

# ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ FASTWEL: СИЛА В РАЗВИТИИ

КОНСТАНТИН КРУГЛЯК

Сегодня трудно кого-то удивить глубоким проникновением автоматизации в самые разные сферы нашей жизни. В частности, компьютер уже много лет является неотъемлемой частью промышленного пейзажа во всех отраслях. И пейзаж этот непростой, со своим климатом, набором угроз и требованиями персонала к функционалу и поведению «умной» техники. За последние 40 лет естественный отбор сформировал как особую техническую популяцию — компьютер промышленный — со своими характерными свойствами, так и плеяду их разработчиков и производителей. Настоящая статья посвящена продукции одного из российских представителей этой плеяды — бренда Fastwel.

Уже почти 30 лет основной специализацией Fastwel является разработка и серийное производство одноплатных встраиваемых компьютеров для ответственных систем, работающих в жестких (в частности, в промышленных) условиях эксплуатации. Потребители «одноплатников» — это разработчики прикладных систем, которые могут иметь вид того же отдельного ПК или быть и неотделимой (читай — встроенной) частью чего-то большего — транспортного средства, токарного станка, конвейера и т. д. Однако далеко не всегда производитель прикладной системы обладает достаточными компетенциями, человеческими и производственными ресурсами для разработки, серийного производства и сопровождения в течение всего жизненного цикла высоконадежных ПК, что открыло для Fastwel новую рыночную нишу корпусированных изделий.

Ключевым требованием к ПК для ответственных систем управления становится, разумеется, надежность. Понятие это многогранное, включающее множество аспектов.

- Защита от чисто компьютерных сбоев. Например, обязательной частью ПК Fastwel является аппаратный сторожевой таймер (один или несколько), перезагружающий устройство при зависании программного обеспечения. Также важную роль играет дублирование микросхемы BIOS.
- Отсутствие компонентов с низким МТБФ — прежде всего вентиляторов.
- Устойчивость к экстремальным температурам. Эти требования

обеспечиваются как высокими характеристиками одноплатной начинки ПК Fastwel (диапазон рабочих температур  $-40...+85^{\circ}\text{C}$ ), так и тщательной разработкой системы охлаждения.

- Устойчивость к механическим нагрузкам — ударам и вибрации — обеспечивается пайкой всех ключевых компонентов на печатную плату вместо установки их в розетки/сокет и применением специальных кабельных разъемов с фиксацией.
- Устойчивость к влаге ПК Fastwel обеспечивается лакировкой всех электронных узлов, а при необходимости — корпусированием со степенью защиты IP65 и выше.
- Стойкость к агрессивным средам — применение крепежа из нержавеющей стали, гальваническое покрытие или специальная окраска механических деталей корпуса.
- Безопасность по питанию — наличие заземления, встроенный гальванически развязанный источник питания.

Большая часть таких проектов поначалу носила заказной характер, но по мере погружения в рынок разработчики компании решились сформулировать общие требования к ПК и предложить заказчикам линейку готовых решений для широкого спектра прикладных задач.

Заказные компактные ПК Fastwel (серия МК3xx) компания предлагает на основе собственной линейки модулей форм-факторов семейства PC104, прежде всего — вычислителей. Платы

напрямую соединяются между собой разъемами ISA и PCI, образуя устойчивую к механическим воздействиям стекую конструкцию. Использование стекowych форм-факторов для разработки заказных ПК очень удобно, поскольку нужная функциональность достигается подбором модулей собственной разработки или производства третьих компаний. При переходе от модели к модели зачастую требуется редизайн только одной детали корпуса — лицевой панели. Для корпусирования стека используется покупной корпус с длиной на нужное количество модулей. Теплоотвод осуществляется через боковые стенки корпуса, а вывод всех необходимых интерфейсов осуществляется на лицевую и/или заднюю панели. При применении герметизированных интерфейсных разъемов конструкция получается пыле/влагозащищенной. Ограничением для стекowych конструкций ПК являются количество модулей в стеке и зачастую сложная кабельная разводка, из-за чего ПК может оказаться нетехнологичным при серийном производстве. Впрочем, у Fastwel есть решение последнего вопроса в виде форм-фактора StackPC, который позволяет, в частности, большую часть межмодульных интерфейсов спрятать в шинные соединители. Узнать больше о форм-факторе StackPC и выпускаемых модулях можно на сайте <https://www.fastwel.ru/technologies/stackpc/>.

## КОМПАКТНЫЙ ПК ДЛЯ АСУ ТП

Показательным примером ПК на базе модулей PC/104 и PC/104-Plus служит

модульный компьютер МК306 (рис. 1), одно из исполнений которого было применено в проекте автоматизированного контроля состояния трубопроводов в составе шкафа телемеханики.

Восемь каналов изолированного аналогового ввода, два канала изолированного аналогового вывода и 3×24 линии дискретного ввода/вывода использовались для съема данных с датчиков и управления исполнительными механизмами. К портам RS-232/422/485 подключались другие узлы шкафа, через порт USB — радиомодуль обмена данными с диспетчерским пунктом. В серийном исполнении МК306 также имеются два порта Ethernet и видеоинтерфейс для подключения монитора, который мог использоваться как для локальной отладки, так и для предоставления технологической информации обслуживающему персоналу в рабочем режиме системы. Низкопотребляющая промышленная начинка — вычислитель CPC306 на базе процессора VortexDX — не использует принудительного охлаждения и позволяет МК306 круглогодично эксплуатироваться в неотопляемых шкафах.

Специально для применения в необслуживаемых пунктах телеметрии в состав МК306 был введен интеллектуальный источник питания PS351 с несколькими входами, в том числе от возобновляемых источников энергии (солнечной и ветровой).

Из других функциональных возможностей PS351 следует отметить:

- возможность включения/отключения по календарному расписанию, по внешним событиям и т. д.;
- сторожевой таймер, отключающий/включающий питание компьютера;
- ведение журнала системных событий.

**ПК СО СТЕПЕНЬЮ ПЫЛЕВЛАГОЗАЩИТЫ IP65**

Как уже было сказано, ПК МК306 предназначен для эксплуатации «в составе шкафа телемеханики», при этом подразумевается, что шкаф герметичный и обеспечивает защиту своего содержимого от пыли и влаги. К сожалению, далеко не во всех прикладных системах есть достаточно места для подобного рода конструкций, а управление требуется «здесь и сейчас». Для таких случаев в линейке ПК Fastwel предусмотрено изделие МК308 (рис. 2), пред-

назначенное для использования в информационно-управляющих системах специализированных транспортных средств, в том числе на гусеничном ходу.

МК308 построен на базе двухъядерного процессора Intel Atom D510, производительности которого достаточно для решения сложных вычислительных и картографических задач. Наличие видеоинтерфейсов VGA и LVDS позволяет применять компьютер совместно с большим количеством защищенных дисплеев и отображать видеoinформацию с высокой степенью детализации. Для хранения картографических данных предусмотрена возможность установки твердотельного накопителя CompactFlash. Ориентация транспортного средства на местности в МК308 обеспечивается модулем GPS/GLONASS. Компьютер легко встраивается в бортовую информационно-управляющую систему благодаря наличию двух каналов Gigabit Ethernet. Для контроля периферийных устройств, таких как датчики состояния оборудования и приборы систем безопасности, служат интерфейсы RS-232/485/422 и CAN. Для подключения IBM PC совместимой периферии имеются три порта USB 2.0, а для удаленного обмена данными — модули GSM/GPRS и Wi-Fi. Модульная конструкция МК308 поддерживает установку до семи модулей расширения PC/104-Plus. Компьютер имеет степень защиты корпуса IP65.

МК308, как и МК306, питается от сети постоянного тока с напряжением 10–6 В, надежно работает в диапазоне температур –40...+70 °С, устойчив к воздействию одиночных ударов до 100g и вибрации до 5g.

**МК150-01 — ПК НАЧАЛЬНОГО УРОВНЯ ДЛЯ АСУ ТП**

Впрочем, стеклая конструкция для построения ПК отнюдь не единственное решение. При высокой функциональности базового компьютерного модуля ПК может быть построен на его основе и без использования модулей расширения. Хорошим примером такого подхода служит ПК МК150-01, в своих различных исполнениях нацеленный на решение задач АСУ ТП и видеонаблюдения (рис. 3).



**Рис. 1.** ◀ МК306 — модульный компьютер для АСУ ТП



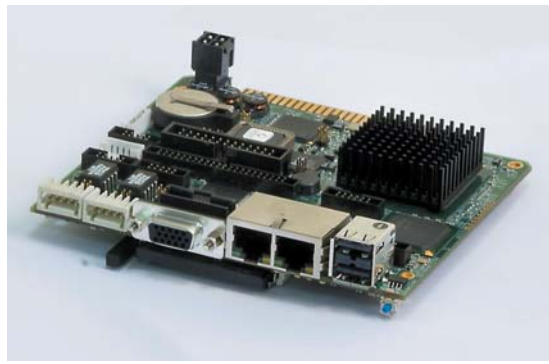
**Рис. 2.** ◀ МК308 — модульный компьютер для специальных применений

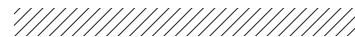


**Рис. 3.** ◀ МК150-01 — модульный компьютер с интерфейсом FBUS и каналами видеоввода

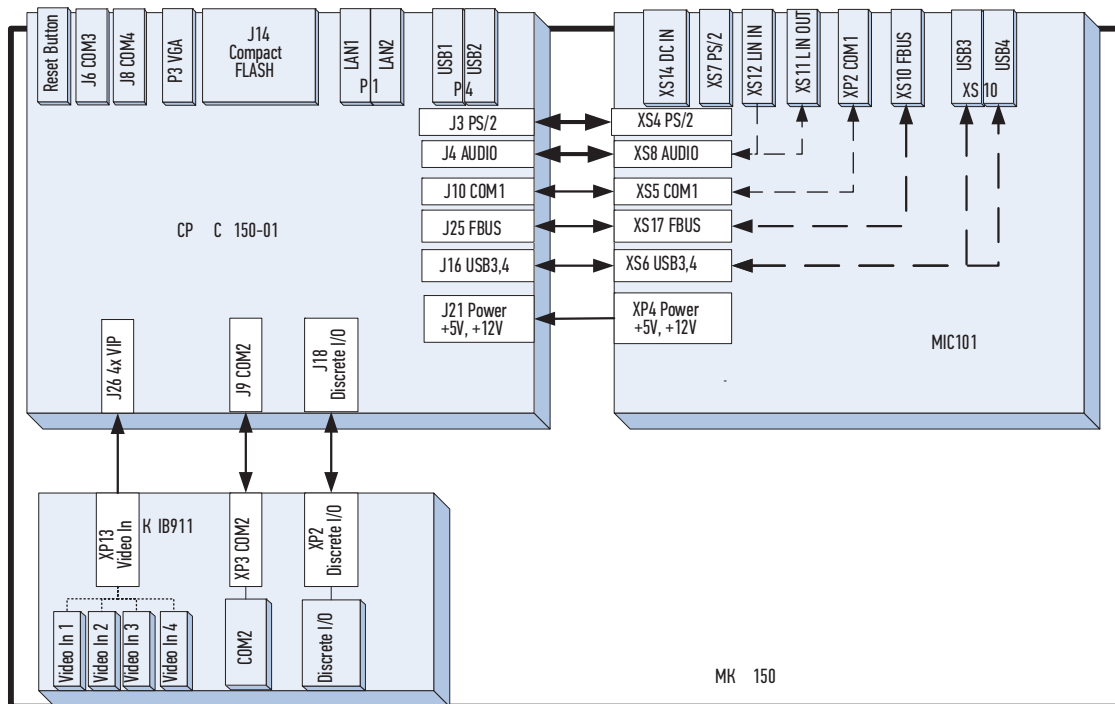
Как можно понять из названия, МК150-01 построен на вычислителе Fastwel формата MicroPC CPC150 (рис. 4) с процессором AMD Geode LX 800. Любопытно, что ножевой соединитель шины ISA модуля CPC150 в МК150-01 вообще отсутствует. Это свидетельствует о том, что MicroPC не только магистрально-модульная система

**Рис. 4.** ▼ Процессорная плата FASTWEL CPC150 стандарта MicroPC

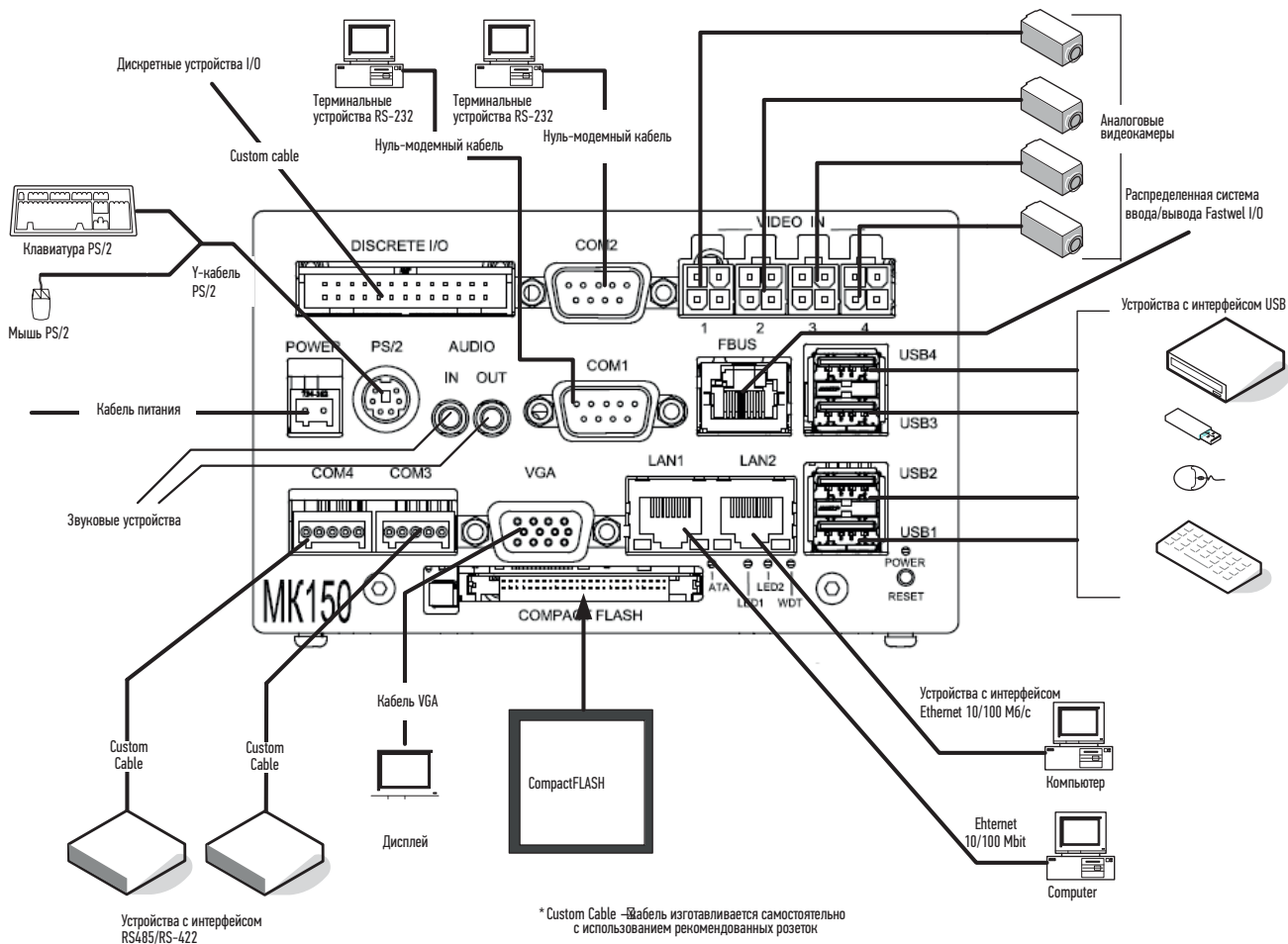




**РИС. 5.** ▶  
МК150-01 —  
структурная схема



**РИС. 6.** ▼  
МК150-01 —  
внешние интерфейсы



\* Custom Cable – кабель изготавливается самостоятельно с использованием рекомендованных розеток

начального уровня, но и вполне самостоятельный форм-фактор одно-платных компьютеров.

Едва ли не самой важной задачей разработчика МК150-01 была, помимо корпусирования, реализация вывода на переднюю панель ПК многочисленных интерфейсов вычислителя CPC150 с обеспечением высокой технологичности конструкции для массового производства и устойчивости к механическим воздействиям в процессе эксплуатации. Для этой цели были разработаны две переходные платы, которые и показаны на структурной схеме на рис. 5.

Варианты подключения периферийных устройств к МК150-01 представлены на рис. 6.

На практике МК150-01 за последние 10 лет был востребован в двух ипостасях — как видеосервер (проект реализован в проекте системы видеонаблюдения в подмосковных электричках) и как управляющий компьютер для задач технологического управления в связке с системой распределённого ввода-вывода Fastwel I/O. Последний сценарий оказался очень востребованным в газодобывающей отрасли, разработчики которой ориентированы на написание собственного управляющего программного обеспечения реального времени без использования готовых пакетов от мировых производителей. Реализация такого сценария возможна только на компьютере с открытой архитектурой, каким и является CPC/MK150-01.

**МК150-02 — ПК ЭПОХИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ**

Однако жизнь не стоит на месте, и перед разработчиками постоянно встают новые задачи. В частности, перед Fastwel была поставлена задача импортозамещения ключевых компонентов вычислительной техники и, соответственно, доверенности аппаратных средств на их базе. Но, разумеется, при сохранении (или улучшении) всех функциональных возможностей ПК МК150-01. По состоянию на 2020 год выбор отечественных процессоров был небогат, и в этих условиях процессор Baikal-T1 с архитектурой MIPS был выбран как наиболее приемлемый вариант. В силу ограниченности инженерных ресурсов было принято решение одновременно



**РИС. 7.** ◀  
Функциональная схема Baikal-T1

вести разработку как процессорной платы CPC313 в формате StackPC, так и ПК МК150-02 на ее основе. Наименование нового ПК выбрано именно так, чтобы подчеркнуть стремление безболезненно заменить старые МК150-01 в системах заказчиков на новые, основанные на российском доверенном процессоре.

Компания Baikal Electronics объявила о выпуске микропроцессора Baikal-T1 в мае 2015 года. Он построен на базе двухпроцессорных суперскалярных 32-разрядных ядер архитектуры MIPS P5600 с низким энергопотреблением и компактными размерами.

Функциональная схема микропроцессора Baikal-T1 представлена на рис. 7.

При описании МК/CPC150-01 выше не указывались подробные характеристики процессора Geode LX, любители деталей могут найти их в открытой документации, но они не идут ни в какое сравнение с цифрами Baikal-T1. Эти процессоры разделяет несколько поколений, а потому показатели «сменщика» достойны подробного перечисления:

- рабочая частота: 1,2 ГГц;
- три контроллера Ethernet, два из которых по 1 Гбит и один 10-Гбит;
- контроллер памяти DDR3-1600 поддерживает до 8 Гбайт с функцией контроля ошибок ECC;
- контроллер шины PCIe Gen3x4;
- контроллер SATA 3.0 (6 Гбит);
- USB 2.0.

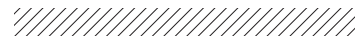
Именно в силу столь впечатляющих характеристик и набора современных интерфейсов было принято решение разрабатывать модуль CPC313 (рис. 8) именно в формате StackPC, основным отличием которого от других стандартов семейства PCI04 является поддержка PCI Express, USB и SATA вместо устаревших низкоскоростных ISA и IDE.

Как и все предшественники в линейке модулей Fastwel CPC3xx, модуль CPC313 разработан для эксплуатации в промышленном диапазоне рабочих температур и имеет высокую стойкость к механическим нагрузкам.

Нетрудно понять, что поскольку новый базовый модуль — CPC313 — имел принципиально другой форм-фактор (StackPC вместо MicroPC),



**РИС. 8.** ◀  
Процессорная плата FASTWEL CPC313 стандарта StackPC



**РИС. 9.** ▶  
МК150-01 и МК150-02 —  
вид спереди



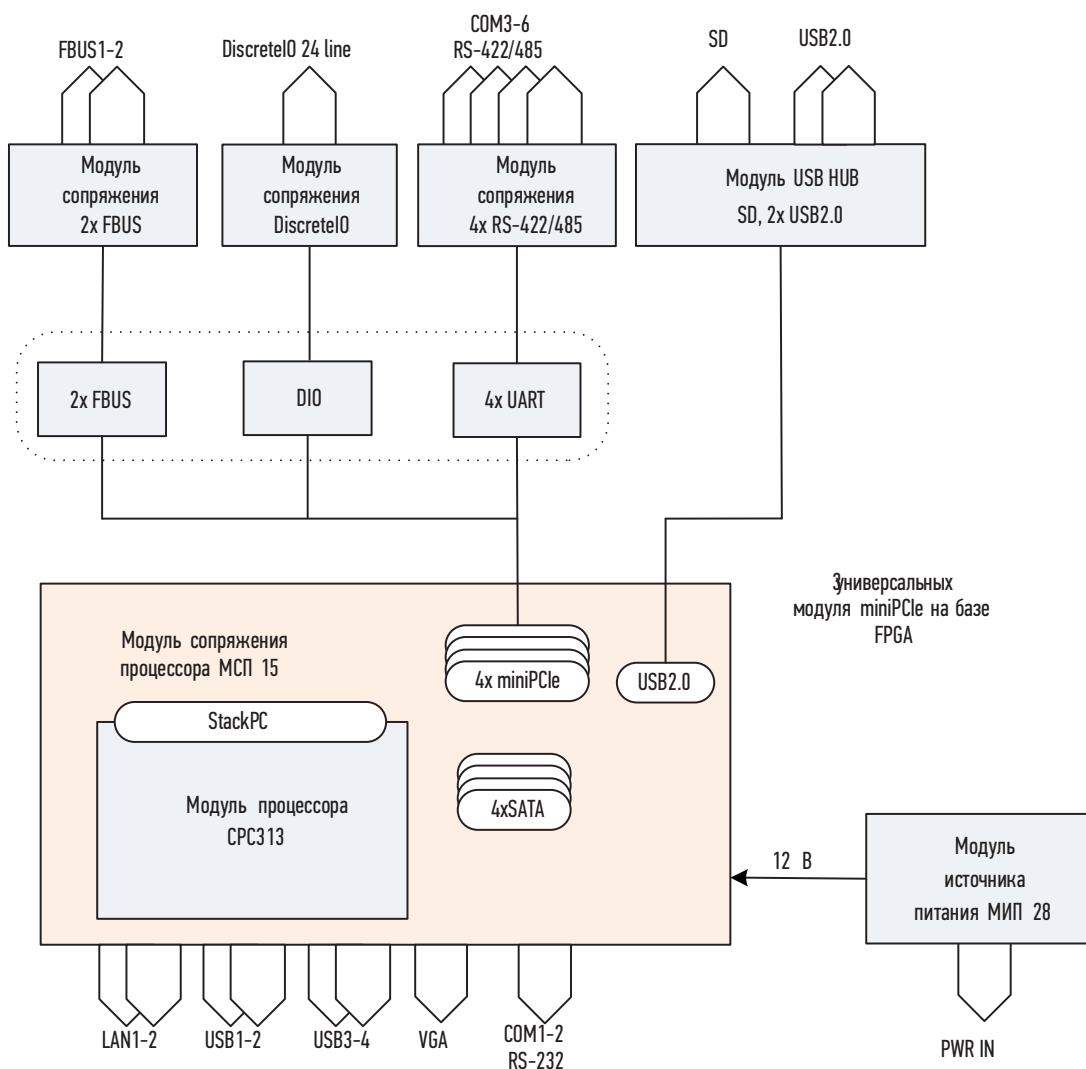
разработку МК150-02 (рис. 9, 10) пришлось начинать с нуля. Новый ПК приобрел другие размеры и совершенно новую внутреннюю структуру (рис. 11), при том что конечному заказчику не пришлось бы менять в прикладной системе практически ничего, поскольку удалось сохранить тот же набор интерфейсов для подключения интерфейсных кабелей внешних связей.

Здесь вполне уместно вспомнить банальное (но при этом верное) утверждение про палку с двумя концами. Два поколения, разделившие СРС150 и СРС313, привели не только к росту производительности, но и, увы, к потере прямой поддержки интерфейсов, востребованных в системах АСУ ТП: последовательные порты, порты ИО и всевозможные их клоны — для современной

**РИС. 10.** ▶  
МК150-01  
и МК150-02 —начинка



**РИС. 11.** ▶  
Структурная схема  
МК150-02



электроники это все медленно, несо- временно и просто недостойно вклю- чения в спецификацию в сколько- нибудь существенных количествах. Торжествует концепция «одного сплошного PCI Express», меняются с калейдоскопической быстротой только генерации этого замечатель- ного интерфейса... Поэтому, чтобы обеспечить в МК150-02 реальные потребности реальных заказчиков, специалистам Fastwel пришлось раз- работать целую линейку переходных модулей NIM18xx для сопряжения PCIe с теми или иными унаследован- ными от МК150-01 интерфейсами. В частности, в МК150-02 нашли при- менение:

- модуль KIC1800-03 с четырьмя каналами RS-485/RS-422;
- модуль KIC1800-04 с двумя кана- лами FBUS;
- модуль DIC1801 с 24 каналами дис- кретного IO.

Каждый модуль состоит из двух функциональных узлов: логического в формате miniPCIe, где происходит преобразование интерфейса про- цессорной платы PCIe в требуемый внешний интерфейс, и узла сопря- жения, обеспечивающего физический уровень и подключение. Оба исполнения KIC1800 имеют аппа- ратно одинаковые логические узлы на базе ПЛИС, но с различными прошивками. Возможна разработка прошивок под нестандартные требо- вания заказчика. При необходимости узлы сопряжения могут быть опера- тивно переработаны для установки не в панель (как на МК150-02), а под другой форм-фактор, например, «Евромеханика 3U».

Также в связи с отсутствием в совре- менных платформах накопителей CompactFlash с шиной IDE был раз- работан модуль KIB1810 с поддержкой USB 2.0 и SD-карт на тот случай, если для прикладного программного обе- спечения будет недостаточно напаян- ного на CPC313 твердотельного диска объемом 8 Гбайт.

В результате структурная схема МК150-02 приобрела следующий вид (рис. 11).

### МК912 И ДРУГИЕ — ПК НОВЫХ ВРЕМЕН

Жизнь движется вперед, и целый ряд компаний решил вступить в схватку на рынке встраиваемых систем. Среди них приятно отме- тить отечественных произведе-



Рис. 12. ◀  
Процессорная плата  
FASTWEL CPB910  
стандарта 3,5"

лей — компании АО «МЦСТ» (про- цессор Эльбрус 2С3), АО «Байкал Электроникс» (процессор Байкал-М) и АО НПЦ «ЭЛВИС» (процессоры СКИФ и ЕПoT) а также амери- канскую фирму AMD, выпустив- шую серию процессоров Ryzen Embedded.

Сочетание привычных для AMD аргументов в виде производи- тельности и прекрасной графики с низ- ким энергопотреблением и широ- ким набором интерфейсов дало свои плоды: конкуренция стала выше, а разработчикам и клиентам — ин- тереснее. В частности, под брендом Fastwel выпущены в серийное про- изводство платы CPB910 (рис. 12) и CPB911 на аппаратной платформе AMD Ryzen Embedded с процессо- рами V1404I и R1305G. Первый чип имеет четыре вычислительных ядра, графику Radeon Vega 8 и 16 Гбайт ОЗУ, второй — два ядра, графику Radeon Vega 3 и 8 Гбайт ОЗУ. Про- цессор и ОЗУ напаяны на печат- ную плату, благодаря чему модули выдерживают высокие механиче- ские нагрузки. Мощная графиче- ская подсистема позволяет работать одновременно с четырьмя монито- рами: 2×DisplayPort с разрешени- ем до 4K и 2×LVDS с разрешением до 1920×1200. В качестве системного диска может быть установлен твер- дотельный модуль M.2 NVMe либо подключен внешний диск по ин- терфейсу SATA III со скоростью обмена данными 6 Гбит/с.

Модули CPB910/911 имеют на бор- ту коммуникационные интерфейсы 2 Ethernet 2,5 GBase-T, 5×USB и 1×RS-232. Для расширения функциональности

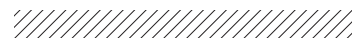
CPB91x предусмотрены три слота для установки модулей MiniPCIe, два из которых поддерживают установ- ку модемов GSM с установкой SIM- карт в отдельные слоты на тыльной стороне платы.

Модули CPB910 и CPB911 различа- ются типом установленных разъемов. На CPB910 размещаются стандартные разъемы для вывода на переднюю панель, а у CPB911 все разъемы шты- ревые/сокетные для нестандартной разводки кабелями внутри пользо- вательской системы.

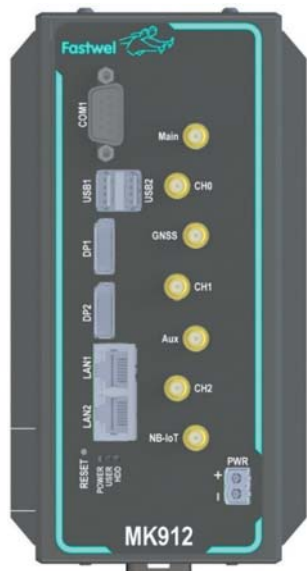
К слову, аналогичные модули соз- даны на базе указанных выше отече- ственных процессоров, и каждый станет основой для ПК различного применения. Рассмотрим для примера ПК МК912 (рис. 13, 14), разрабаты- ваемый на базе CPB910.



Рис. 13. ◀  
Примерный внешний вид  
исполнения МК912-01



**РИС. 14.** ▶  
Примерный внешний вид  
исполнения МК912-02



ПК предназначен для монтажа на DIN-рейку или панель. Оребренные боковые панели предназначены для организации эффективного теплоотвода от процессорного модуля и источника питания. Для всех исполнений предусмотрена возможность лакировки внутренней электроники, что позволит применять ПК в усло-

виях повышенной влажности и/или резких смен температур.

Высокая производительность процессора поддержана оперативной памятью объемом до 16 Гбайт и твердотельным накопителем NVMe с адекватной скоростью обмена данными и объемом до нескольких терабайт.

ПК поддерживают скорость обмена в сети Ethernet до 2,5 Гбит/с и порты USB 3.0.

Благодаря наличию в CPB910 трех слотов miniPCIe новый ПК будет иметь несколько исполнений:

- 01 — сервер последовательных интерфейсов: 2×RS-232 + 4×RS-422/485;
- 02 — сервер коммуникационный: Wi-Fi + NB-IoT-модем;
- 03 — контроллер IO: 2×FBUS + 8×GIDI + 8×GiDO.

### ПК «СДЕЛАЙ САМ» НА БАЗЕ СТАНДАРТА CPIC SERIAL 3U

Ну и в завершение нельзя не упомянуть и возможность для заказчика получить промышленный компьютер по старой доброй схеме 90-х годов — отверточной сборкой. Кажется бы, такой подход полностью противоречит задаче построения высоконад-

ежного устройства для ответственной прикладной системы, но современные технологии способны еще и не такие чудеса.

В настоящий момент в продуктовой линейке Fastwel <https://www.fastwel.ru/products/vstraivaemye-sistemy/compactpci/> присутствует полный джентльменский набор модулей, позволяющих собрать ПК практически под любую задачу.

- Вычислители на отечественных процессорах: CPC516 (Baikal-T1), CPC524 (Эльбрус 2С3), CPC518А (Baikal-M).
- Вычислители архитектуры x86 — CPC520 (AMD), CPC522 (Intel Xeon).
- Графический ускоритель VIM556.
- Вычислитель на базе ПЛИС FPU502.
- Универсальная плата IO DIC551 с набором мезонинов.
- Платы-носители SSD и другие платы расширения.
- Источник питания PS550 и объединительные панели.

В связи с волной роста интереса ко всем вопросам, связанным с искусственным интеллектом, надо сказать несколько слов о графическом

**ТАБЛИЦА. ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДУЛЕЙ VIM, НАХОДЯЩИХСЯ В РАЗРАБОТКЕ**

	VIM556-01 (02)	VIM556-03 (04)	VIM556-05 (06)
Графический процессор	NVIDIA Quadro K2100M	AMD Radeon E9260	NVIDIA T1000
Архитектура графического процессора	Kepler (NVidia)	Baffin (AMD)	Turing (NVidia)
Техпроцесс графического процессора, нм	28	14	12
Количество ядер	576 CUDA cores	896 cores	896 CUDA cores
Частота графического процессора, МГц	665	1090	1395–1455
Производительность графического процессора	768,4 GFLOPS	1,887 TFLOPS	2,6 TFLOPS
ОЗУ	2 Гбайт GDDR5, 128 бит, 48 Гбайт/с	4 Гбайт GDDR5, 128 бит, 112 Гбайт/с	4 Гбайт GDDR6, 128 бит, 192 Гбайт/с
Интерфейс ЦП	PCIe ×8 Gen2	PCIe ×8 Gen3	PCIe ×8 Gen3
Видеовыходы	4 шт. DisplayPort	4 шт. DisplayPort	4 шт. DisplayPort
Поддерживаемые API	DirectX 11.1, OpenGL 4.3, OpenCL, CUDA C/C++, DirectCompute 5.0, Java, Python, Fortran	DirectX 12, OpenGL 4.6, Vulkan 1.3 API, OpenCL 1.2, CUDA Toolkit 8.0, CUDA Compute 6.1	DirectX 12, OpenGL 4.6, Vulkan 1.1 API, OpenCL 1.2, CUDA Toolkit 8.0, CUDA Compute 6.1
Мощность	55 Вт	50 Вт	50 Вт
Температурный диапазон, °С	-20...+70	-20...+70	-40...+65

ускорителе VIM556, который, собственно, и является платформой для «жизнедеятельности» ИИ. Это изделие уже было известно заказчикам продукции Fastwel в исполнениях 01–04, однако сегодняшнее предложение (исполнения 05–06) отличаются от предшественников кардинально. В результате полной переработки конструкторской документации и применения более современных комплектующих производительность модуля увеличилась в 3,5 раза, появилась поддержка PCIe третьей генерации, программистам доступна совместимость с библиотеками DirectX 12, OpenGL 4.6, Vulkan 1.0 API, OpenCL 1.2, CUDA Toolkit 8.0, CUDA Compute 6.1 и многое другое. Так что теперь разработчик может не только «слепить» собственный ПК, но и практически вдохнуть в него душу (искусственную). Детальное сравнение исполнений представлено в таблице ниже, соотношение производительности на Вт неуклонно растет и будет продолжать расти, что позволяет все более эффективно использовать энергию, подводящую к вычисли-

тельной системе и реализовывать все более изощренные алгоритмы обработки. Производители графических процессоров не планируют останавливаться в развитии, и уже сейчас на рынке появились такие архитектуры, как Ampere от NVidia, а следовательно, и новые исполнения VIM556 увидят свет в ближайшее время (таблица).

Для удобства заказчиков предлагается также предсобранный корпус ICC502 с установленным блоком/блоками питания. Установить нужные модули, закрутить крепежные винты — и всё? Конечно, не совсем так. Стандарт CompactPCI Serial содержит большое количество нюансов, которые можно осилить либо самим по технической документации, либо определив задачу специалистам Fastwel, которые не только подберут модули, решающие поставленную задачу, но и предоставят бесплатный комплект связующего программного обеспечения, позволяющий быстро «оживить» бездушное «железо». При необходимости функционал ПК можно

расширить покупными модулями третьих фирм, но их интеграцию в систему уже придется осуществлять своими силами.

Под серийные проекты возможна поставка предсобранных блоков по техническому заданию заказчика с проведением всех необходимых испытаний на воздействующие факторы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В нынешнее простое время крайне важно сохранить и приумножить потенциал страны в высокотехнологичных секторах промышленности, в том числе в области обороноспособности. Предметом особой гордости Fastwel можно считать тот факт, что многие изделия под этой маркой были успешно разработаны в тесном контакте с Минпромторгом и Министерством обороны в рамках государственного заказа и Президентской программы импортозамещения. Жизнь не стоит на месте, и в самом ближайшем будущем потребителей продукции Fastwel ждет немало новинок. ●