

СТЕК ПРОТОКОЛОВ TCP/IP. ПОДДЕРЖКА ENC28J60

Сетевые технологии, появившиеся с широким распространением персональных компьютеров, прочно укрепились во многих областях применений:

- системы сетевого мониторинга объектов
- голосовые приложения — IP-телефония
- автоматизация зданий
- промышленная электроника
- развлечения

Причем во многих случаях разработчики отказываются от применения дорогих и избыточных персональных компьютеров, переложив выполняемые задачи на микроконтроллеры. Именно для организации таких систем Microchip выпустил новую микросхему — Ethernet-контроллер ENC28J60. Это полностью автономный контроллер, поддерживающий обмен данными в сетях Ethernet по витой паре.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- Совместимость со стандартом IEEE 802.3
- Поддержка уровней MAC и 10BASE-T PHY
- Поддержка порта 10BASE-T с автоопределением полярности
- Полный и полудуплекс
- Программируемый повтор передачи при возникновении коллизии
- Автоматическое выравнивание генерации контрольной суммы
- Автоматический отброс ошибочных пакетов
- Интерфейс SPI со скоростью до 10 Мбит/с

ВОЗМОЖНОСТИ:

- Два программируемых светодиода для отображения состояния работы

- Семь источников прерываний, объединенные в два выходных сигнала
- Тактовая частота 25 МГц
- Вывод тактовой частоты с внутренним делителем
- Напряжение питания 3,14.. 3,45 В
- TTL-толерантные входные сигналы
- Индустриальный и коммерческий (только в SSOP) температурные диапазоны
- Корпуса 28 ножек SPDIP, SSOP, SOIC, QFN

Микросхема ENC28J60 является автономным контроллером Ethernet 10BASE-T, полностью соответствующим спецификации IEEE. 802.3. Для связи с хост-устройством реализован интерфейс SPI.

Для удобства работы большинство блоков в микросхеме реализованы аппаратно, такие, как фильтр входящих пакетов, вычисление контрольных сумм, внутренний канал DMA и т.д.

Помимо автономного Ethernet контроллера компания Microchip Technology Inc. начинает массовое производство микроконтроллеров со встроенным Ethernet контроллером.

СТЕК ПРОТОКОЛОВ TCP/IP ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ MICROCHIP

Как известно, компания Microchip уже в течении нескольких лет предлагает реализацию стека протоколов TCP/IP для микроконтроллеров PIC16 и PIC18. В качестве базового контроллера Ethernet предлагалось использовать микросхему производства Realtek. С появлением нового Ethernet-контроллера ENC28J60 и микроконтроллеров новых семейств Microchip переработал ПО стека. Основные особенности обновленного стека:

- Поддержка микроконтроллеров PIC18 (в том числе и со встроенным Ethernet), PIC24 и dsPIC
- Драйвер для работы с ENC28J60
- Поддержка работы DNS
- Поддержка пространства имен NetBIOS
- Технология развертывания сети (Ethernet Device Discovery)

Теперь поддерживаются следующие протоколы:

- ARP
- IP
- ICMP
- UDP
- TCP
- DHCP
- SNMP
- HTTP
- FTP
- TFTP

Изначально сетевые протоколы разрабатывались для персональных компьютеров и ЭВМ, имеющих большой объем памяти и высокую производительность и использующих многозадачные операционные системы. При разработке стека для микроконтроллера, который не имеет столь выдающихся характеристик, стояла задача получить компактное решение, не основанное на многозадачности и использующее минимальный объем памяти программ и данных. Программисты Microchip справились с этой задачей, но ценой некоторых ограничений, связанных с прикладной программой.

Сам стек представляет собой набор программ, написанных на C и имеет модульную многоуровневую структуру. Разработчику не требуется разбираться во всех

Табл. 1. Основные параметры микроконтроллеров с Ethernet модулем

Тип	FLASH память программ		ОЗУ данных, байт	Порты I/O	Каналов 10бит АЦП	Аналоговый компаратор	Встроенный генератор	Таймеры 8/16	NanoWatt (энергосбережение)	ССР/ЕССР (10бит ШИМ)	EUSART/MIC/SPI	Дополнительно	Корпус
	Байт	Само-прогр.											
PIC18F66J60	64К												
PIC18F66J65	96К	Да	3808	39	11	2	31кГц	2/3	Есть	2/3	2/2/2	Ethernet 10BASE-T, 8К RAM Буфер, IEEE802.3	64TQFP
PIC18F67J60	128К												
PIC18F86J60	64К												
PIC18F86J65	96К	Да	3808	55	15	2	31кГц	2/3	Есть	2/3	2/2/2	Ethernet 10BASE-T, 8К RAM Буфер, IEEE802.3	80TQFP
PIC18F87J60	128К												
PIC18F96J60	64К												
PIC18F96J65	96К	Да	3808	70	16	2	31кГц	2/3	Есть	2/3	2/2/2	Ethernet 10BASE-T, 8К RAM Буфер, IEEE802.3	100TQFP
PIC18F97J60	128К												

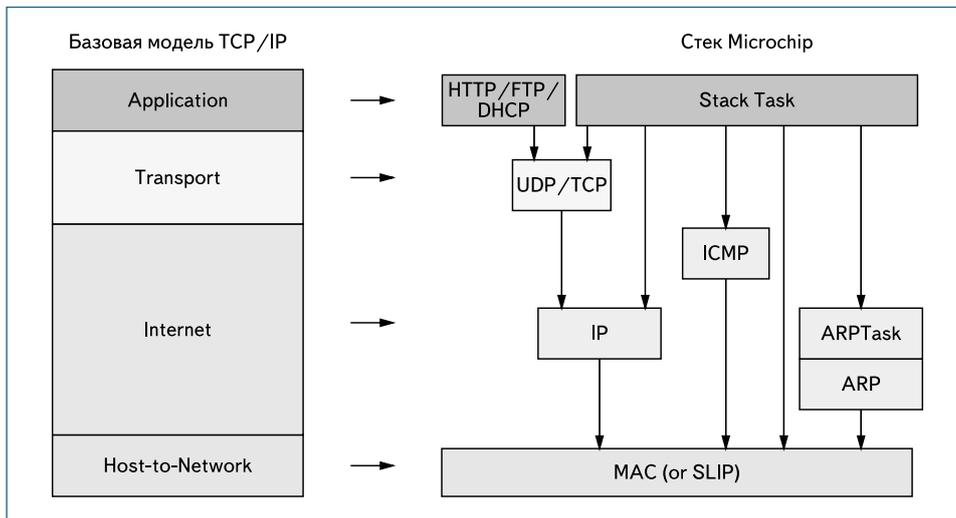


Рис. 1 Сравнение стека протоколов TCP/IP и структуры Microchip

уровнях работы стека, в прикладном ПО необходимо обращаться к одному из верхних уровней.

Объем памяти программ, требуемый для работы стека, в среднем составляет 30 Кб и зависит от используемых протоколов.

Работа стека реализована на кооперативной (невывесняющей) многозадачности в виде конечного автомата. Этот тип многозадачности наименее требователен к ресурсам вычислительной системы и позволяет использовать невывесняющие операционные системы даже на простейших микроконтроллерах типа PIC10 и PIC12.

УРОВНИ RNU И MAC

Для передачи данных стек протоколов Microchip допускает к использованию:

1. Последовательный канал передачи данных с поддержкой SLIP (Serial Line Internet Protocol);
2. Сетевой протокол Ethernet (поддержка ENC28J60 и Realtek).

Протокол SLIP позволяет осуществлять прямое соединение по последовательному

каналу с персональным компьютером. Изначально ориентированный на ПК с Windows, путем несложных доработок можно осуществить связь и с другими операционными системами.

Альтернативным и основным является Ethernet-проект. Физический и канальный уровень реализуется на основе специализированного контроллера ENC28J60, для связи с которым в стеке предусмотрен программный драйвер.

УРОВНИ TCP И IP

Протокол IP работает в пассивном режиме, т.е. обрабатывает пакеты по запросам с других уровней.

Уровень TCP является важным и основным уровнем в стеке, именно в нем реализован конечный автомат обработки пакетов. Сам уровень выполняется как кооперативный процесс, что позволяет развязать работы стека и прикладной программы.

Поддерживается от 2 до 253 сокетов, максимальное количество ограничено объемом свободной памяти данных — для работы каждого отдельного сокета требуется около 36 байт.

Для минимизации объема занимаемой памяти существует особенность реализации буфера данных сокетов — данные всех сокетов хранятся в одном буфере. Если один сокет использует буфер, то остальные сокет блокируются. При конфигурировании стека критичным является размер буфера — недостаточный размер буфера может привести к блокировке сокетов и зависанию работы стека.

В рамках TCP также реализована поддержка подтверждений и повторной передачи. Это увеличивает достоверность передачи данных, но значительно снижает скорость. Существует возможность отключения подтверждений и, соответственно, увеличения скорости обмена.

MICROCHIP HTTP СЕРВЕР

Одним из наиболее востребованных протоколов верхнего уровня в сетях TCP/IP является HTTP — протокол передачи гипертек-

стовых страниц. Для микроконтроллеров PIC программисты Microchip разработали компактный веб-сервер, работающий на основе стека TCP/IP.

Основные особенности:

- Поддержка нескольких HTTP-соединений
- Специальная файловая система MPFS (Microchip File System). Специальная утилита для ПК для работы с MPFS
- Хранение веб-страниц в памяти программ или внешней последовательной EEPROM
- Поддержка метода GET. Остальные методы добавляются отдельно
- Поддержка упрощенного CGI и генерация динамических страниц

Сервер включен в стандартный стек и очень прост для использования. Основные шаги по подключению и настройке:

1. Подключение необходимой библиотеки к проекту
2. Настройка максимального количества одновременных подключений
3. Определения места хранения страниц — память программ или внешняя EEPROM
4. Подготовка образа MPFS и помещение его в выбранную область памяти

Для подготовки образа файловой системы в составе программ стека есть утилита для ПК. Возможные варианты загрузки страниц в память встроенной системы:

1. Прошивка EEPROM на программаторе;
2. Использование процедуры приема данных по последовательному каналу с ПК и прошивка их во внешнюю EEPROM (MPFS Download Demo Routine);
3. Загрузка по FTP.

Поддержка обих режимов удаленного программирования реализована в наборе программ стека. Наиболее интересным режимом является обновление набора веб-страниц удаленно по протоколу FTP, о котором будет рассказано ниже.

ДИНАМИЧЕСКИЙ HTML И ПОДДЕРЖКА CGI

Для генерации динамических страниц HTTP сервер Microchip поддерживает упрощенный CGI. CGI используется для отображения информации в реальном времени:

- Динамическая генерация страниц. В файле с расширением .cgi пишется «%xx», где xx — идентификатор переменной. При обработке этой страницы сервер удаляет символ «%» и вызывает функцию HTTPGetVar, находящуюся в пользовательской программе. Функция обрабатывает номер идентификатора и вставляет полученное значение вместо идентификатора переменной
- Удаленный запуск процедур. Важной функциональностью является использование CGI для вызова процедур на сервере и передачи параметров. Процедура запускается, когда от HTTP-клиента (например, веб-браузера) приходит запрос GET с количеством

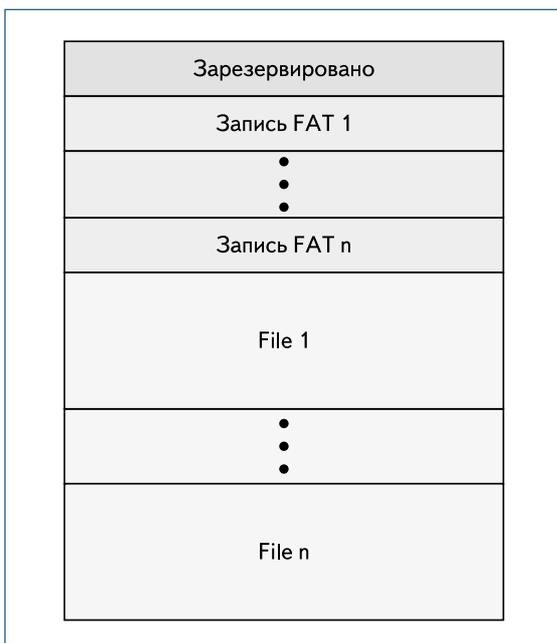


Рис. 2 Файловая система Microchip

Наименование платы	Номер заказа	Контроллер PICmicro	Ethernet (MAC, PHY)	Дополнительные особенности
PICDEM.net™	DM163004-LT	PIC16F877A, PIC18F452	RTL8019	ЖКИ, RS-232
PICDEM.net™ 2	DM163024	PIC18F97J60	ENC28J60	ЖКИ, RS-232, 2 Ethernet
dsPICDEMnet™ 1	DM30004-1	dsPIC30F6014	RTL8019	V. 22/V. 22bis, V32 FCC/JATE PSTN
dsPICDEMnet™ 2	DM30004-2	dsPIC30F6014	RTL8019	V. 22/V. 22bis, V32, STR-21 PSTN
Ethernet PICtail	AC164121	-	ENC28J60	Штыревой разъем для подключения к демо-платам
Ethernet PICtail Plus	AC164123	-	ENC28J60	Разъем для подключения к плате Explorer 16

параметров больше одного. В этом случае параметры запроса передаются в функцию HTTPExecCmd и производится обработка запроса. Функция HTTPExecCmd также находится в пользовательской программе

Таким образом, используя механизм CGI, можно реализовать полноценное управление устройством и отображение параметров работы через веб-браузер.

ФАЙЛОВАЯ СИСТЕМА MPFS

Для хранения веб-страниц Microchip HTTP сервер использует простую файловую систему MPFS. Данные, как уже отмечалось, могут храниться в памяти программ микроконтроллера или во внешней EEPROM.

Структура файловой системы представлена на рисунке.

Основные области — MPFS FAT и блок данных. В FAT (таблице размещения данных) располагается информация о расположении того или иного файла в памяти. Поддерживается 16- или 24-битная адресация, соответственно максимальный объем адресуемой памяти составляет 64Кб или 16Мб. Имена файлов в DOS-формате — 8 символов имя, 3 символа расширение, буквы в верхнем регистре.

Для генерации образа файловой системы из набора необходимых файлов на ПК используется утилита mpfs. Входными данными для утилиты является каталог с упаковываемыми файлами, выходными — бинарный или C файл для интеграции в разрабатываемую систему. Утилита не контролирует максимальный размер образа, это необходимо отслеживать вручную, чтобы не превысить объем доступной памяти.

В наборе стека существует библиотека, поддерживающая работу с MPFS, расположенной как в памяти программ, так и во внешней последовательной EEPROM на шине I2C или SPI.

MICROCHIP FTP СЕРВЕР

Для использования совместно со стеком, сервер выполнен в виде кооперативного

процесса, разделяющего ресурсы с самим стеком и пользовательским кодом. Он имеет урезанные характеристики:

- Поддержка только одного соединения
- Аутентификация пользователя
- Только команда PUT (закачка образа MPFS)
- Не поддерживается закачка отдельных файлов

Остальная функциональность может быть добавлена в базовую версию.

Основное предназначение FTP сервера — закачка образа файловой системы, этот режим работает только с внешней EEPROM.

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ И ОТЛАДОЧНЫЕ ПЛАТЫ

Для поддержки разработок с использованием Ethernet технологии компания Microchip Technology Inc. выпускает несколько отладочных плат. В бесплатном TCP/IP стеке

- Разъем PICtail™ для подключения плат расширения
- Знакосинтезирующий ЖКИ 16x2
- Термодатчик TC1047, подключенный на аналоговый вход
- Последовательный порт RS-232



Наименование платы	Номер заказа	Контроллер PICmicro	Ethernet (MAC, PHY)	Дополнительные особенности
PICDEM.net™	DM163004-LT	PIC16F877A, PIC18F452	RTL8019	ЖКИ, RS-232
PICDEM.net™ 2	DM163024	PIC18F97J60	ENC28J60	ЖКИ, RS-232, 2 Ethernet
dsPICDEMnet™ 1	DM30004-1	dsPIC30F6014	RTL8019	V.22/V.22bis, V32 FCC/JATE PSTN
dsPICDEMnet™ 2	DM30004-2	dsPIC30F6014	RTL8019	V.22/V.22bis, V32, STR-21 PSTN
Ethernet PICtail	AC164121	—	ENC28J60	Штыревой разъем для подключения к демо-платам
Ethernet PICtail Plus	AC164123	—	ENC28J60	Разъем для подключения к плате Explorer 16

реализовано конфигурирование всех представленных плат.

Наиболее интересная и актуальная отладочная плата для ENC28J60 и PIC18FxxJ60 — PICDEM.net 2 (DM163024). Основные особенности:

- Микроконтроллер PIC18F97J60
- Отдельный автономный Ethernet-контроллер ENC28J60
- Два разъема RJ-45 (10Base-T) со встроенными трансформаторами и светодиодами статуса соединения

Использование новики Microchip — автономного Ethernet-контроллера ENC28J60 и программного стека протоколов Microchip позволяет реализовать множество устройств для работы в современных компьютерных сетях. Гибкость и функциональность устройств, а также простота разработки и реализации гарантирует применение новых моделей микроконтроллеров Microchip семейства PIC18, PIC24 и dsPIC. ■

Более подробно про поддержку TCP/IP на Microchip здесь: www.microchip.com/tcpip