

ETHERNET-РЕШЕНИЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ: ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА

А.Андреев, С.Гусев, С.Шумилин

Технологии Ethernet за последние годы глубоко проникли в нашу жизнь. Если изначально сети Ethernet применялись только для соединения компьютеров, то сегодня на их основе строят охранные и противопожарные системы, сети цифрового ТВ-вещания и телефонии, организуют удаленный мониторинг и управление различными промышленными объектами. Уже никого не удивляет, что обычный кухонный холодильник или микроволновка могут быть подключены через Ethernet к Интернету. Такая популярность интерфейса Ethernet обусловлена множеством факторов: высокой скоростью передачи данных, простотой организации линий связи, высокой надежностью соединения и защитой от различного рода электромагнитных помех. Неудивительно, что Ethernet востребован и разработчиками специальной техники. Однако до последнего времени для его реализации не было отечественной элементной базы. Ситуация изменилась с появлением интегральных схем компании "ПКК Миландр", позволяющих реализовать интерфейсы Ethernet в специальной аппаратуре.

Сеть Ethernet обычно строится по схеме "звезда" – оконечные устройства на концах линии связаны с центральным узлом. Сетевой коммутатор в центральном узле транслирует информацию между оконечными устройствами. Возможна и организация сети по принципу гирлянды, когда оконечное устройство, помимо основной своей задачи, выполняет роль сетевого коммутатора и передает пакеты далее по цепочке. Такой способ построения позволяет значительно сократить затраты на прокладку линий связи по периметру объектов, особенно в случае организации охранных или противопожарных систем. Таким образом, для построения сети необходимы микросхемы как для реализации оконечных устройств, так и для коммутации сети в целом.

С 2010 года компания ЗАО "ПКК Миландр" активно развивает тематику Ethernet в области специальной техники и встраиваемых приложений. Уже ведутся поставки ряда специальных

микросхем, позволяющих организовать полноценную сеть Ethernet без применения импортных микросхем (см. таблицу).

Сетевой концентратор 5600BB2U (рис.1) содержит четыре порта со встроенными приемопередатчиками физического уровня Ethernet со скоростью 10 Мбит/с (10Base-T в соответствии со стандартом IEEE 802.3), порт расширения и блок коммутации, обеспечивающий передачу пакетов между портами устройства. ИС 5600BB2U реализует простейший механизм передачи сообщений: принятый пакет по одному из каналов передается на все остальные каналы.

Один из недостатков концентраторов – каждый пакет передается всем узлам сети, даже если отправитель и получатель находятся на соседних ветках. В результате снижается общая пропускная скорость сети. Чтобы избежать передачи лишних пакетов, используются сетевые коммутаторы. В отличие от концентраторов, коммутаторы извлекают

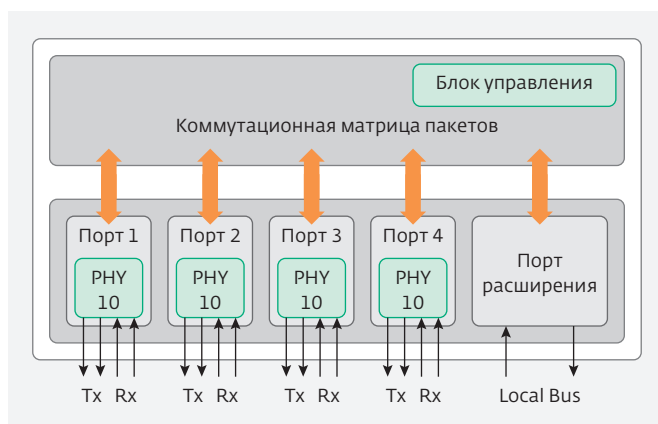


Рис.1. Сетевой коммутатор 5600BB2У

из заголовка принимаемых Ethernet- пакетов адреса отправителя и получателя. На основе статистики адресов отправителей можно определить, в каком канале находится устройство с заданным адресом. Зная эту информацию, коммутатор пересылает пакет только в нужный канал. Если же коммутатор не может определить, в какой порт направлять пакет, он передает его во все каналы.

Функции **четырёхпортового сетевого коммутатора** реализует ИС **5600BB3Т** (рис.2). Она содержит

четыре порта со встроенными физическими приемопередатчиками и контроллерами MAC-уровня (MAC – Media Access Control, нижний подуровень канального уровня). Пятый канал оснащен только MAC-контроллером и предназначен для объединения двух микросхем в единый восьмипортовый коммутатор. ИС содержит промежуточную память пакетов и таблицу MAC-адресов на 2048 записей. Когда таблица MAC-адресов полностью заполняется, новые адреса добавляются вместо адресов, используемых наиболее редко. В контроллере реализован и механизм удаления давно не используемых адресов, что препятствует "залипанию" адресации, – например, когда сетевой провод переключен с одного порта коммутатора на другой.

Пакеты передаются коммутатором только после проверки их целостности. Если на один из портов назначены для передачи несколько пакетов, они транслируются в порядке приема (первым – самый старый пакет). В случае переполнения очереди пакетов какого-либо порта отбрасывается наиболее старый из них. Такая ситуация может возникнуть, например, если большой объем данных передается с порта, работающего со скоростью 100 Мбит/с, на порт, поддерживающий лишь 10 Мбит/с.

Микросхемы с поддержкой Ethernet компании "Миландр"

	5600BG1У	5600BB2У	5600BB3Т	1986BE1Т	1986BE3Т
Назначение	Контроллер Ethernet MAC+РНУ	Сетевой коммутатор Ethernet	Сетевой коммутатор Ethernet	Микроконтроллер с контроллером Ethernet MAC+РНУ	Микроконтроллер с двумя контроллерами Ethernet MAC+РНУ
Интерфейс Ethernet	10 Base-T	10 Base-T	10 Base-T 100 Base-T	10 Base-T 100 Base-T	10 Base-T 100 Base-T
Число портов	1	4 + порт расширения	4 + порт расширения	1	2
Корпус	64 вывода H18.64	64 вывода H18.64	132 вывода 4229.132-3	132 вывода 4229.132-3	240 выводов 4245.240-5
Напряжение питания, В	4,5–5,5	4,5–5,5	3,0–3,6	3,0–3,6	3,0–3,6
Рабочий температурный диапазон рабочих температур, °С	–60...85	–60...85	–60...85	–60...125	–60...125
Статус	Перечень МОП 2010 год	Перечень МОП 2010 год	Образцы, окончание ОКР 2014 год	Перечень МОП 2013 год	Перечень МОП 2013 год

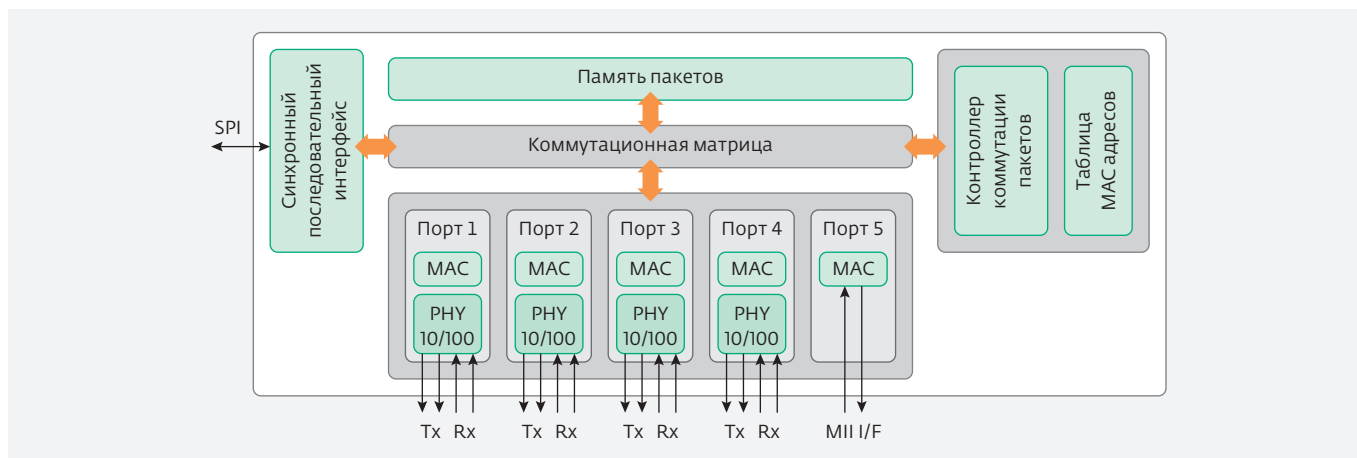


Рис.2. Сетевой коммутатор 5600BB3T

Контроллер сети Ethernet 10Base-T реализован в отдельной микросхеме 5600ВГ1У (рис.3). Он предназначен для сопряжения сети Ethernet с оконечным устройством и обеспечивает обмен данными в дуплексном и полудуплексном режимах со скоростью 10 Мбит/с. ИС содержит контроллеры физического и MAC-уровней Ethernet, а также буферы принимаемых и передаваемых пакетов. Связь с внешним микропроцессором возможна по интерфейсу SPI или по параллельной 16-разрядной системной шине. Контроллер самостоятельно собирает и отправляет пакеты, т.е. процессору достаточно лишь положить данные в буфер передаваемых пакетов и задать необходимые параметры. Принимаемые пакеты можно фильтровать как по MAC-адресам (индивидуальным или групповым), так и по типу пакета.

Развитием линейки Ethernet-решений стал 32-разрядный микроконтроллер 1986BE1T со встроенным контроллером Ethernet 10/100 Base-T (рис.4).

Он был разработан в конце 2011 года и ориентирован для авиационных применений. Микроконтроллер построен на базе высокоскоростного 32-разрядного RISC-ядра с максимальной тактовой частотой 144 МГц. Объем встроенной энергонезависимой флэш-памяти программ – 128 Кбайт, ОЗУ данных – 48 Кбайт. Для подключения и взаимодействия с внешними устройствами предусмотрена внешняя системная шина и контроллер прямого доступа к памяти (DMA).

Встроенный контроллер Ethernet содержит приемопередатчики физического и MAC-уровней. Он обеспечивает передачу данных на скоростях 10 и 100 Мбит/с в дуплексном и полудуплексном режимах. Доступ к Ethernet-контроллеру возможен как со стороны процессорного ядра по высокоскоростной 32-разрядной шине, так и со стороны внешних устройств через контроллер DMA. Это позволяет обеспечить высокую скорость обработки принятых пакетов с минимальным отвлечением ресурсов процессора.

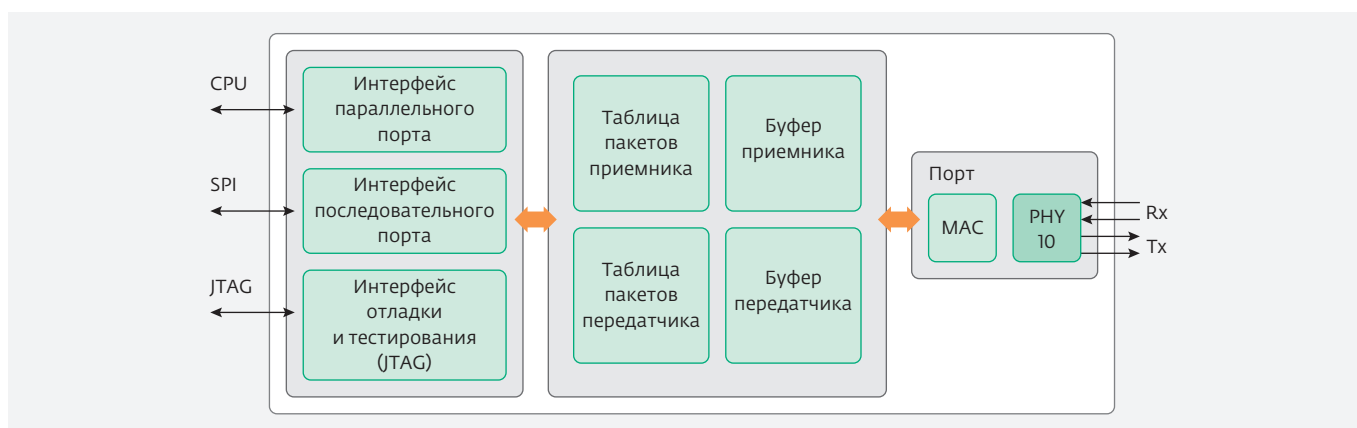


Рис.3. Контроллер Ethernet 10Base-T 5600ВГ1У

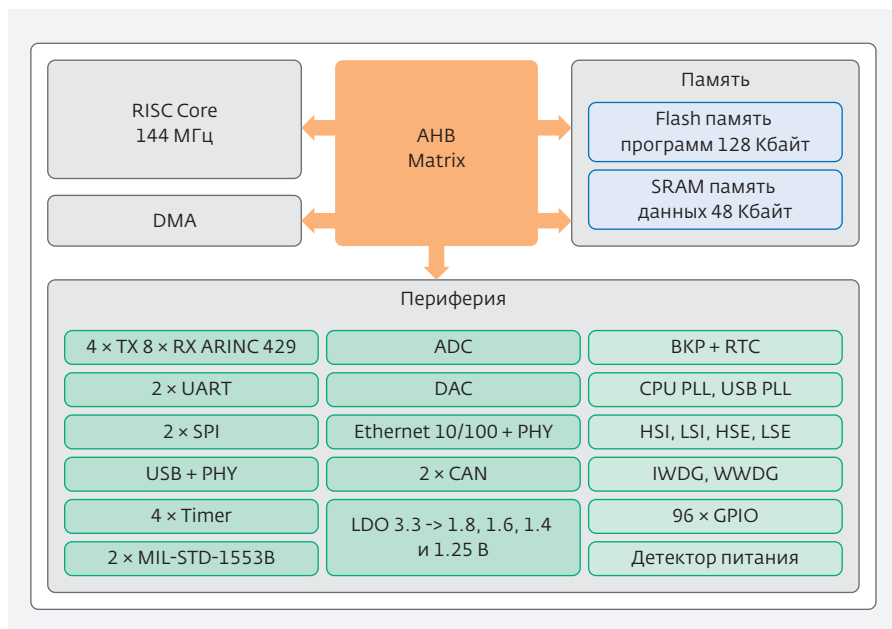


Рис.4. Структурная схема микроконтроллера 1986BE1T

Кроме Ethernet-контроллера, в состав микросхем входят два контроллера интерфейса МКИО (ГОСТ Р 52070-2003, MIL-STD-1553B) и контроллер интерфейса ARINC 429 (ГОСТ 18977-79). Каждый

контроллер МКИО содержит два канала и может работать в режиме контроллера шины, оконченного устройства или монитора. Контроллер ARINC 429 содержит восемь приемников и четыре передатчика. Каждый приемник поддерживает функцию распознавания до 16 меток (по 8 бит). Также в состав ИС 1986BE1T входят два контроллера шины CAN, три контроллера SPI, два контроллера UART, контроллер USB.

Одна из основных задач, для которой был создан микроконтроллер, – управление двигателями и приводами в авиационной технике. Поэтому ИС содержит четыре универсальных 32-разрядных таймера, каждый из которых включает четыре независимых канала. Каналы могут работать как в режиме захвата (фиксация значений таймера по внешнему событию), так и в режиме ШИМ. Кроме того, в состав ИС включены высокоточные

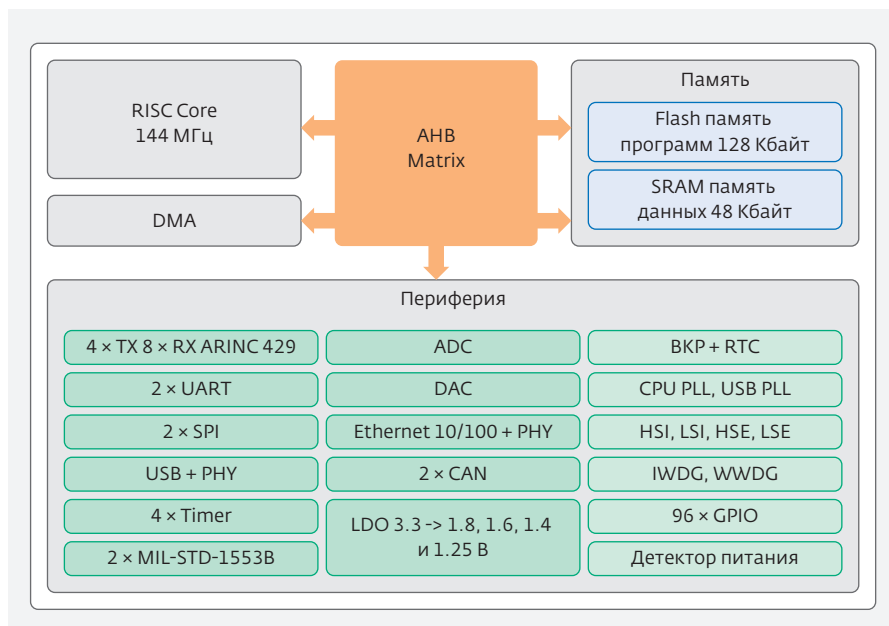


Рис.5. Структурная схема микроконтроллера 1986VE3T

аналоговые блоки, такие как 12-разрядный восьмиканальный АЦП, двухканальный ЦАП, а также схема компаратора и датчик температуры. Это позволяет на базе одной микросхемы создавать, например, бортовые системы управления двигателями и системы обработки данных.

Дальнейшим развитием микроконтроллеров с Ethernet-интерфейсом стал 32-разрядный микроконтроллер 1986VE3T с двумя независимыми встроенными контроллерами Ethernet 10/100 Base-T (рис.5). Помимо двух Ethernet-контроллеров, в ИС увеличено число контроллеров интерфейсов UART и SPI, добавлены контроллеры клавиатуры и ЖК-дисплея, аудио-SD-ЦАП и АЦП. Число портов общего назначения увеличено до 144, микросхема выпускается

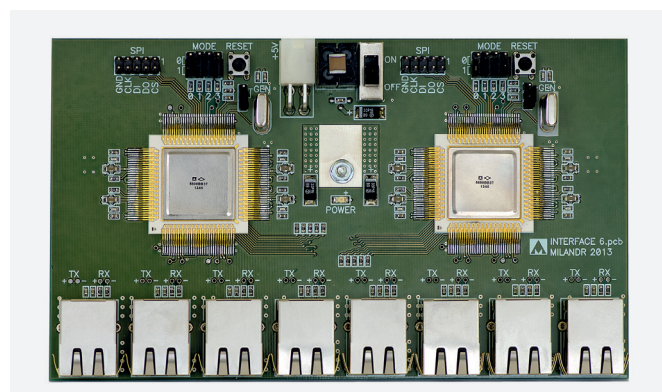


Рис.6. Демонстрационные платы а) для микроконтроллера 1986VE1T, б) для микросхемы 5600VB3T

в 240-выводном корпусе. Столь развитый набор периферии и интерфейсов позволяет использовать микроконтроллер 1986VE3T в системах специального назначения, например в качестве основного контроллера пульта оператора АСУ.

Благодаря двум контроллерам Ethernet, 1986VE3T можно применять в качестве шлюза между внешней сетью и сетью, организованной в составе оборудования. Кроме того, с помощью ИС 1986VE3T можно строить Ethernet-сети с архитектурой кольца. Такая топология крайне редко используется в компьютерных Ethernet-сетях, но находит применение в промышленных сетях автоматизированных систем управления

технологическими процессами (АСУ ТП). Преимущество кольцевой топологии в задачах АСУ ТП – минимизация кабельных линий. Каждое устройство такой сети выполняет функцию ретранслятора, что обеспечивает высокую стойкость к внешним помехам. Очевидно, что для построения подобных устройств наиболее оптимальна микросхема с двумя встроенными Ethernet-контроллерами.

Еще одна важная задача для ИС с двумя Ethernet-контроллерами – резервирование сети по числу каналов. В случае выхода из строя одного из каналов обмена происходит переключение на резервный канал. Такая возможность особенно актуальна в специальных задачах.

Для ускорения процесса разработки новой аппаратуры компания ЗАО "ПКК Миландр" предлагает различные демонстрационно-отладочные модули (рис.6). Для микроконтроллеров на сайте компании можно скачать демонстрационные примеры программ, реализующих в том числе работу с интерфейсом Ethernet. Для микроконтроллеров 1986VE1T и 1986VE3T портированы TCP/IP-стеки lwIP и uIP с реализацией telnet-клиента и web-сервера, системная библиотека включает примеры работы ICMP-клиента и ICMP-сервера и др.

Таким образом, используя микросхемы ПКК "Миландр", разработчики могут создавать различные системы с интерфейсом Ethernet, в том числе – решения для специальной аппаратуры и систем. ●