TORNADO
MODULAR SYSTEMS

IPC Gridex

Универсальный, встраиваемый компьютер
с пассивной системой охлаждения для промышленных
и других ответственных применений.

Особые характеристики IPC Gridex

- Встраиваемое безвентиляторное исполнение
- Гибкость и масштабируемость. Широкий набор доступных процессоров различной архитектуры (стандарт Qseven), компоновка в зависимости от задач
- Поддержка стандарта синхронизации времени по Ethernet IEEE 1588
- Удовлетворение требованиям стандарта ЭМС IEC 61850-3
- Развитая периферия: до 5-ти портов Ethernet 1Гбит/сек, 4 USB, eSATA, PCIe
- Стандартные порты расширения для установки коммуникационных адаптеров (RS-485/232, Ethernet, WiFi, 3G
- Возможность установки накопителей HDD, SSD разных форматов
- Возможность выбора современных операционных систем (Windows, QNX, Linux)
- Видео Full HD
- Промышленный стандарт питания (24В)
- t от -20 °C до +70 °C

Применения IPC Gridex

- Автоматизация технологических процессов
- Системы управления «реального времени»
- Компьютеры для «Дата-Центров», надежная непрерывная эксплуатация 24часа / 365 дней

- Компьютеры для «жестких» условий эксплуатации
- Специализированные компьютеры со встроенными «Сигнальными процессорами»

630128, Россия, г. Новосибирск
ул. Инженерная 4а, 3 этаж

тел., факс: (383) 36-33-800
e-mail: info@tornado.nsk.ru
www.tornado.nsk.ru

ipc-gridex.ru

Промышленные компьютеры IPC Gridex как часть ПТК «Торнадо-N». Концепция «виртуальных контроллеров»

Промышленные компьютеры IPC Gridex, разработанные компанией «Модульные Системы Торнадо», это отечественная продукция, позволяющая преодолеть многие ограничения, характерные для большинства систем промышленной автоматизации. В статье рассматриваются их конструктивные особенности, а также своеобразие архитектуры, построенной на концепции «виртуальных контроллеров».

ООО «Модульные Системы Торнадо», г. Новосибирск

В 2015 году компания «Модульные Системы Торнадо» начала серийный выпуск промышленного компьютера IPC Gridex[1].

Этот компьютер предназначен для систем промышленной автоматизации, где используются его вычислительные, информационные и коммуникационные ресурсы при реализации технологических алгоритмов, организации человеко-машинного интерфейса (HMI), архивирования и выполнения серверных функций.

Промышленный компьютер IPC Gridex (рис. 1) разработан и собран в России. Современная компонентная база (микросхемы) зарубежная, но самое важное – архитектура, схемотехника и производство – новосибирской компании «Модульные Системы Торнадо». Это предприятие не только разработчик средств и систем автоматизации, но и инжиниринговая компания, внедряющая собственные продукты и потому прекрасно знающая требования и условия эксплуатации систем автоматизации. В основу ее технических решений положен индивидуальный подход, учитывающий специфику технологических процессов, конкретные задачи по автоматизации и пожелания заказчика.

IPC Gridex создавался как процессорный блок в составе программно-технического комплекса собственной разработки (ПТК «Торнадо»). Уникальная архитектура этого устройства предусматривает большое количество независимых портов Ethernet, безвентиляторное исполнение, долгий срок жизни (15–20 лет), возможность установки процессоров разного типа и, самое главное, независимость от произвола третьих поставщиков. В итоге получился совместимый с ПК, сверхнадежный, универсальный компьютер на основе вычислительной платформы стандарта Qseven с возможностью конфигурирования всех составляющих элементов: процессора, памяти и периферии (рис. 2). Принцип конструктора позволяет получить компьютер, отвечающий конкретным целям бизнеса и промышленности, а также подходящий для решения любых других задач, требующих высокой надежности и производительности. Создание собственного процессорного блока завершило процесс разработки всех элементов ПТК «Торнадо», что обеспечило полную независимость технической политики компании от внешних поставщиков.

Характеристики IPC Gridex:

- срок службы не менее 15 лет;
- богатые возможности периферии;
- установка процессора любого типа, разной архитектуры: x86, PowerPC, ARM, MIPs;
- пассивное охлаждение (без вентилятора);

Рис. 1. Промышленный компьютер IPC Gridex: внешний вид

[1] *Подробнее см.* В серийное производство запущен отечественный промышленный компьютер IPC Gridex // ИСУП. 2015. № 3.

Рис. 2. IPC Gridex: внутренняя конструкция

- диапазон рабочих температур окружающей среды от –25 до +60 °С;
- жесткие условия эксплуатации.

IPC Gridex имеет пассивное охлаждение и может использоваться для особо ответственных применений. Отсутствие механически подвижных частей повышает аппаратную надежность IPC Gridex и исключает необходимость технического обслуживания на протяжении всего срока эксплуатации. Планируется производить данный продукт без существенных изменений в течение 10 лет. Такой срок доступности для заказа чрезвычайно актуален для объектов критической инфраструктуры.

Сегодня Gridex уже внедрен в состав полномасштабных АСУ ТП критически важных объектов энергетики: Калужского турбинного завода, Усть-Хантайской ГЭС, Топарской ГРЭС и Джезказганской ТЭЦ (Казахстан), объектов «Татнефти» и др.

Конструктивно компьютер выполнен по стандарту EBX (203 × × 146 мм), что обеспечивает, кроме компактности и удобства установки периферийных устройств, установку на плату-носитель в формате «Евромеханика 6U» (рис. 3).

Металлический корпус выпускается в трех вариантах:

- высотой 1 U (44 мм), шириной 19 дюймов (для установки в стандартную стойку);
- высотой 1 U (44 мм), шириной 11 дюймов (для установки на монтажную плиту);
- высотой 2 U (88 мм), шириной 19 дюймов (для установки в стандартную стойку).

IPC Gridex является модулем-носителем процессорных мезонинов стандарта Qseven, которые дают широкие возможности по интеграции периферийных устройств стандартов mPCIe, PCIe, SATA и mSATA (рис. 4);

- мезонин стандарта Qseven позволяет установить процессор любой архитектуры: x86, PowerPC, ARM, MIPs;
- имеются следующие разъемы для установки периферии: 1 × SATA, 1 × mSATA, 1 × mSATA/mPCIe, 2 × × mPCIe, 3 × PCIe, 1 × SD-карта, 4 × × USB, 1 × Ethernet-1G, 1 × VGA/DVI/HDMI.

Электропитание IPC Gridex осуществляется от источника постоянного тока напряжением 12...24 В или от источника переменного (постоянного) тока напряжением 220 В (требуется установка внутреннего преобразователя).

Большой выбор доступных процессорных модулей Qseven на базе

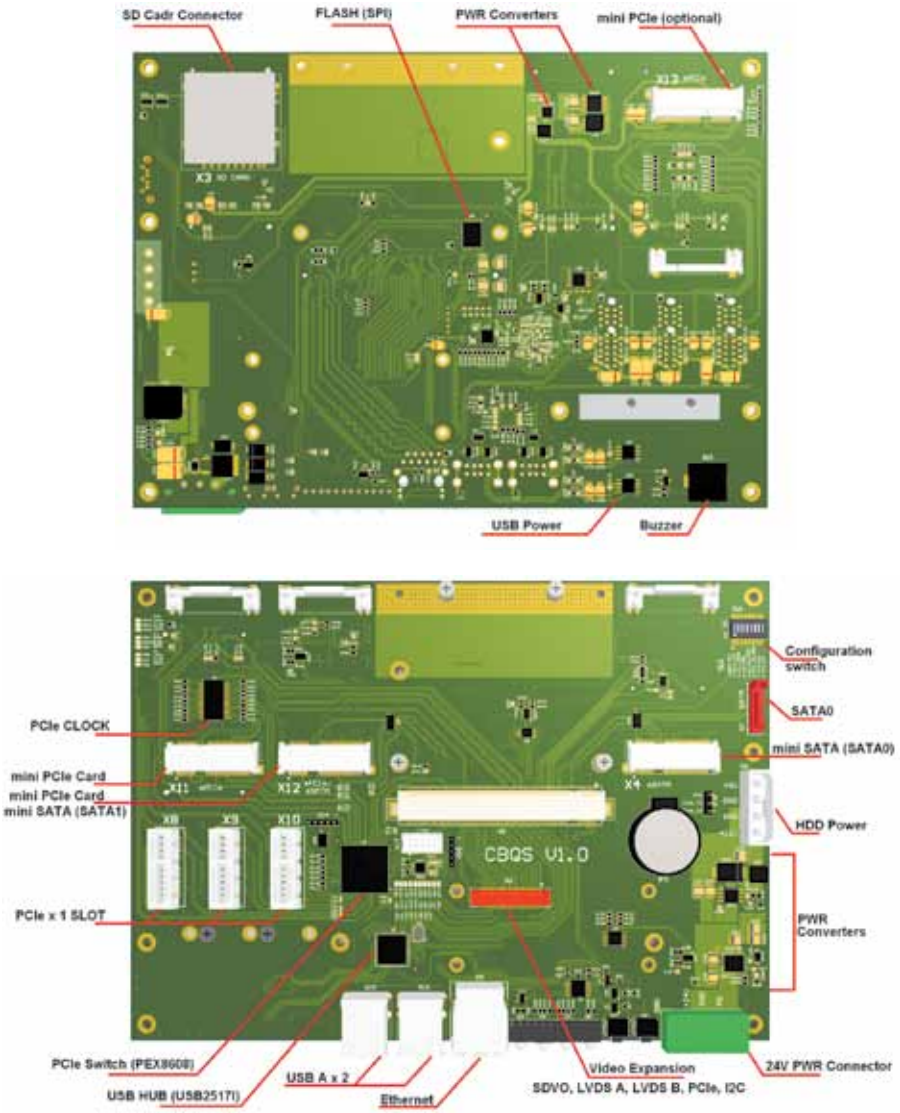

Рис. 3. При производстве материнской платы используется элементная база, обеспечивающая работу изделия до 15 лет

разных процессоров (x86, ARM, PowerPC, DSP и др.) позволяет сконфигурировать вычислительное устройство с требуемым процессором и операционной системой.

Различные модификации IPC Gridex поддерживают до пяти портов Ethernet-1G, стандарт синхронизации времени по Ethernet IEEE 1588 и стандарт ЭМС IEC 61850-3, что позволяет использовать Gridex на самых ответственных объектах.

Аппаратная часть IPC Gridex состоит из платы-носителя (CBQS), процессорного модуля (SoM) стандарта Qseven и набора модулей расширения.

SoM – это система на модуле, самодостаточное процессорное устройство, способное функционировать под управлением операционной системы. В IPC Gridex применяются SoM стандарта Qseven, который предусматривает поддержку различных процессорных архитектур: x86, ARM, PPC, MIPs. Плата-носитель обеспечивает механическое крепление SoM, его электропитание, формирование служебных сигналов, согласование периферийных интерфейсов с внешними элементами коммутации и расширение состава интерфейсов. Электрические цепи, объединяющие SoM и CBQS, образованы набором разнородных сигналов и шин в соответствии со стандартом Qseven (шина QSB) и коммутируются специализированным разъемом – Qseven Connector.

Исполнение процессорной части компьютера в виде самостоятельного стандартизированного модуля (SoM) позволяет без изменения конструкции оптимизировать параметры IPC Gridex в соответствии с областью его применения.

В конструкции IPC Gridex для пользователя предусмотрена возможность изменять состав внутреннего оборудования и набор внешних интерфейсов. Порты стандарта RS-485/RS-422/RS-232, применяемые во многих ПТК традиционной архитектуры, в системах на основе единой информационной магистрали, к которым относится ПТК «Торнадо», не являются системными и используются только для стыковки с внешними подсистемами.

ПТК «Торнадо». Уникальность архитектуры

Программно-технический комплекс нового поколения «Торнадо» является системой класса DCS (*от англ.* Distributed Control System – «распределенная система управления»). Аппаратная часть комплекса (модули ввода/вывода и промышленные компьютеры) разработана компанией «Модульные Системы Торнадо» самостоятельно, а программные компоненты ПТК базируются на продуктах ISaGRAF и InTouch от ведущих мировых разработчиков. Система интегрирована в единый комплекс посредством уникального программного обеспечения, созданного компанией.

Существующие системы автоматизации основаны на специальных устройствах – контроллерах, производимых разными компаниями, что (вследствие отсутствия общего стандарта) приводит к существенным различиям систем и их несовместимости. Контроллер является причиной значительных ограничений в проектировании, применении и модернизации системы, что определяет высокую стоимость и ограниченную функциональность решений.

Комплексирование современных IT-технологий позволяет создать системы на базе концепции «виртуальных контроллеров» и исключить контроллеры в виде специализированных устройств, выпущенных частными фирмами, устранив тем самым множество проблем и ограничений, свойственных современным системам автоматизации.

Рис. 4. Периферия: модули PCIe и mPCIe

«Виртуальные контроллеры» – это программы, исполняемые в облачном компьютерном пуле, взаимодействующем с общей подсистемой ввода/вывода через общую одноранговую быстродействующую сеть.

Архитектура ПТК «Торнадо» основана на концепции «виртуальных контроллеров», где:

- облачный компьютерный пул, в котором исполняются «виртуальные контроллеры», представлен промышленными компьютерами либо их резервированными парами;
- одноранговая быстродействующая сеть представлена дублированной сетью стандарта МЭК 802.3 Ethernet-100/1000 с протоколом ModBus UDP/TCP;
- подсистема ввода/вывода представлена модулями УСО, которые являются своего рода «интеллектуальными клеммниками» с дублированным интерфейсом Ethernet-100, что обеспечивает однородную, распределенную, высокоскоростную и стандартную среду передачи данных, объединяя на одном уровне все элементы системы.

Программно-технический комплекс может выполнять следующие задачи:

- управление в реальном времени технологическим оборудованием во всех эксплуатационных режимах;
- использование эффективных алгоритмов управления и регулирования с учетом конструктивных и технологических особенностей оборудования;
- реализация защит и блокировок;
- дублирование и резервирование составляющих общей системы для обеспечения устойчивости к любому единичному отказу;
- развитая диагностика как отдельных компонентов, так и системы в целом;
- фиксация истории функционирования объекта автоматизации для последующей обработки и анализа.

При разработке ПТК учитывались следующие требования, обязательные для АСУ ТП крупных энергетических объектов:

- охват всего объекта автоматизации без исключений;
- устойчивость к любым единичным отказам;
- отсутствие критических элементов отказа;
- обслуживание системы, замена оборудования, модификация программ и наладка объекта без его остановки, «на ходу»;
- интеграция подсистем других производителей.

Выбор дублированной сети стандарта МЭК 802.3 Ethernet-100 с протоколом ModBus UDP/TCP для обмена информацией с устройствами ввода/вывода MIRage-N обусловлен следующими причинами:

- широкой номенклатурой сетевых средств, выпускаемых большими сериями и (что существенно для внедрения) относительно недорогих по сравнению со специализированными сетевыми средствами;
- отсутствием проблемы совместимости устройств и программного обеспечения различных производителей;
- высокой скоростью передачи данных (100 Мбит в секунду);
- использованием массово выпускаемого недорогого кабеля типа «промышленная витая пара» (который хорошо защищен от индустриальных помех), а также оптического волокна;
- подключением узлов по топологии «звезда», которая сводит к минимуму эффект единичных отказов, в отличие от подключений типа «общая шина» и «от узла к узлу».

Взаимодействие с модулями MIRage-N на скорости 100 Мбит в секунду обеспечивает высокоскоростную передачу данных, распределенную, масштабируемую, одноранговую структуру и простую интеграцию с другими информационными сетями. Для синхронизации устройств используется протокол точного времени NTP и IEEE 1588. Опыт внедрений показывает, что ПТК позволяет одновременно обрабатывать десятки тысяч сигналов с циклами управления вплоть до 10 мс. Унифицированное исполнение модулей ввода/вывода и контроллеров позволяет эффективно обслуживать и расширять систему, обеспечивает понятную, простую и легкую в обслуживании структуру средств АСУ ТП. В среднем время прохождения сигнала между контроллером и полевым устройством составляет 1 мс, а гарантированное – 2 мс (при работе промышленного компьютера с 50 модулями УСО).

Одноранговость архитектуры означает равноправность взаимодействия и информационного обмена всех элементов ПТК – модулей УСО, процессорных блоков, рабочих станций и серверов. Как следствие, отсутствуют контроллеры в традиционном понимании: в ПТК «Торнадо-N» контроллером является программа в процессорном блоке, непосредственно взаимодействующая с любым необходимым УСО через общую коммуникационную среду. В соответствии с проектным решением процессорные блоки могут быть размещены как непосредственно в шкафах УСО, так и в отдельных шкафах. Такая архитектура не налагает ограничений на распределение контроллеров и их компоновку, а также на развитие и модернизацию системы. Она может быть настолько распределенной, насколько это необходимо и удобно с точки зрения оперативности и надежности управления, функционально-узловой структуры объекта и технологичности монтажа.

Установленное на управляющих компьютерах прикладное программное обеспечение (управляющие программы) исполняется в среде ISaGRAF и осуществляет:

- опрос и диагностику работоспособности модулей УСО;
- дополнительную обработку сигналов;
- обмен данными с другими управляющими компьютерами;
- обмен данными с серверами верхнего уровня АСУ ТП;
- исполнение управляющих программ в реальном времени.

В ПТК реализована пакетная передача данных между модулями УСО и управляющими компьютерами по протоколу Modbus поверх протокола UDP, по сети Ethernet со скоростью 100 Мбит в секунду. Модуль УСО объявляется неисправным, если он не ответил на три запроса подряд по обоим портам Ethernet, обеспечивающим дублированную связь, а недостоверность измеряемых модулем параметров определяется сразу по срабатыванию «тайм-аута» 3 мс по обращению к модулю. Скоростные характеристики и возможность опроса устройств одновременно, а не поочередно, как в большинстве систем,

обеспечивают высокую скорость обмена в системе без циклов ожидания. Максимальное время опроса всех параметров в системе детерминировано и составляет не более 3 мс.

Благодаря организации ПТК любая из управляющих программ может взаимодействовать с любым из модулей УСО, которые непосредственно связаны с технологическим оборудованием, что позволяет создавать конфигурации АСУ ТП, устойчивые к единичным и множественным отказам на полевом уровне системы.

Для обеспечения устойчивости к отказам могут также дублироваться или резервироваться основные элементы ПТК. Как правило, в ПТК дублируется информационная магистраль и резервируются управляющие компьютеры. При отказе основного компьютера резервный автоматически и «безударно» берет на себя функции управления объектом. После восстановления работоспособности основного компьютера к нему автоматически возвращаются функции управления. Для этого на основном и резервном компьютерах устанавливаются идентичные комплекты управляющих программ и специальное программное обеспечение для согласования контекстов их исполнения. Контексты передаются между компьютерами в реальном времени через выделенные дублированные линии связи. Такая организация ПТК дает полную свободу при проектировании и эксплуатации АСУ ТП, для нее нет ни топологических, ни конструктивных ограничений, в любой момент можно перераспределить нагрузку, добавить дополнительные недостающие вычислительные мощности и каналы ввода/вывода.

Фактически в ПТК «Торнадо-N» реализовано общее «коммутационное поле», через которое от каждого активного элемента системы может быть статически проложен и настроен виртуальный канал связи с любым пассивным элементом системы, с гарантированным временем доставки. В реализации такого виртуального канала используются не специализированные, а широко распространенные недорогие программные и технические сетевые средства. При добавлении в систему новых технических и программных средств необходимо выполнить только их настройку, но не требуется вносить изменения в ранее установленные средства. Перепривязка сигнала (его переброска от одной управляющей программы к другой) производится только программно, а не программно-аппаратно. Фактически любой сигнал в системе можно привязать к любой управляющей программе. При расширении и модернизации системы можно добавлять только отдельные модули УСО, а не новые контроллеры с вновь разработанными программами. Управляющее программное обеспечение выделяется в полностью обособленный слой системы. Его декомпозиция зависит только от запроектированной функциональности системы и никак не зависит от компоновки технических средств. Вместо дорогих решений сложных технических проблем решаются относительно простые задачи по перенастройке и (или) перекомпоновке программного обеспечения. Появляется практически ничем не ограниченная свобода в части организации работы над проектом. Для конкретного объекта, конкретных исполнителей и конкретных условий производства можно задать уникальную дисциплину проектирования, разработки и изготовления АСУ ТП, адекватную решаемой задаче.

ПТК «Торнадо» и его компоненты имеют все необходимые разрешительные документы. Комплекс включен в Государственный реестр средств измерения Российской Федерации и Республики Казахстан. Он разработан таким образом, чтобы обеспечить устойчивость к любым единичным отказам. Среднее время наработки на отказ процессорных устройств и модулей распределенного ввода/вывода (с учетом базовых системных решений технического обслуживания, регламентированного инструкцией по эксплуатации) составляет не менее 150 000 часов. Среднее время восстановления работоспособного состояния процессорных устройств и модулей распределенного ввода/вывода, входящих в состав ПТК, составляет не более 1 часа, срок службы базовых элементов ПТК (оборудование шкафов контроллеров, а также шкафа питания и коммуникаций, за исключением размещенных в нем заменяемых узлов) – не менее 15 лет.

Заключение

ПТК на основе единой информационной магистрали – одна из самых перспективных технологий, способная в ближайшем будущем стать стандартом в сфере промышленной автоматизации. При условии, что на объектах будут соблюдаться правила информационной безопасности, технологическое оборудование будет соответствовать уровню управляющей системы, а система мониторинга будет поддерживаться в работоспособном состоянии, ПТК нового поколения способны обеспечить функционирование распределенных технологических систем любого уровня сложности.

В настоящее время компанией «Модульные Системы Торнадо» инициирован проект «Национальная платформа промышленной автоматизации». Это так называемый «вытягивающий проект» с высокой инновационной составляющей, он вошел в программу реиндустриализации Новосибирской области. Цель проекта – создание единого стандарта промышленной автоматизации России и разработка универсальной платформы для передовых, безопасных, экономичных систем автоматизации, все компоненты которой (программные и аппаратные средства, средства диагностики качества компонентов и информационной безопасности системы и т.д.) будут разрабатываться и производиться в нашей стране. В настоящее время набирается пул участников проекта, отечественных компаний-разработчиков, производителей и интеграторов в области автоматизации.

О. В. Сердюков, к. т. н.,
ИАиЭ СО РАН, генеральный директор,
ООО «Модульные Системы Торнадо»,
г. Новосибирск,
тел.: +7 (383) 36-33-800,
e-mail: info@tornado.nsk.ru,
www.tornado.nsk.ru