототипа единых, унифицированных ОС и унифицированной технологии разработки прикладного ПО для ЭВМ различной архитектуры. Существенно, что ОС UNIX была задумана и реализована сообществом пользователей ЭВМ прежде всего как альтернатива "фирменным" ОС, жестко привязывавшим потребителя к конкретным фирмам-изготовителям ЭВМ и ПО. В течение весьма небольшого времени ОС UNIX была портирована на все наиболее известные в то время архитектуры ЭВМ. Постепенно практически все ведущие фирмы-изготовители разработали собственные варианты UNIX, присвоив им уникальные названия; компания IBM — AIX, компания Sun — Solaris, компания Hewlett-Packard — HP-UX, компания Silicon Graphics — IRIX и т.д., что послужило причиной немобильности прикладного ПО, разрабатываемого для разных вариантов UNIX.

Дальнейшее развитие основной концепции ОС UNIX привело к созданию международного стандарта (ISO/IEC 9945— мобильный ин-

Программное обеспечение содержит специализированное ПО реального времени, загрузчик в РПЗУ; программно-технологический комплекс кроссразработки и отладки прикладных программ .

В конструкцию ЭВМ входят корпус из легкого сплава, без внутренних вентиляторов, с принудительным воздушным охлаждением корпуса путем продувки наружного воздуха внутри полых боковых стенок; кроссплата со специальной ППС; модули с кондуктивным теплоотводом;

плоскемом, с теплопередающими крепежными клиньями.

Габариты ЭВМ составляют 385Х260Х200 мм, масса 16 кг.

терфейс операционной системы) POSIX (Portable Operating System Interface), специфицирующего интерфейс (сопряжение) между операционной системой и прикладной программой.

Основной механизм POSIX — интерфейсная функция, которая вызывается из прикладной программы, а отрабатывается операционной системой. Стандартом специфицирован ассортимент, имена, синтаксис и семантика интерфейсных функций. Как и любой стандарт на интерфейс, POSIX содержит два вида требований: требования к операционной системе и требования к прикладной программе. Требования POSIX к операционной системе были реализованы при разработке ОС2000, выполнение требований POSIX к прикладной программе — обязанность прикладного программиста.

Мобильность прикладных программ обеспечивается, согласно идеологии POSIX, механизмом конфигурационных констант. Требования POSIX заключаются в том, что мобильная прикладная программа обязана опрашивать характеристики ОС, в которой исполняется (задаваемые, в частности, конфигурационными константами), а операционная система обязана предоставлять соответствующие средства опроса.

В основу концепции развития базового программного обеспечения положено понятие открытой системы в соответствии с определением комитета IEEE POSIX 1003.0, что в перспективе обеспечит совместную работу прикладных программ на локальных и удаленных платформах, а также минимально возможные сроки и стоимость как переноса базового и прикладного ПО на различные аппаратные платформы (мобильность программ), так и перехода пользователей от одной прикладной системы к другой (мобильность пользователей).

К настоящему времени разработана первая версия проекта профиля стандартов аппаратно-программной платформы «Багет» (сокращенно — профиль стандартов «Багет»). Этот профиль основан на следующих стандартах.

Стандарт языка программирования C (ISO/IEC 9899). Помимо собственно языка C этот стандарт специфицирует номенклатуру, синтаксис и семантику библиотечных функций времени исполнения.

Стандарт на интерфейс прикладных программ (API — интерфейс прикладных программ) с операционной системой, POSIX (ISO/IEC 9945). Этот стандарт специфицирует номенклатуру, семантику и синтаксис вызовов операционной системы.

В профиль стандартов «Багет» включены те функции POSIX, которые относятся к однопользовательским операционным системам реального времени. Работа нескольких процессоров в одном общем адресном пространстве (сильно связанные системы) профилем стандартов «Багет» не предусматривается.

Графический стандарт de facto X Window версии 11. Этот стандарт специфицирует интерфейс графических прикладных программ со специальной программой, управляющей графическим оборудованием и называемой «дисплейным сервером». Дисплейный сервер может быть реализован в рамках операционной системы, удовлетворяющей профилю стандартов «Багет», так что данный стандарт служит естественным дополнением POSIX для графического ПО.

Сетевой стандарт de facto TCP/IP версии 4. Этот стандарт специфицирует семейство протоколов обмена данными между ЭВМ, входящими в сети TCP/IP.

Операционная система реального времени ОС2000 соответствует профилю стандартов «Багет». ОС2000 реализована для процессорных архитектур Intel×86 и 1B812. К наиболее важным отличительным особенностям этой системы относятся следующие:

реализация интерфейса прикладных программ операционной системы в соответствии со стандартом POSIX;

обеспечение многозадачности системы потоками управления (средства реального времени POSIX);

использование однопользовательской системы;

при компоновке прикладной программы включение лишь некоторых функций операционной системы (масштабируемость).

В данном разделе концепция АПП «Багет» рассмотрена только частично и на общем техническом уровне. Не приведены материалы по концепции аппаратных и программных средств «Багет» при построении высокопроизводительных мультипроцессорных вычислительных систем и серверов. Это направление в настоящее время является чрезвычайно актуальным, так как мировой опыт построения высокопроизводительных систем основан на использовании многопроцессорных архитектур.

Следует отметить, что АПП «Багет» постоянно находится в развитии как в части создания более быстродействующей аппаратной платформы с применением модулей с увеличенной рабочей частотой, так и в части разработки новых архитектурных решений. При этом наибольшие усилия направлены на создание новых быстродействующих интерфейсных модулей (в том числе сетевых).

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 5

1. Багет. Семейство ЭВМ для специальных применений. – М.: КБ «Корунд-М», 2004.
2. Корнеев В.В., Киселёв А.В. Современные микропроцессоры. Издание третье, дополненное и переработанное – СПб.: БХВ – Петербург, 2003.
3. Меркулов В.И., Дрогалин В.В., Канащенков А.И. и др. Авиационные системы радиоуправления. Т.2. Радиолокационные системы самонаведения. /Под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003.
4. Рыбаков А.Н. Открытые компьютерные COST-технологии в военных приложениях. – МКА, 1999, №4.