

Двухканальные Ethernet-контроллеры — коммутаторы KSZ8842 и KSZ8862

Иосиф Каршенбойм

К сожалению, то, что имеет больше возможностей, далеко не всегда дается бесплатно. Довольно часто можно услышать такой вопрос: “Мы хотим, чтобы наше устройство работало через Интернет. Какой компонент для этого нужно применить, так чтобы общая стоимость изделия не возросла?” При этом уточним, что речь пойдет, в основном, об устройствах промышленного применения, а не о бытовой или офисной технике. И еще одно уточнение: выполнение разработки будет производиться в традиционном для наших разработчиков стиле, то есть путем добавления новых компонентов: микросхем и пассивных элементов, а не путем разработки новой специализированной микросхемы с новыми функциями.

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА...

Рассмотрим три типовых варианта выполнения проекта. Но, прежде чем приступить непосредственно к их рассмотрению, необходимо отметить следующее. С одной стороны, устройство, работающее по сети, имеет более привлекательные потребительские свойства и поэтому оно стоит дороже. С другой — устройство, работающее по сети (по любой сети, и в том числе по сети Ethernet), будет всегда дороже в производстве, чем устройство, работающее по линии связи “точка-точка”. Удорожание будет вызвано двумя причинами: во-первых, необходимостью обрабатывать более сложный протокол обмена данными по сети, и, следовательно, необходимостью иметь больше памяти, и, во-вторых — необходимостью применения специализированного трансивера физического уровня. И так, стоимость изделия возрастет. Но эту добавляемую стоимость можно “вложить” в различные части изделия. Соответственно с этим, мы получим различные способы выполнения проекта и в итоге несколько различных устройств с разными возможностями по обработке основных задач и задач передачи данных по сети.

Вариант “мини”

Разработчик хочет модернизировать ранее разработанное изделие. В этом варианте процессор уже выбран, причем, скорее всего это будет 8-битный микроконтроллер; программы для него, в основном, уже написаны и отлажены, память программ заполнена почти под “завязку”. Те-

зис такой разработки: “Не хочу ничего менять, но чтобы было!” Переходить на более производительный микроконтроллер, или микроконтроллер, имеющий большую память, как мы видим, разработчик не хочет. Что можно сказать в такой ситуации? Сказать можно только одно — добавлять стоимость придется в узел аппаратной реализации стека TCP/IP и трансивер физического уровня. Микросхема для реализации стека — 80% добавляемых средств и трансивер физического уровня — еще 20%. Достоинства такого подхода — нет необходимости переделывать софт, дотошно изучать и отлаживать программирование стека TCP/IP. При этом процесс разработки протекает относительно быстро. Недостатки — имеем процессор, который будет трудно запрограммировать на выполнение дополнительных функций. Производительность микроконтроллера останется на прежнем уровне, быстродействие всего устройства не увеличится, а скорее уменьшится, так как часть ресурса процессора все равно надо будет задействовать для обслуживания обмена данными по сети. Проект не будет иметь никаких дополнительных сервисных функций, которые можно было бы получить при использовании сети. Более того, производительность самого прибора при обслуживании задач пользователя в целом не меняется, так как не меняется процессор. Задачи пользователя будут выполняться с той же скоростью, что и раньше.

Вариант “макси”

Этот вариант будет представлять собой другой полюс в решении данной

проблемы. Решим проблему кардинально — заменим микроконтроллер в данном проекте. Берем производительный 16- или 32-битный микроконтроллер с достаточной памятью и со встроенным ядром MAC-контроллера. Переложим добавляемую стоимость на микроконтроллер и память — 80% и на трансивер физического уровня — еще 20%. Сначала рассмотрим плюсы. Несомненный плюс — это возможность установки встроенной операционной системы. Обычно, встроенные операционные системы уже “умеют” работать в сети и позволяют иметь различные сетевые сервисы. Но, возможно, придется потратить некоторое дополнительное время на отладку софта. Далее, поскольку в данном варианте применяется более производительный процессор, то возможно, что и задача пользователя будет обрабатываться быстрее. Кроме того, имея операционную систему, пользователь сможет получить дополнительные уровни сервиса, определяемые ею и наличием сетевого подключения. Ну а недостатки? Надо уметь устанавливать операционную систему, программировать под нее пользовательские задачи и, конечно, уметь эти задачи отлаживать.

Вариант, который мы назовем “золотая середина”

Давайте введем и определим понятие “инженерозависимость”. И этим термином мы будем квалифицировать изменяемые в проекте компоненты. Например, такие компоненты, как трансивер физического уровня, слабо “зависят” или

вовсе не “зависят” от участвующих в разработке инженеров. За исключением некоторых дополнительных функций и потребляемой мощности, трансиверы жестко регламентированы требованиями и промышленными стандартами. Выбор таких компонентов определяется скорее экономическими причинами (стоимостью, условиями поставки и т.д.). А вот микроконтроллеры можно квалифицировать как сильно “инженерозависимый” компонент. Наличие опыта работы с определенным типом микроконтроллера, библиотек из проверенных программных фрагментов кода, а также наличие отладочных программных и аппаратных средств привязывают разработчиков к тем или иным видам микроконтроллеров. Переход же на другой тип микроконтроллера всегда связан с определенными трудностями. Поэтому в данном варианте выберем следующее решение. Применим тот микроконтроллер, который разработчик знает и любит. Будем считать, что у этого микроконтроллера достаточно производительности и памяти для обработки стека TCP/IP, но нет ядра MAC. Какие же микроконтроллеры попадают в эту группу? Скорее всего, те микроконтроллеры, которые привязаны к разветвленной или к нестандартной периферии. Ну, например, стандартные микроконтроллеры, ориентированные на управление двигателями или контроллеры в FPGA. Что применяют в таком случае? “Дайте мне что-то вроде сетевой карты, а дальше я уже сам...” — вот девиз этого проекта. Достоинство — микроконтроллер и остальной проект сохраняются, недостатки — надо программировать стек TCP/IP. Хотя, как и в предыдущем случае, возможно, что стек TCP/IP будет обрабатываться во встроенной в этот микроконтроллер операционной системе. В этом варианте мы переложим всю добавляемую стоимость на контроллер Ethernet — это и будет новый компонент, который мы добавим к нашему проекту. Поскольку контроллер Ethernet уже имеет в своем составе трансивер физического уровня и буферную память для пакетов, больше никаких затрат на микросхему нам делать не придется. Заметим, что во всех вышеперечисленных вариантах мы не рассматривали стоимость пассивных компонентов: трансформатора, резисторов и конденсаторов, так как все эти компоненты должны быть задействованы в каждом из описанных выше проектов. Таким образом, возможно именно этот вариант и окажется наиболее оптимальным, поскольку он позво-

ляет сохранить наиболее “инженерозависимые” компоненты проекта и вместе с тем не требует дорогих вложений в проект.

Типичным представителем, получившим наиболее широкое применение для встроенных приложений в предыдущие годы, может послужить микросхема **CS8900**, называемая Highly-Integrated ISA Ethernet Controller. Данная микросхема подключается по параллельной шине к микроконтроллеру и “снимает с разработчика всю головную боль по поводу Ethernet”, но только на уровне Ethernet-пакетов.

Однако с введением стандарта 100 Мбит данная микросхема катастрофически устарела. То же самое можно сказать и о ее параллельной шине. Асинхронная процессорная шина также безнадежно устарела и не может осуществлять обмен данными на высоких частотах.

Так чем же можно заменить Ethernet-контроллер, так чтобы он удовлетворял всем требованиям по “снятию с разработчика головной боли по поводу Ethernet” и плюс к этому имел бы множество дополнительных функций, повышающих эксплуатационные характеристики изделия?

Один из ответов — это двухканальный Ethernet-контроллер — коммутатор KSZ8842 фирмы Micrel (www.micrel.com) [1]. Почему это только один из ответов? Просто дело в том, что на сегодняшний день уже появились микросхемы, работающие в сетях со стандартами в 1000 Мбит/с и в 10 Гбит/с. Но ведь мы рассматриваем здесь решения для промышленных применений, а там в большинстве случаев будет достаточно производительности сети в 100 Мбит/с. При этом контроллеры-коммутаторы, работающие в сетях 100 Мбит/с, без сомнений, будут иметь выигреш в цене.

Фирма Micrel на сегодняшний день выпускает три варианта таких контроллеров. Первый — **KSZ8842**. Это двухканальный контроллер Ethernet, имеющий обычную микропроцессорную шину или шину PCI. Второй — **KSZ8841**. Он отличается от KSZ8842 только тем, что имеет один канал Ethernet. И поскольку обе эти микросхемы pin-to-pin заменимы и отличаются только ценой, то далее мы будем рассматривать только KSZ8842.

Третий контроллер — **KSZ8862**. Этот контроллер был спроектирован для удешевления разработки устройств медиаконвертеров, которые позволяют передавать сигналы из медных проводов в оптоволокно.

Области применения контроллеров Ethernet:

- видеосистемы для передачи по сети;
- высокопроизводительные кабельные, спутниковые и IP set-top boxes;
- видео по IP;
- голос по IP (VoIP) и аналоговые телефонные адаптеры (ATA);
- промышленные системы управления и контроля, критичные ко времени выполнения;
- управление двигателями;
- промышленные устройства контроля датчиков (температура, давление, уровни и клапаны);
- охранные системы и камеры наблюдения.

МИКРОСХЕМА KSZ8842 — ПЕРВЫЙ ВЗГЛЯД

Блок-схема двухканального Ethernet контроллера-коммутатора приведена на рис. 1. Здесь показаны основные узлы KSZ8842:

- два малопотребляющих 10/100 приемопередатчика;
- два блока MAC;
- канал прямого доступа к памяти (DMA);
- высокоскоростной неблокирующий коммутатор;
- внутрикристалльная память для таблицы обработки адресов — 1 КБ и внутрикристалльная память для буферов кадров данных;
- интерфейс с процессором, разрядностью 8/16/32 бит, поддерживающий синхронные и асинхронные операции.

KSZ8842 может быть сконфигурирован, как коммутатор (switch) или как репитер с низким временем ожидания (J310 наносекунд), для встроенных или промышленных Ethernet устройств.

Со стороны интерфейса Ethernet KSZ8842 имеет полный набор стандартных функций. Кроме того, KSZ8842 предлагает расширенный набор возможностей, который включает:

- работу в виртуальной сети на основе тега или порта — tag/port-based VLAN;
- качество обслуживания (QoS) с приоритетным управлением;
- счетчики событий, основанные на информации (MIB);
- интерфейс управления/данных от центрального процессора, чтобы эффективно обрабатывать адреса для приложений Fast Ethernet.

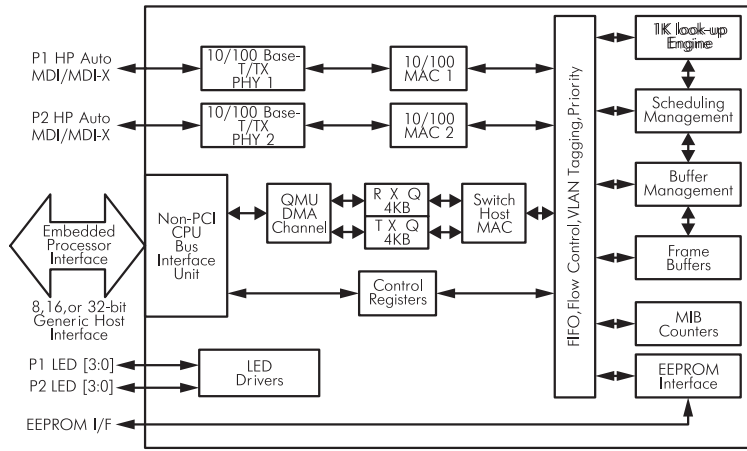


Рис. 1. Блок-схема микросхемы KSZ8842

МИКРОСХЕМА KSZ8862: ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Микросхема KSZ8862 отличается от KSZ8842 только тем, что в ее состав добавлены два блока: усилитель для передатчика, работающего на оптический канал связи, и усилитель для сигналов, поступающих от оптического приемника. Таким образом, микросхема KSZ8862 специально оптимизирована для работы с оптической линией связи. Поскольку других существенных отличий микросхема KSZ8862 не имеет, то дальше в статье будут описываться возможности и функции микросхемы KSZ8842.

ВОЗМОЖНОСТИ МИКРОСХЕМЫ KSZ8842

Управление коммутатором

Неблокируемый коммутатор пакетов осуществляет быструю доставку пакетов, используя специальную таблицу (1 КБ) переадресации пакетов. Он полностью совместим со стандартом IEEE 802.3u. Управление потоком данных производится как в режиме полный дуплекс IEEE 802.3x с опцией режима force, так и в режиме полудуплекс, при этом может быть использован режим обратного давления.

Расширенные режимы управления коммутатором

Режим виртуальной сети — VLAN в соответствии с IEEE 802.1Q — поддерживается до 16 групп (полный диапазон VLAN идентификаторов).

VLAN идентификатор на основе tag/untag и на основе порта.

В соответствии с IEEE 802.1p/Q производится вставка или удаление тега в данных для виртуальной сети на основе порта.

Программируемое ограничение объема принимаемых и передаваемых данных для порта.

Защита от лавины широковещательных пакетов.

В соответствии с IEEE 802.1d поддержка протокола spanning tree.

Функция фильтрации MAC, для того чтобы фильтровать и не отправлять пакеты по неизвестным индивидуальным (unicast) адресам.

Прямой режим forward, дающий возможность процессору идентифицировать входной и выходной порты.

Поддерживается протокол поиска по Internet Group Management Protocol (IGMP) v1/v2 для групповой фильтрации пакета.

Поддерживается протокол поиска IPV6 Multicast Listener Discovery (MLD).

Контроль над принимаемой информацией

Для порта — отзеркаливание/мониторинг/пассивное прослушивание сети: входящий и/или исходящий трафик для любого порта.

MIB счетчики для сбора статистики — 34 MIB счетчика на порт.

Режимы Loopback и диагностики отказа на дальнем конце линии.

Доступ ко всем регистрам

Управление оперативной перестройкой конфигурации через регистры (приоритет порта, 802.1p/d/Q).

QoS/CoS Поддержка приоритизации пакетов

Основанная на порте, на 802.1p и DiffServ.

Ремаппинг поля приоритетов по 802.1p для каждого порта.

Режимы снижения потребляемой мощности, питания, температуры, корпуса

Режим снижения мощности для всей микросхемы.

Режим уменьшения потребляемой мощности на каждый порт PHY (обнаружение состояния линии idle, конфигурация регистров сохраняется).

Единственное электропитание: 3,3 В. Коммерческий температурный диапазон: 0 — +70°C.

Индустриальный температурный диапазон: -40 — +85°C.

Доступны в корпусах PQFP с 128 входами (возможно в корпусах LQFP с 128 входами).

Доступны в 16-битной версии для 8/16-битной шины данных и в 32-битной версии для 32-разрядной шины данных.

Дополнительные возможности

В дополнение к перечисленным возможностям имеется интегрированный коммутатор пакетов для Layer-2, что дает дополнительные возможности. Это:

- реализация режима репитер;
- Динамическая буферная схема памяти, необходимая для приложений типа Видео по IP, где флуктуация изображения недопустима;
- коммутатор на 2 Ethernet-порта с программно-конфигурируемыми шинами для подключения к интерфейсу процессора хоста на 8, 16 или 32 разряда;
- кабельная диагностика по технологии Micrel LinkMD позволяет диагностировать дефектные кабели и определять расстояние до дефекта;
- Автопереключение входов Tx/Rx по Hewlett Packard (HP) MDI-X с функциями запрета и разрешения позволяет упростить кабельный монтаж;
- четыре приоритетные очереди для обработки пакетов разного содержания, например для голоса, видео, данных, и управляющие пакеты;
- способность передавать и получать кадры данных гигантского размера — до 1916 байт.

КРАТКИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ОБЗОР

Трансиверная часть микросхемы

Трансиверная часть микросхемы выполнена совершенно стандартно по сравнению с обычными трансиверами, кроме двух моментов, о которых необходимо сказать отдельно. Это автопереключение входов MDI/MDI-X и диагностика кабеля по технологии LinkMD. Эти же две функции встроены во все новейшие микросхемы трансиверов, которые выпускает фирма Micrel.

Автопереключение входов MDI/MDI-X

Автопереключение входов Tx/Rx по Hewlett Packard (HP) MDI-X с функциями запрета и разрешения позволяет упростить кабельный монтаж.

В табл. 1 приведено расположение сигналов по контактам в разъеме при прямом и перекрестном соединениях. Входная часть микросхемы может самостоятельно определить, подключена ли она к выходу передатчика. Если определение происходит успешно, то принимается текущее расположение входов и выходов.

В том случае, если определение не происходит успешно, то производится попытка определить расположение выводов при перекрестном соединении. Если определяется перекрестное соединение, то оно и принимается за рабочее.

Это позволяет соединять устройства независимо от того, как выполнено другое устройство и какой тип кабеля прямой или перекрестный применяется. Данная функция может быть программно разрешена или запрещена, что выполняется записью соответствующих кодов в регистры управления.

Кабельная диагностика по LinkMD

KSZ8842 LinkMD использует технологию time domain reflectometry (TDR), для

того чтобы анализировать такие обычные для кабелей отказы, как обрывы в линии, короткие замыкания и несоответствие импеданса.

LinkMD работает следующим образом: в линию посылается импульс известной амплитуды и продолжительности и затем производится анализ формы отраженного сигнала. Положение отраженного импульса относительно посылаемого импульса и продолжительность отраженного импульса дает индикацию относительно расстояния до аварии в кабеле. Максимальное расстояние — до 200 м и точность — ± 2 м. Внутренняя схема отображает информацию от TDR в удобочитаемом пользователем цифровом формате.

Кабельная диагностика работает только для медных подключений.

MAC и коммутатор

Наиболее сложная часть микросхемы — MAC и коммутатор. Именно эти узлы и повышают производительность микросхемы по сравнению с обычным вариантом MAC + CPU. Поскольку все перечисленные здесь основные и дополнительные функции выполняются аппаратно, не требуя ресурса от CPU, это позволяет значительно упростить разработку устройства в целом.

Поиск MAC-адреса

Внутренняя поисковая таблица хранит MAC-адреса и связанную с ними информацию. Она состоит из 1 КБ таблицы выделенных из пакетов одноадресных (unicast) адресов, плюс информацию для коммутатора.

Изучение поступающих из линии адресов

Внутренний механизм поиска обновляет таблицу адресов новым, находящимся в пакете адресом, если выполнены следующие условия:

- в полученном пакете адрес отправителя — Source Address (SA) — не существует в поисковой таблице;
- полученный пакет имеет признаки правильного пакета, то есть не были получены ошибки при приеме, размер пакета имеет правильную длину.

Механизм поиска вставляет новый SA в таблицу, наряду с номером порта и временной меткой. Если таблица за-

полнена, последняя запись в таблице удаляется, чтобы создать место для новой записи.

Перемещение устройства

Внутренний механизм поиска также контролирует, изменялось ли местоположение станции. Если абонентов станции перекоммутировали относительно ее портов, то в этом случае необходимо обновить таблицу адресов. Перемещение происходит, когда выполнены следующие условия:

SA полученного пакета находится в таблице, но связанная с ним исходная информация о порте отличается от той, что пришла в пакете;

полученный пакет имеет признаки правильного пакета, не были получены ошибки при приеме, и размер пакета имеет правильную длину.

Механизм поиска обновляет существующую запись в таблице с новой исходной информацией порта.

Старение таблицы

Механизм поиска обновляет информацию временной метки записи в таблице всякий раз, когда появляется передача SA. Временная метка используется в процессе старения. Если отчет не модифицирован сроком на текущее время, то механизм поиска удаляет запись из таблицы.

Механизм поиска постоянно работает, производя обновление записей в таблице, а устаревшие записи — удаляет. Период старения — приблизительно 200 секунд. Этот параметр можно разрешить или заблокировать в программно-доступных регистрах управления.

(Продолжение следует)

Таблица 1. Расположение сигналов по контактам в разъеме при прямом и перекрестном соединении

MDI		MDI-X	
RJ45		RJ45	
контакты	Сигналы	контакты	Сигналы
1	TD+	1	RD+
2	TD-	2	RD-
3	RD+	3	TD+
6	RD-	6	TD-