

## **R8610 - новый x86-совместимый микроконтроллер от компании RDC**

Архипов Андрей (Москва)

В одном из предыдущих номеров журнала мы рассказывали о спектре 186-совместимых микроконтроллеров фирмы RDC. Недавно линейка продукции этой фирмы пополнилась новой моделью 32-х битного x86 совместимого RISC микроконтроллера со встроенными PCI, USB и MAC контроллерами, а также возможностью работы с такими известными операционными системами, как Windows и Linux.

### **Введение**

Уже долгое время на рынке промышленной автоматизации пользуются популярностью микропроцессорные устройства, выполненные на основе x86-совместимых процессоров. Это обусловлено наличием массы средств разработки программного обеспечения под эту платформу, архитектура этих процессоров проверена годами.

С каждым годом в списке периферии промышленных систем автоматизации появляется все больше новых устройств и интерфейсов, в том числе тех, которые мы привыкли видеть на рынке настольных и портативных персональных компьютеров. Например, стандарт Fast Ethernet является весьма распространенным интерфейсом связи между элементами систем автоматизации, широко применяются в промышленных системах автоматизации USB и PCMCIA устройства. На смену шины ISA пришла более совершенная и высокоскоростная PCI. Для удобства разработки программного обеспечения все чаще применяются операционные системы Windows и Linux. В связи с этим, все большее число микроконтроллеров, предназначенных в первую очередь для систем промышленной автоматизации, имеют аппаратную поддержку вышеперечисленных интерфейсов и возможность работы с популярными операционными системами.

### **Описание микроконтроллера R8610**

Ярким примером такого микроконтроллера является модель R8610 фирмы RDC Semiconductor. Микроконтроллер построен по 32-битной RISC архитектуре и имеет совместимость с x-86 платформами Windows, Linux, и другими 32-битными RTOS. Из встроенной периферии микроконтроллер имеет кэш первого уровня размером 16 Кб, 32-битный интерфейс PCI rev. 2.1, работающий на частоте 33 МГц, SDRAM/ROM контроллер памяти, контроллер Fast Ethernet 10/100 и USB 2.0 Host. Конструктивно микроконтроллер выполнен в 216-выводном корпусе LQFP. Блок-диаграмма микроконтроллера приведена на **рис. 1**. Рассмотрим основные блоки микроконтроллера.

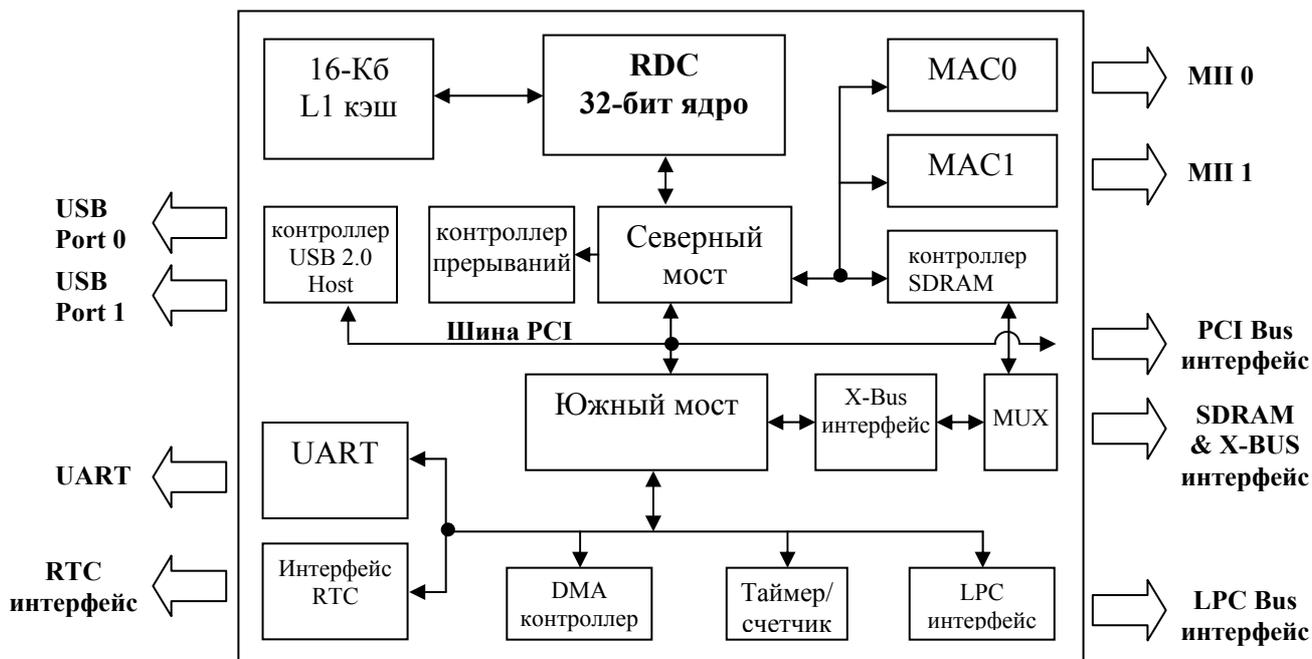


Рис. 1 Блок-диаграмма МК R8610

### Процессор микроконтроллера: 32-битное RISC ядро

Ядро микроконтроллера построено по 32-битной RISC архитектуре и имеет 6-ступенчатый конвейер. Частота работы ядра составляет 66 МГц. В сочетании с блоком управления памятью (MMU), имеющим 32 TLB (Translation Look aside buffer) буфера, процессор совместим с такими популярными многозадачными операционными системами как Windows и Linux. Набор инструкций процессора включает все инструкции процессора 486SX, дополненные командами, улучшающими производительность. Совместно с 16-килобайтным кэшем первого уровня ядро микроконтроллера можно считать весьма производительным.

### Контроллер SDRAM памяти и X-BUS интерфейс

Микроконтроллер включает в себя модуль для подключения динамической памяти. Разрядность шины данных памяти может быть 16 или 32 бита. Частота работы шины памяти составляет 133 МГц. Микроконтроллер R8610 имеет тринадцать мультиплексированных линий адреса и два банка SDRAM памяти, и позволяет поддерживать до 128 МБ адресного пространства.

Также микроконтроллер имеет интерфейс X-Bus для подключения загрузочной Flash ROM памяти или микросхемы DOC (Disk On Chip). Поддерживается разрядность шины данных 8 и 16 бит, имеются выводы выбора микросхемы (ROMCS\_n) для подключения X-Bus Flash ROM. Размер загрузочной ROM памяти может составлять от 64 КБ до 8 МБ.

### Контроллер прерываний

R8610 имеет ISA-совместимый контроллер прерываний, функционально построенный на двух контроллерах прерываний типа 82C59, соединенных последовательно (рис. 2). Таким образом, обеспечивается 13 внешних и три внутренних прерывания.

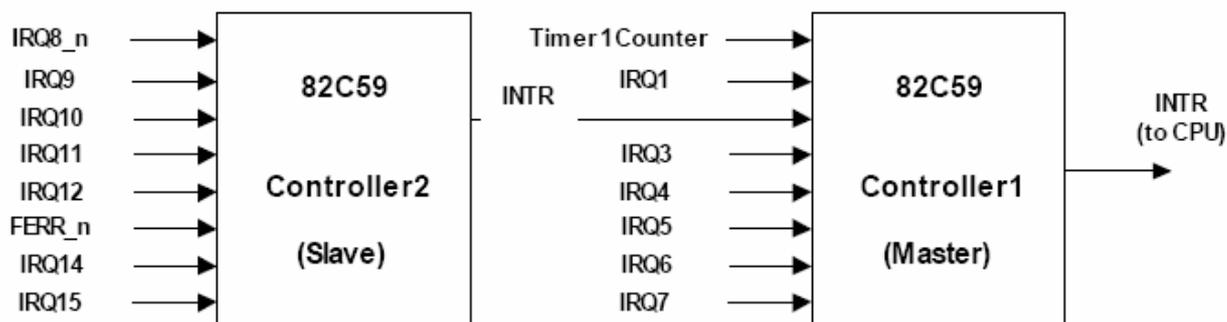


Рис. 2 Блок-схема контроллера прерываний МП К8610

Каждый из двух субконтроллеров может быть запрограммирован отдельно, после чего и они могут функционировать в разных режимах (по умолчанию контроллер прерываний работает в режиме 80x86).

### Контроллер DMA

Микроконтроллер R8610 имеет семь каналов прямого доступа к памяти. Реализованы они последовательным включением двух контроллеров 82C37 (рис. 3). Таким образом, канал 4 контроллера используется для подсоединения второго (Slave) субконтроллера и не может быть использован для другого назначения.

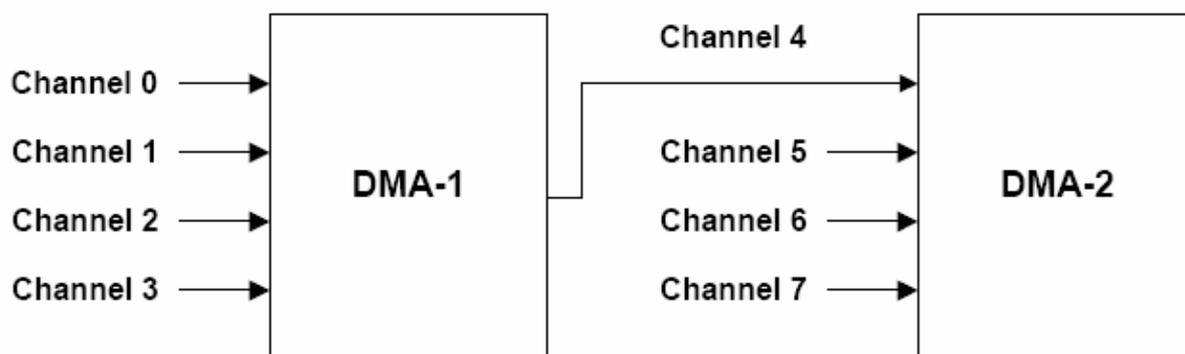


Рис. 3 Блок-схема контроллера DMA в МП К8610

Каналы 3-0 предназначены для передачи 8-битных потоков данных (count-by-bytes transfers), каналы 7-5 для 16-битных (count-by-words) со сдвигом адреса. R8610 обеспечивает контроль времени передачи и контроль размера передаваемых данных при обмене данными между памятью (ISA или DRAM) и ISA шиной ввода-вывода.

### FIFO UART

Микроконтроллер также содержит два последовательных UART порта ввода-вывода. Каждый порт содержит в себе 16-байтный FIFO буфер, позволяющий записывать передающиеся и принимающиеся данные. Также может быть запрограммирована длина слова, скорость передаваемых данных, установлено прерывание последовательного порта. Порты полностью поддерживают все управляющие линии модема. Прерывания последовательных портов позволяют осуществлять прием/передачу данных в фоновом

режиме и таким образом освободить процессорное время для работы с задачами, не связанными с приемом/передачей данных по UART.

## **LPC интерфейс**

Шина LPC (Low Pin Count) позволяет подключать к микроконтроллеру различные периферийные устройства (такие как устройства Super IO, клавиатура, мышь и т.п.) без использования ISA шины, понижая стоимость разработки по сравнению с использованием стандартных устройств ISA. Также шина LPC позволяет увеличить объем ROM памяти с 16 МБ до 4 ГБ и позволяет делать BIOS системы размером гораздо больше 1 МБ. Для шины LPC не требуется каких-либо специальных драйверов и она совершенно прозрачна для программ. Шина совместима со стандартом LPC rev. 1.0, поддерживает интерфейс на основе Firmware HUB, а также режим прямого доступа к памяти (LPC DMA).

## **GPIO интерфейс (порты общего назначения)**

Микроконтроллер содержит 56 выводов общего назначения, каждый из которых может быть сконфигурирован как цифровой вход или выход, также возможно программно подключать к каждому выводу встроенный резистор, «подтягивающий» вывод к шине питания, либо к «земле».

## **Таймеры-счетчики**

В составе микроконтроллера имеется три программируемых таймера-счетчика, совместимых с микросхемой 82C54. Каждый из трех таймеров выполняет свою ключевую системную функцию, например, канал 0 подключен к прерыванию IRQ0 и обеспечивает счет текущего времени, тайм-аут контроллера дискет и другие системные функции по подсчету времени, канал 1 используется для управления обновлением памяти, а канал 2 – для генерации сигнала для подключаемого динамика.

## **Контроллер USB 2.0**

Контроллер хоста USB 2.0 включает в себя два порта и содержит хост-контроллер спецификации OHCI, которая была разработана совместно фирмами Compaq, Microsoft и National Semiconductor, а также хост-контроллер спецификации EHCI 1.0, разработанной фирмой Intel.

Контроллер USB 1.1 поддерживает устройства, работающие на низкой (1,5 МГц) и полной (12 МГц) скоростях, поддерживает четыре вида передачи данных (control, bulk, interrupt, isochronous), поддерживает до 127 устройств одновременно. Также контроллер содержит 64-байтный FIFO буфер.

Контроллер USB 2.0 поддерживает устройства, работающие на высокой (480 МГц) скорости, четыре вида передачи данных (control, bulk, interrupt, isochronous), возможность работы с устройствами USB 1.1. и возможность подключения до 127 устройств одновременно. Также контроллер содержит два килобайтных FIFO буфера отдельно для передающего и принимающего потока данных.

## **Контроллер PCI**

Отличительной особенностью микроконтроллера является наличие шины PCI, позволяющей подключать широкий спектр периферийных PCI устройств (таких как видеоадаптер, контроллер IDE/RAID и т.п.). Шина соответствует стандарту PCI rev. 2.1, имеет разрядность 32 бита и частоту передачи данных 33 МГц (что соответствует

скорости 133 МБ/сек), микроконтроллер может быть на шине как ведущим (master), так и ведомым (slave) устройством. Также поддерживается до трех ведущих (master) устройств на шине. Для этой шины выделено четыре прерывания.

## **Контроллер Fast Ethernet**

R8610 имеет в своем составе два MAC контроллера, которые позволяют совместно с внешним драйвером физического уровня подключаться к локальным сетям и осуществлять обмен данными по протоколу Fast Ethernet. Наличие интегрированных MAC контроллеров определяет широкий спектр применения МК в области систем сбора данных, коммутации пакетов, и т.п., при этом резко снижая стоимость конечных систем. Следует также отметить, что благодаря совместимости с архитектурой x86 упрощается написание ПО для устройств на основе этого МК, работающих в локальных сетях по протоколу TCP/IP, поскольку программная реализация TCP/IP стека для этой архитектуры довольно распространена и включена в большинство x86 – совместимых операционных систем.

## **Разработка ПО для микроконтроллера R8610**

Можно заметить, что архитектура микроконтроллера R8610 имеет прямое сходство с архитектурой процессора 80486SX, и по заявлению фирмы производителя, МК полностью совместим с этим известным процессором. Следовательно, можно использовать стандартные средства разработки ПО для 32-битной платформы x86 и популярные операционные системы для архитектуры x86.

Средства разработки ПО для R8610 целесообразно выбирать в зависимости от сложности и типа устройства, в котором применяется данный МК. Для создания устройств для сложных систем управления с графическим интерфейсом можно использовать операционные системы Linux, Windows, и другие популярные RTOS совместно со стандартными средствами разработки ПО для них. Для создания относительно простых приложений можно использовать операционную систему DOS и компиляторы Turbo C++, Microsoft C, а также ассемблер. Также нельзя не заметить средства разработки от третьих компаний, например таких как Paradigm ([www.devtools.com](http://www.devtools.com)), который включает в себя отладчик, компилятор языка C и ассемблер. Использовать этот программный пакет целесообразно для разработки быстродействующих решений, в первую очередь устройств для коммутации пакетов и коммуникационных устройств.

Для отладки программ и внутрисхемной эмуляции можно использовать аппаратный интерфейс JTAG, имеющийся в составе микроконтроллера.

## Разработка аппаратной части устройства на R8610

Для примера использования микроконтроллера R8610 на рисунке 4 приведена детальная блок-схема промышленного компьютера, построенного на базе этого микроконтроллера. Промышленный компьютер имеет следующие характеристики:

- Процессор – 32-bit RDC RISC, 133 MHz (совместим с 80486SX)
- L1 кэш размером 16 КБ
- RAM – 64 или 128 МБ
- Микросхема BIOS (поддержка загрузки с IDE устройств)
- Микросхема Disk On Chip для загрузки операционной системы
- Часы реального времени
- Шина PCI rev 2.1 (слоты PCI и Mini PCI)
- 2 канала IDE
- Устройства ввода-вывода Super I/O: клавиатура, мышь, IrDa, LPT, контроллер FDC
- 2 порта USB 2.0
- 2 порта UART (с использованием контроллера Super I/O – до 4 портов)
- 2 канала Fast Ethernet
- Наличие выводов общего назначения
- Выход RGB на монитор с разрешением до 1024x768 пикселей
- Вход RGB для подключения внешних источников видео сигнала.
- Цифровой интерфейс для подключения LCD панели.
- Графический адаптер с поддержкой функций 2D и 3D ускорения с видеопамятью объемом 8 МБ.
- Питание – однополярное 5 VDC.

Рассмотрим подробнее узлы этого компьютера.

Микроконтроллер имеет встроенный тактовый генератор с умножителем. Для работы микроконтроллера на номинальной частоте требуется внешний кварц с частотой резонанса 25 МГц.

К параллельной шине микроконтроллера подключены следующие устройства:

- Оперативная память динамического типа, которая обслуживается интегрированным контроллером SDRAM памяти. В данной схеме используется одна или две микросхемы памяти фирмы SAMSUNG типа K4S511332C с организацией 32М x 16 bit, что соответствует 64 или 128 МБ оперативной памяти.
- Микросхема Disk On Chip MD2202, на которой может быть записана загрузочная операционная система и пользовательские программы. Размер Flash памяти этой микросхемы может быть в диапазоне от 16 до 1024 МБ.
- Микросхема FLASH BIOS ROM SST29EE010, объемом 1 Мбит. Это микросхема служит для начальной стадии загрузки системы, также она позволяет системе загружаться с таких устройств, как IDE, FDC и USB. Следует отметить, что FLASH BIOS ROM может быть подключена как по параллельному интерфейсу, так и по интерфейсу LPC.

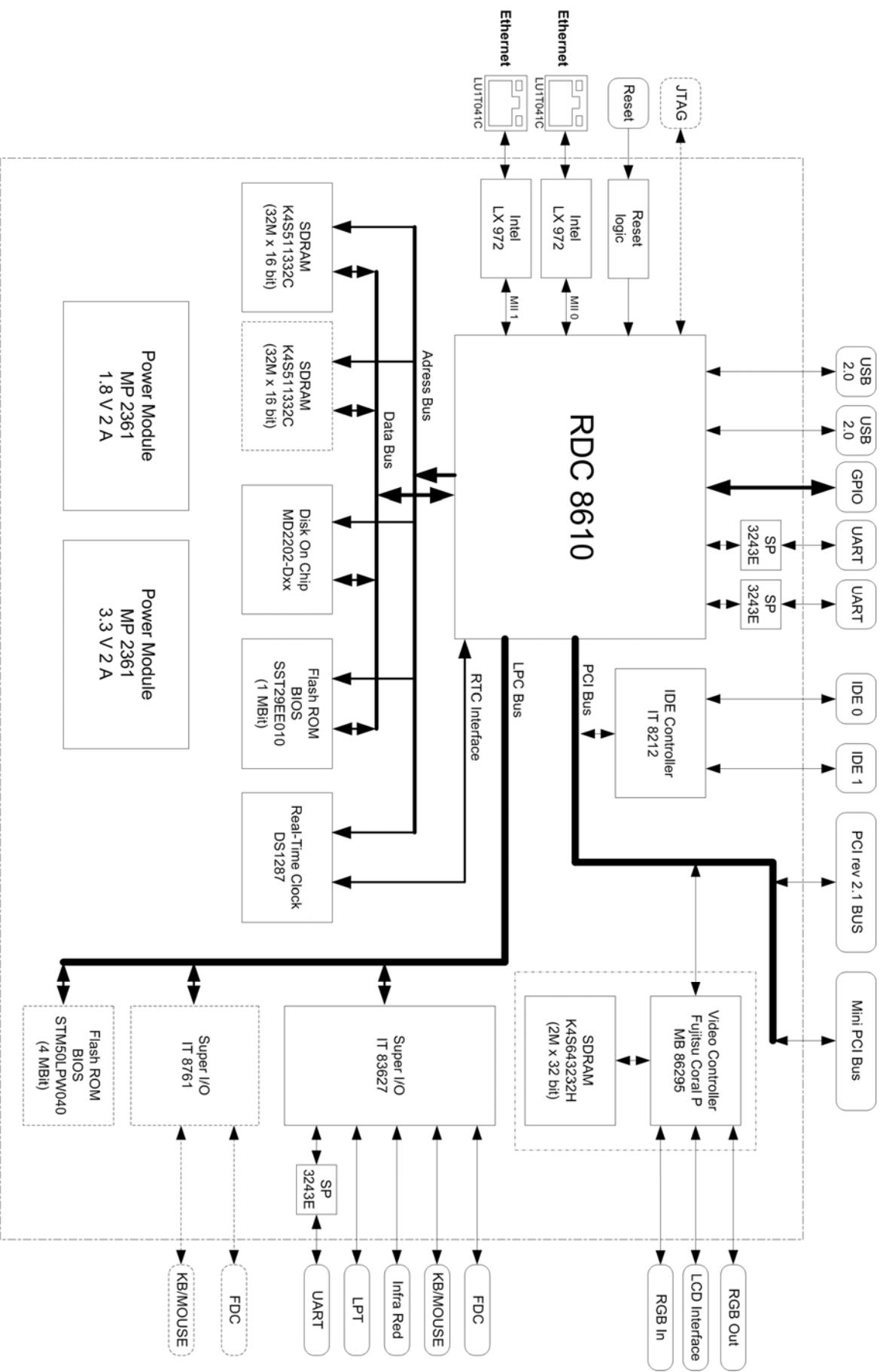


Рис. 4 Детальная блок-схема промышленного компьютера на базе МК RDC R8610

## **Часы реального времени (RTC)**

У микроконтроллера имеется RTC интерфейс, к которому подключена микросхема часов реального времени DS1287. Конструктивно эта микросхема представляет собой единый блок, включающий в себя контроллер часов реального времени, CMOS память, батарейку для сохранения хода часов и содержимого CMOS памяти при выключении питания, а также кварцевый генератор.

## **Fast Ethernet**

Компьютер имеет два канала Fast Ethernet, которые реализованы на интегрированных в МК MAC контроллерах. Здесь применены контроллеры физического уровня Intel LX 972 и разъемы LU1T041C со встроенным развязывающим трансформатором и двумя светодиодами. Для работы LX 972 требуется тактовая частота 25 МГц, которая может быть получена от встроенного генератора с подключением внешнего кварца, либо от тактового генератора микроконтроллера.

## **Порты USB**

Разъемы USB подключаются непосредственно к выводам интегрированного в МК контроллера USB 2.0 через согласующие дроссели.

## **Порты UART**

Порты последовательных интерфейсов UART подключаются через внешние драйверы SP3243E, реализующие физический интерфейс RS-232. При необходимости можно реализовать физический интерфейс RS-485, более распространенный в промышленных системах, применив для этой цели соответствующую микросхему драйвера порта.

## **Шина LPC**

К шине LPC подключен контроллер устройств Super I/O ввода-вывода IT 83627, который обеспечивает интерфейс с FDD (накопителем на флоппи-дисках), клавиатурой, мышью, инфракрасным портом IrDa. Также контроллер имеет интерфейс параллельного принтерного порта (LPT) и два последовательных порта UART, которые могут служить дополнением к существующим в составе микроконтроллера. Для тактирования IT 83627 необходим внешний кварц с резонансной частотой 32 КГц.

Вместо контроллера IT 83627, или в качестве дополнения к нему, можно использовать более простой IT 8761, обладающим меньшим набором функций.

Также к шине LPC, как уже писалось выше, можно подключить микросхему FLASH BIOS ROM, например, STM50LPW040 объемом 4 Мбит.

## **Шина PCI**

Промышленный компьютер также имеет универсальную 32-битную шину PCI, к которой могут подключаться как внешние, так и внутренние периферийные устройства. Для этого на плате компьютера может быть предусмотрен стандартный PCI слот, а также слот Mini PCI, служащий, как правило, для подключения промышленных периферийных PCI устройств.

Из PCI устройств, присутствующих непосредственно на плате компьютера можно выделить контроллер IDE устройств типа IT 8212. Он имеет два канала для подключения устройств IDE, например накопителей на жестком диске или приводов CD-ROM.

Также к PCI шине может быть подключен видеоконтроллер. В данном примере используется видеоконтроллер фирмы Fujitsu, модель MB 86295 из серии Coral P. Данный видеоконтроллер имеет достаточно большую производительность, аппаратные функции 2D и 3D ускорения, поддержку альфа-канала и аппаратных слоев изображения, что позволяет производить обработку изображений и видео в реальном режиме времени при невысокой скорости основного микроконтроллера. MB 86295 оснащен встроенным контроллером SDRAM памяти, работающим при частоте шины до 133 МГц и разрядностью шины данных 32 бита. К примеру, можно использовать микросхему SDRAM памяти SAMSUNG K4S643232H, имеющую организацию 2 Мбит x 32 бит, что соответствует 8 МБ видеопамати. Видеоконтроллер имеет стандартный RGB выход для подключения монитора и RGB вход для захвата внешнего видеосигнала, а также цифровой интерфейс для подключения LCD панели, что особенно удобно при проектировании компактных устройств. Максимальное графическое разрешение этого видеоконтроллера 1024x768 точек. Фирма-производитель предоставляет пакет программных драйверов к MB 86295 для большинства операционных систем, включая Windows CE и Linux, и гарантирует полную совместимость видеоконтроллера с этими операционными системами.

### **Источник питания**

Для питания промышленного компьютера необходим источник нестабилизированного ( $\pm 10\%$ ) напряжения 5 вольт. На плате компьютера это напряжение преобразуется в 3,3 вольта, необходимое для питания периферии микроконтроллера (как встроенной, так и внешней), а также в напряжение 1,8 вольт, необходимое для питания ядра процессора. Эти функции берут на себя модули питания на базе импульсных DC-DC конвертеров MP 2361 производства фирмы MPS. Основным достоинством контроллеров питания этой фирмы является минимальное рассеивание тепла при сравнительно больших токах нагрузки, и как следствие, очень маленькие размеры корпусов микросхем при хороших нагрузочных характеристиках. Также, благодаря высокой частоте преобразования (1,4 МГц), значительно уменьшаются габариты внешнего дросселя источника питания. Количество внешних компонентов для этой микросхемы также сравнительно невелико. Таким образом, общие размеры импульсного источника питания на базе микросхемы MP 2361 получаются очень малыми.

MP 2361 имеет 10-выводной корпус QFN размерами всего 3x3 мм. При входном напряжении от 4,75 до 23 вольт и токе нагрузки до 2 ампер, микросхема обеспечивает стабилизированное регулируемое выходное напряжение от 0,92 до 16 вольт (задается внешним резистором).

Благодаря малым размерам преобразователей и минимальными создаваемыми при их работе помехами, при грамотной трассировке печатной платы оба источника могут быть размещены в непосредственной близости к микроконтроллеру, вплоть до монтажа под микроконтроллером с обратной стороны печатной платы, сокращая тем самым длину питающих шин и соответственно помехи и падение напряжения на них.

### **Советы по проектированию**

При трассировке печатной платы необходимо учитывать, что по возможности длина проводников параллельной шины микроконтроллера должна быть примерно одинаковой, хотя фирма-производитель микроконтроллера обговаривает это условие как желательное, но не обязательное. То же самое относится и к высокочастотным линиям,

передающим тактовые импульсы. Также по возможности нужно использовать минимальное количество переходных отверстий для этих проводников.

Необходимо уделить внимание питающим шинам и особенно «земле» - по возможности делать ее как можно шире и короче. По всей площади печатной платы должны быть установлены керамические конденсаторы 0,1 мФ в цепях питания, а около разъемов USB и PCI (Mini PCI) – еще и электролитические конденсаторы достаточно большой емкости.

## Возможные области применения и преимущества R8610

Являясь практически системой на кристалле, микроконтроллер R8610 может найти такие сферы применения как построение на его основе недорогих промышленных одноплатных компьютеров, так называемых Tablet PC, систем интерфейса с пользователем для различных систем автоматизации, коммуникационных продуктов, таких как свитчи, точки доступа, локальные маршрутизаторы, платформы VoIP/VoDSL и т.д. и т.п.

| Периферия                             | RDC R8610 | AMD Elan SC520 |
|---------------------------------------|-----------|----------------|
| 32-битный PCI rev 2.1 мост            | +         | +              |
| USB 2.0 хост контроллер               | 2 порта   | -              |
| UART 16550                            | 2 шт.     | 2 шт.          |
| RTC (часы реального времени)          | +         | +              |
| MAC контроллер                        | 2 порта   | -              |
| GPIO порты общего назначения          | 56        | 32             |
| Количество внешних/внутр. каналов IRQ | 13/3      | 15/16          |
| Контроллер SDRAM                      | +         | +              |
| Таймеры-счетчики/Watchdog таймер      | 3/1       | 3/1            |
| GP шина                               | -         | +              |
| LPC шина                              | +         | -              |
| Корпус                                | LQFP      | BGA            |

Таблица 1. Сравнение RDC R8610 и AMD Elan SC520

Микроконтроллер является оригинальным и высокоинтегрированным решением с относительно низкой стоимостью, способным конкурировать с подобными решениями от других известных фирм. Для примера проведем сравнение микроконтроллера RDC R8610 с похожим 32-битным x-86 совместимым микроконтроллером, недавно выпущенным известной фирмой AMD – Elan SC520. В частности, сравним периферию этих микроконтроллеров (см. **табл. 1**)

Как можно заметить, R8610 имеет более богатый набор встроенной периферии, значительно упрощающей схемотехнику устройств, построенных на базе этого микроконтроллера и сводя к минимуму количество внешних компонентов. Необходимо также отметить, что R8610 уступает Elan SC520 по производительности, но зато он гораздо дешевле – микроконтроллер RDC R8610 доступен в России по цене около 13\$ за штуку, а AMD Elan SC520 – порядка 35\$.

Отсюда можно сделать вывод, что микроконтроллер R8610 является решением, ориентированным на применение в устройствах, где желательно минимальное количество используемых компонентов (и, возможно, малые габариты), где не требуется максимально возможная производительность процессора, а также конечная цена

устройства, и стоимость разработки играет далеко не последнее значение. Такие устройства являются большей частью российского рынка в сфере разработок, в том числе систем промышленной автоматизации и управления, из чего можно сделать вывод, что микроконтроллер R8610 может найти весьма широкое применение в России.