

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С МНОГОПОРТОВЫМИ КОММУТАТОРАМИ FAST ETHERNET

Иосиф Каршенбойм, технический специалист, ООО «Элтех»

В статье описаны микросхемы микроконтроллеров со встроенной поддержкой промышленного стандарта Ethernet. Выделены их ключевые особенности и сравнительные характеристики.

ВВЕДЕНИЕ. СТАРЫЙ И НОВЫЙ ETHERNET

Начиная с 70-х годов прошлого века, Ethernet все шире и шире разворачивается по всей планете. Растет число пользователей, ресурсы сети, объем ПО для работы в ней. Первоначально Ethernet был ориентирован только на передачу данных между компьютерами. Сегодня пользователи предъявляют к сети все новые и новые требования. Например, требования по безопасной передаче сообщений и реализации удаленной работы с локальной сетью привели к необходимости создания локальных сетей VLAN и VPN.

Сама сеть стала значительно быстрее, поэтому появилась возможность передавать по сети и медиафайлы. Но при этом потребовалось обеспечить управление качеством доставки пакетов. Требования промышленности и транспорта по управлению оборудованием по сети в реальном масштабе времени привели к модернизации протокола и появлению аппаратных средств поддержки работы в реальном времени.

В данной статье производится сравнение характеристик микроконтроллеров со встроенными Ethernet-коммутаторами, производимыми фирмами Micrel, Siemens-NEC и Broadcom. Поскольку фирмы-изготовители ориентируют свои изделия на разные сектора рынка, то и состав микросхем несколько различается.

Фирма Micrel ориентирует свое изделие на рынок бытовой и офисной электроники. Основная область применения — недорогое бытовое и офисное оборудование, в том числе модемы ADSL и оптические коммутаторы.

Изделие фирмы Siemens-NEC предназначено для промышленного сектора, и в основном — для управления оборудованием по сети в реальном масштабе времени. Основная область применения — промышленное, в том числе и цеховое оборудование, привод, преобразователи интерфейса Profibus.

Микроконтроллеры от Broadcom также предназначены для промышленного сектора передачи данных. Основная область применения — аппаратура связи с криптозащитой.

Все представленные микросхемы предназначены для работы в сетях Ethernet 10/100 Мбит/с. Почти у всех этих микросхем имеются встроенные РНУ и коммутаторы пакетов. Встроенные коммутаторы отвечают большинству требований, предъявляемых к современным уровням обслуживания в сети. Микросхемы данного класса позволяют организовывать виртуальные частные сети, перераспределяя потоки информации в соответствии с предоставляемым уровнем сервиса.

Помимо того, что в промышленных сетях Ethernet необходимо соблюдать условие детерминированной производительности, требуется использовать элементную базу, способную работать в тяжелых условиях эксплуатации. Ethernet в его «стандартной» форме не является подходящим для большинства промышленных приложений, и основным недостатком в этом случае является недетерминированная производительность при доставке сообщений. Таким образом, и аппаратные средства «классического» исполнения, и протоколы передачи данных не отвечают условиям работы в промышленности.

Именно по этой причине поставщики средств автоматизации сформировали промышленные консорциумы для выработки совместных требований к оборудованию и стандартам, и создали то, что теперь известно как «промышленный Ethernet».

Организация Profibus International (PI), выработавшая стандарт популярной сети Profibus, взялась разработать новый стандарт — Profinet, для применения сетей Ethernet в промышленности. Цель PI состояла в том, чтобы ответить на определенные потребности производства по скорости передачи сообщений с сохранением основы сети, а именно — стандартного кадра передаваемых данных и

возможности использования существующей аппаратуры передачи данных Ethernet.

PI приняла следующее решение. Специфичные для конкретного приложения задачи, такие как параметризация устройства, конфигурация, сетевая диагностика (SNMP) обрабатываются по TCP/IP-каналу. Для приложений с высокими требованиями к скорости передачи сообщений и надежности их доставки эксперты PI добавили дополнительный логический канал, работающий в реальном масштабе времени (real-time, RT). В этом канале используются стандартные аппаратные средства Ethernet и сетевые компоненты (коммутаторы), и, кроме того, применяется установление приоритетов передачи данных. Это позволяет получить детерминированное время отклика в диапазоне 1...10 мс и открывает Ethernet для промышленных приложений.

КРАТКИЕ ОПИСАНИЯ И БЛОК-СХЕМЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Для того чтобы успешно решить все проблемы, возникающие перед разработчиками, производители микроконтроллеров предложили следующее решение — объединить в одном кристалле микроконтроллер, Fast Ethernet-коммутатор и РНУ. Типичный состав такой микросхемы выглядит следующим образом: микропроцессор со стандартным ядром — ARM9 или MIPS, 1 вход WAN и 4 входа LAN плюс коммутатор этих четырех входов.

Коммутатор каналов позволяет аппаратно выполнять такие функции как, например, генерация контрольных сумм в заголовках пакетов TCP/UDP/IP, поддержка 802.1Q VLAN (виртуальная локальная сеть) и управление качеством обслуживания (QoS).

Многопортовые Fast Ethernet-микроконтроллеры со стороны микроконтроллера имеют выход на параллельную шину и/или на шину PCI (признаком наличия контроллера шины PCI является литера «P» в названии микросхемы). Контроллер шины PCI может представлять собой

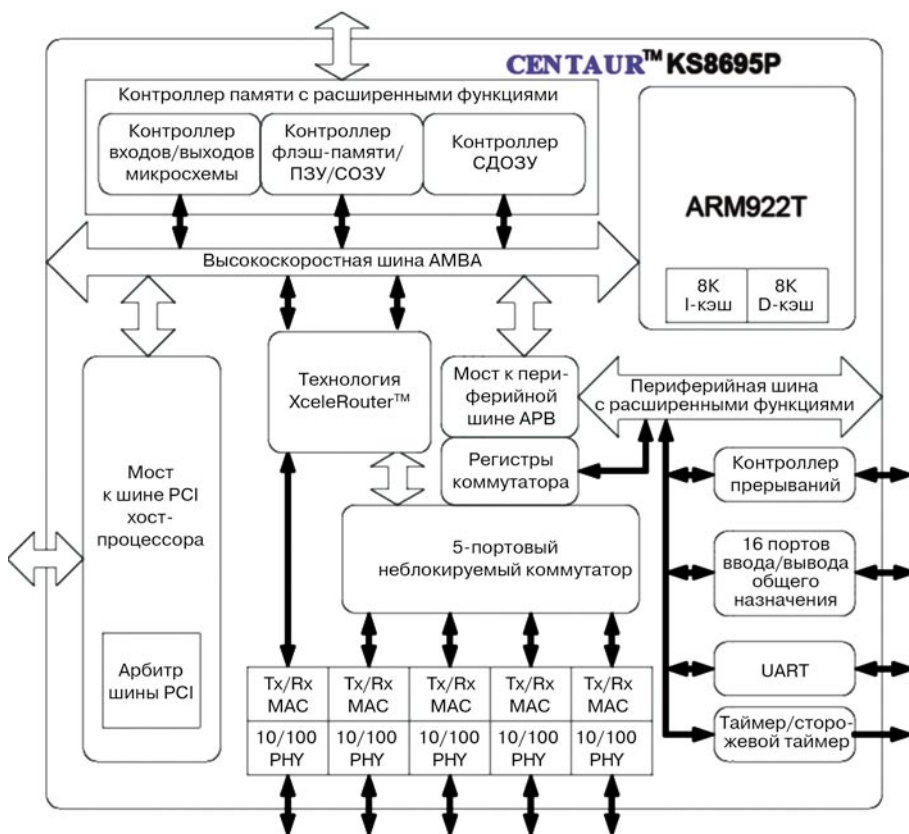


Рис. 1. Блок-схема микросхемы KSZ8695P

как «одноканальный» вариант, т.е. иметь выход только на одну шину, так и «многоканальный», с выходом на несколько PCI-шин. При этом на шине поддерживаются режимы master и target.

Для подключения памяти используется либо общая параллельная шина, к которой подключается и периферия, как у KSZ8695P (Micrel), либо специальные встроенные контроллеры интерфейса, как это сделано в ERTEC 400 и BCM5365P.

Со стороны Fast Ethernet микросхемы поддерживают стандартный набор функций, за исключением ERTEC 400, которая вообще не имеет PHY, что, несомненно, является ее недостатком. Однако будем надеяться, что в следующих ее модификациях этот недостаток будет устранен. Что касается микросхемы KSZ8695P, то она, как и все новые микросхемы фирмы Micrel, имеет расширенный диапазон сервисных функций для PHY.

KSZ8695P: МНОГОПОРТОВЫЙ FAST ETHERNET – PCI «ШЛЮЗ НА ЧИПЕ»

Блок-схема микроконтроллера CENTAUR KSZ8695 [1] приведена на рисунке 1. Эта микросхема – многопортовый Fast Ethernet–PCI-шлюз позволяет разрабатывать недорогие

комплексные решениями с большим набором возможностей для сетевых применений.

Можно выделить следующие характеристики микросхемы:

- встроенный арбитр PCI, поддерживающий до трех внешних ведущих шин;
- поддержка разнообразных протоколов, включая 802.11 a/g/b для беспроводных LAN;
- высокоэффективный центральный процессор ARM9™ с кэшем инструкций и кэшем данных объемом по 8 Кбайт, блоком управления памятью (MMU) с поддержкой Linux и WinCE®;
- технология XceleRouter™ для ускорения обработки пакетов. Аппаратная генерация контрольных сумм в заголовках пакетов TCP/UDP/IP позволяет значительно разгрузить центральный процессор;
- технология гарантированной скорости переключения в линии с поддержкой 802.1Q VLAN и управлением качеством обслуживания (QoS);
- расширенный интерфейс памяти с программируемыми 8/16/32-разрядными данными и 22-разрядной адресной шиной обеспечивает доступ к пространству общей памяти в 64 Мбайт для флэш-памяти, ROM, SRAM, SDRAM и внешних устройств.

Для ускорения разработок на базе KSZ8695 выпускается отладочный набор KS8695P.

ERTEC 400 И ERTEC 200: УЛУЧШЕННЫЙ ETHERNET-КОНТРОЛЛЕР РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

ERTEC 400 и ERTEC 200 фирмы Siemens [2–4] – улучшенные Ethernet-контроллеры реального времени, разработанные для промышленного применения. ERTEC 400 (см. рис. 2) состоит из коммутатора пакетов, четырех портов MAC и 32-разрядного микропроцессорного ядра ARM946ES, работающего на частоте до 150 МГц. ERTEC 200 (см. рис. 3) состоит из коммутатора пакетов, двух MAC, двух портов PHY и аналогичного микропроцессорного ядра.

Микросхема ERTEC 400 предназначена, в первую очередь, для устройств автоматизации и устройств, работающих по интерфейсу Profinet.

Наиболее важные характеристики микросхемы:

- все функции, необходимые для высокоэффективных системных решений в промышленности автоматизации собраны в одном кристалле (система на кристалле);
- предварительная обработка данных, поддерживаемая аппаратными средствами, увеличивает производительность и позволяет получить связь в реальном масштабе времени;
- интерфейс PCI позволяет легко производить встраивание новых узлов в системы на основе PC;
- поддержка режима Isochronous Real Time (IRT) обеспечивает быструю передачу данных;
- возможность работы в стандартном ИТ-режиме передачи данных и одновременно – неограниченная передача данных в реальном масштабе времени (Real-time/Isochronous Real-time) по одной и той же физической линии связи.

BCM5365P: ВЫСОКОИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПРОЦЕССОР С ЗАЩИТОЙ ДОСТУПА

На кристаллах микросхем BCM5365 и BCM5365P фирмы Broadcom [5] размещены пять приемопередатчиков Fast Ethernet с соответствующими блоками MAC и коммутатор пакетов. Микросхемы BCM5365 и BCM5365P содержат ядро процессора MIPS32™ с тактовой частотой до 200 МГц и интегрированную периферию: UART, GPIO, USB, интерфейсы флэш-памяти и SDRAM/DDRAM. Кроме того, BCM5365P поддерживает интерфейс PCI (см. рис. 4).

Таблица 1. Сравнительные характеристики микросхем микроконтроллеров с многопортовыми коммутаторами Fast Ethernet

Фирма-производитель	Micrel			Siemens — NEC		Broadcom	
	KSZ8695X	KSZ8695PX	KSZ8695P	ERTEC 400 *	ERTEC 200 *	BCM5364 BCM5364P	BCM5365 BCM5365P
Назначение	Встроенный высокопроизводительный шлюз	Встроенный многопортовый PCI-шлюз		Улучшенный Ethernet-контроллер реального времени		Процессоры защиты доступа с высокой степенью интеграции	
PHY							
Число портов PHY	1 + 4			—	2	1 + 4	
Число портов MAC	—			4	—	—	—
Скорость, Мбит/с	10/100						
HP Auto-MDI—Crossover	Есть			—	—	—	—
Диагностика медного кабеля	LinkMD			—	—	—	—
Коммутатор	Технология XceleRouter™ позволяет ускорить обработку пакетов. Технология гарантированной скорости переключения в линии, с поддержкой 802.1Q VLAN и QoS. 192-Кбайт буфер для данных.			192-Кбайт буфер данных IRT-коммутатор с 4 Ethernet 10/100 портами и поддержкой RT- и IRT-трафика. Подавление широковещательных пакетов.	64-Кбайт буфер данных IRT коммутатор с 4 Ethernet 10/100 портами и поддержкой RT- и IRT-трафика. Подавление широковещательных пакетов.	128-Кбайт буфер данных 5-портовый коммутатор 10/100 Ethernet с интегрированными PHY (TX/FX). Поддержка IEEE 802.1Q (VLAN); IEEE 802.1P (4 приоритетных очереди, CoS, QoS, DiffServ, ToS); IEEE 802.1D (Spanning Tree); 802.1X protocols, IP multicast, IGMP-проверка сообщений для видео, подавление широковещательных пакетов.	
Встроенный драйвер светодиодов	Есть			—	—	—	
Доп. узлы для сети	—	—	—	—	—	—	Функция IPSec
Процессор							
CPU	ARM922			ARM946ES		MIPS32	
Кэш инструкций, Кбайт	8						
Кэш данных, Кбайт	8			4			
Блоки управления памятью	MMU			4 Кбайт D-TCM Устройство защиты памяти		MMU	
Тактовая частота CPU, МГц	166			150		200	
Память на кристалле	—			8 Кбайт SRAM Загрузочное ПЗУ		—	
Интерфейсы памяти и периферии	Расширенный интерфейс памяти с программируемыми 8/16/32-разрядными данными и 22-разрядной адресной шиной (до 64 Мбайт). Тактовая частота (скорость передачи данных по шине) — 125 МГц.			Внутренняя шина ANB (тактовая частота 50 МГц). Интерфейс к внешней памяти: SDRAM контроллер, 128 Мбайт/16 бит или 256 Мбайт/32 бит SDRAM контроллер, 4 x 16 Мбайт для асинхронных блоков (8, 16, 32 бита SDRAM, Flash, I/O), для этого имеются 4 выхода «выбор кристалла». Локальная 16-битная шина (LBU).		Интерфейс флэш-памяти (до 32 Мбайт). Интерфейс SDRAM/DDRAM (до 512 Мбайт, 100 МГц).	
Периферия	16 линии входов/выводов (GPIO). Два 32-разрядных счетчика-таймера (один из них — сторожевой таймер). UART для консольного порта.			Встроенная ФАПЧ синхронизации, 2 UARTS (16550), Интерфейс SPI, Два 32-разрядных счетчика-таймера. Два 32-разрядных счетчика таймера типа «F» (сокращенный набор функций таймера), 2 сторожевых таймера, 32 линии ввода/вывода (GPIO).		GPIO, USB, UART,	
Интерфейс отладки	JTAG			JTAG (встроенная ячейка ETM9)		JTAG/EJTAG	
Поддержка PCI	—	PCI 2.1, 32 разряда/33- МГц Ведущий/ведомый 1 внешний ведущий	PCI 2.1, 32 разряда/33- МГц Ведущий/ведомый До 3 внешних ведущих	PCI 2.2, 32 разряда/66 МГц Ведущий/ведомый		PCI 2.2, 32 разряда/33 МГц Ведущий/ведомый До 4 внешних ведущих	

* Название проекта.

Фирма-производитель	Micrel			Siemens — NEC		Broadcom	
Название микросхемы	KSZ8695X	KSZ8695PX	KSZ8695P	ERTEC 400 *	ERTEC 200 *	BCM5364 BCM5364P	BCM5365 BCM5365P
Назначение	Встроенный высокопроизводительный шлюз	Встроенный многопортовый PCI-шлюз		Улучшенный Ethernet-контроллер реального времени		Процессоры защиты доступа с высокой степенью интеграции	
<i>Общие параметры</i>							
Температурный диапазон, °С	0...70 (коммерческий)			—40...85 (промышленный)			
Корпус	PQFP, 208 выв.	PBGA (19 × 19 мм), 289 выв.		FBGA, 304 выв.		PBGA, 400 выв.	
Питание	Два источника: 1,8 В — ядро и Ethernet Rx; 3,3 В — ввод/вывод и Ethernet Tx			1,5 В — ядро 3,3 В — ввод/вывод		1,8 В — ядро 3,3 В — ввод/вывод	
Потребляемая мощность, Вт	—	—	—	1	0,8	—	—
Комплектные микросхемы 10/100 РНУ и коммутаторы	Есть	—	Есть				

– NAT, Filtering (IP, TCP), Dynamic Firewall, DMZ;

– Ethernet routing, Static routing, DHCP Server/Client.

Микросхемы BCM5364 и BCM5364P отличаются от микросхем BCM5365 и BCM5365P только отсутствием аппаратного блока шифрации.

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Сравнительные характеристики микроконтроллеров с многопортовыми коммутаторами Fast Ethernet приведены в таблице 1. Из нее видно, что перечисленные микросхемы имеют довольно близкие характеристики.

Они позволяют создавать законченные изделия при минимальном числе дополнительных микросхем.

Для микроконтроллеров фирм Micrel и Broadcom необходимо добавить только ОЗУ и ПЗУ. Для микроконтроллеров фирмы Siemens — ERTEC 400 — нужны 4 микросхемы трансиверов и одна микросхема ПЗУ. Производительности процессорного ядра в данных микроконтроллерах вполне достаточно для функционирования встроенной операционной системы реального времени. Таким образом, разработка устройств, работающих по сети Ethernet, значительно упрощается.

А это значит, что в случае применения этих микроконтроллеров разработчики получают значительные преимущества как в скорости разработки, так и в качестве разработанных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *KS8695P DS v1.1.pdf*.
2. *Preliminary User's Manual ERTEC 400//www.eu.necel.com*.
3. *A17813EE1V0DS00 ERTEC 400 Datasheet*.
4. *A17812EE1V0UM00 ERTEC 400 User's Manual*.
5. *5365_5365P-PB01-R.pdf*.