

УДК 004.725.5

**В.И. Сахаров, С.В. Сахарова (канд. техн. наук)**  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса  
кафедра информационно-коммуникационных технологий  
E-mail: switchonline@rambler.ru

## ЭКОНОМИЧНЫЙ ETHERNET ДОСТУП НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ

В работе рассмотрена возможность разработки и изготовления простого интерфейса с использованием современной элементной базы с применением микроконтроллеров. Целью работы является популяризация применения Ethernet интерфейсов на базе однокристальных контроллеров с простым интерфейсом подключения. Приведен анализ микросхем, применение которых существенно упрощает разработку интерфейсов Ethernet, как в профессиональных целях, так и для различных любительских целей.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, интерфейс, локальная сеть, сеть доступа, SPI, Ethernet, 10BaseT/100BaseTX, PNU.

### Введение

Интерфейс *Ethernet* является достаточно сложным устройством. Все *Ethernet* чипы до недавнего времени имели 100 и более контактов, их было тяжело приобрести в небольших количествах, и ими было тяжело управлять с помощью маленького микроконтроллера с небольшим количеством памяти и ограниченным числом выводов.

Еще несколько лет назад для разработки простых устройств с интерфейсом *Ethernet* авторам приходилось разрабатывать встраиваемый контролер на базе микроконтроллеров AT91RM9200 или AT91RM9260 фирмы *ATMEL*, с применением микросхемы DM6191 фирмы *Davicom*. В этом случае, для упрощения программного обеспечения, на устройство устанавливалась операционная система *Linux*, и простой интерфейс приобретал все черты встраиваемого компьютера. Соответственно, устройство обрастало оперативной памятью 32МБ, имело флеш память 4МБ, что значительно увеличивало габариты и стоимость устройства.

### Цель и постановка задачи исследования

Целью данной статьи является популяризация применения *Ethernet* интерфейсов на базе однокристальных контроллеров с простым интерфейсом подключения.

### Реализация интерфейса

Компания *Microchip*, с появлением их нового *Ethernet* чипа - *ENC28J60*, сделала возможным организацию *Ethernet* доступа при помощи простых микроконтроллеров. *ENC28J60* - это небольшой чип всего с 28 контактами, он имеет интерфейс *Serial Peripheral Interface (SPI)*, который легко использовать с любого микроконтроллера, который имеет такой интерфейс. Это открывает целый мир совершенно новых прикладных задач. Появляется возможность легко создавать небольшие устройства, которые могут распространиться на все в доме и просто будут подключены в сеть *Ethernet*. Отпадает необходимость разделять последовательные подключения или другие шины. Все устройства могут быть легко подключены через *Ethernet*. Важной особенностью является и то, что перестает быть ограничивающим фактором расстояние.

Чип *ENC28J60* от компании *Microchip* это микросхема, обеспечивающая реализацию сложного интерфейса *Ethernet* с использованием простых микроконтроллеров. Он включает протокол приема/передачи данных, *MAC* адрес, и протокол физического уровня в одном чипе. К нему подключаются несколько внешних элементов, в основном это кварцевый

резонатор и *Ethernet* трансформатор, так же известный как магнит. Внешне он представляет из себя 28 - выводной чип в *DIP* и *QFN* корпусах, легко паяется и идеально подходит для применения в профессиональных устройствах и хобби. Микроконтроллер таким образом может управлять любым устройством. Можно подключить какие либо датчики (фото, тепловые), можно что-нибудь включать и выключать, можно подключить *LCD* дисплей и т.п.

На рисунке 1 показана схема подключения микросхемы *ENC28J60*. Простота подключения обеспечивает широкое применение этой микросхемы.

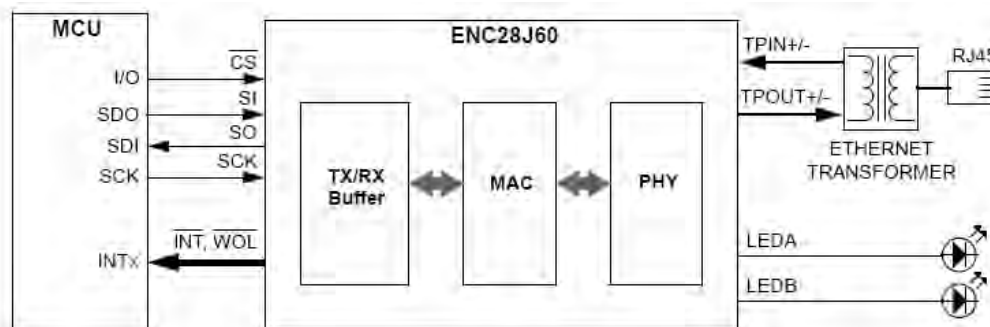


Рисунок 1 – Схема подключения микросхемы *ENC28J60*

Программное обеспечение, обеспечивающее работу такого устройства можно взять на сайте компании *Microchip*, оно доступно для скачивания без каких либо ограничений. Большую помощь в создании подобных устройств оказывает сайт [www.arduino.ru](http://www.arduino.ru), где можно приобрести готовые устройства на микроконтроллерах или разработать и изготовить собственные. Работа данного устройства основывается на протоколах *UDP* и *TCP/IP*.

Очень хороший чип разработала фирма *WizNet* под названием *W5100*. Микросхема *W5100* является функционально законченным 10/100 *Ethernet* - контроллером. Она специально разрабатывалась для использования во встраиваемых приложениях, когда первоочередными требованиями являются легкость интеграции, стабильность и надежность работы, производительность и невысокая стоимость всей системы. Аппаратная реализация стека протоколов *TCP/IP* позволяет получить высокую скорость передачи данных - до 25 Мбит/с - и обеспечивает простую стыковку с *Internet* без участия операционных систем и внешних компьютеров. *W5100* совместима со стандартами *IEEE 802.3 10BaseT* и *802.3u 100BaseTX*. Сетевой контроллер *W5100* квалифицирован для работы в промышленном температурном диапазоне -40...+85 С. Основные области применения *W5100*:

- разнообразные сетевые устройства для дома и офиса;
- встраиваемые сервера;
- системы охраны, видеонаблюдения и контроля доступа;
- *IP*-телефония и видеосвязь;
- удаленный доступ к информации и сбор данных;
- удаленное управление и мониторинг;
- автоматизация зданий и производственных помещений.

Микросхема *W5100* является логическим развитием популярного кристалла *W3150A+*. Микросхема аппаратно реализует следующие протоколы транспортного, сетевого и канального уровней системы *OSI (Open System Interconnection)*: *TCP*, *UDP*, *IPv4*, *ICMP*, *ARP*, *IGMP* и *MAC*. Также обеспечивается аппаратная поддержка протокола *PPPoE (Point-to-point over Ethernet)* с *PAP/CHAP* протоколами аутентификации, что позволяет *W5100* осуществлять удаленное подключение встраиваемого устройства к провайдеру через простой и дешевый *DSL*-модем, работающий в мостовом (*bridge*) режиме и не имеющий собственной аппаратной поддержки *PPPoE*.

Главная отличительная особенность W5100 - наличие на кристалле аппаратного узла, который реализует уровень *PHY* стека протоколов *TCP/IP*. Ранее для этой цели кристаллы W3100A и W3150A+ должны были работать совместно с внешней микросхемой *PHY* сторонних производителей (*Realtek*, *Davicom* и т.п.).

*10BaseT/100BaseTX Ethernet PHY* на кристалле является собственной разработкой компании *WIZnet*. Поддерживается *Auto Negotiation (Full-duplex и Half-duplex)* а также функция распознавания полярности подключения кабеля *Auto-MDI/MDIX*. Требования к внешнему трансформатору обычные: коэффициенты трансформации и величины индуктивностей составляют соответственно 1:1 и 350uH как для *TX*, так и для *RX*. Тем не менее, для реализации возможности функции *Auto MDIX* вместе с W5100 необходимо использовать симметричные трансформаторы.

На рисунке 2 изображена структурная схема подключения микросхемы W5100, схема подключения аналогична вышеприведенной схеме, с использованием интерфейса *SPI*.

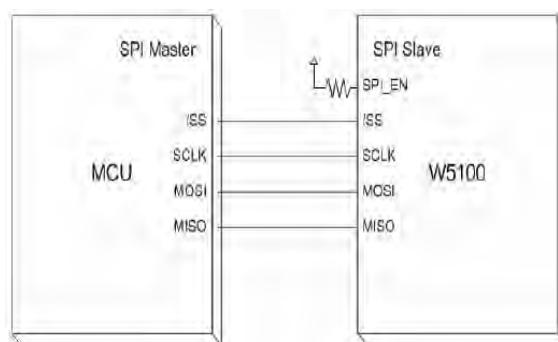


Рисунок 2 – Структурная схема подключения микросхемы W5100

Микросхемы W5100 имеет следующие характеристики: аппаратная поддержка стека протоколов *TCP/IP*: *TCP*, *UDP*, *IPv4*, *ICMP*, *ARP*, *IGMP*, *MAC*; одновременная и независимая поддержка 4-х соединений; поддержка *10BaseT/100BaseTX* в полнодуплексном режиме; высокая производительность до *25Mbps*; интерфейсы подключения к микроконтроллеру: *Direct (Clocked)*, *Indirect (Clocked)*, *SPI* (режимы 0 и 3); встроенный 16К блок двухпортовой статической памяти для буферов данных *TX/RX*; напряжение питания 3,3В; линии ввода/вывода поддерживают уровни сигналов 5,0В; 0,18 мкм *CMOS* технология; соответствие *RoHS*-стандарту.

*Silicon Laboratories* предлагает микросхемы *CP220x* - одни из самых маленьких и доступных *Ethernet* контроллеров для встраиваемых приложений. Микросхемы серии *CP220x* позволяют обеспечить доступ к *Ethernet* сетям любым микроконтроллерам или хост-процессорам имеющим свободными 11 или более линий ввода/вывода. Параллельный 8-битный интерфейс доступа к шине внешней памяти позволяет работать с микроконтроллерами имеющими шины форматов *Intel* и *Motorola* в мультиплексированном и немultipлексированном режимах. *CP2200/1* имеет встроенный *IEEE 802.3 Ethernet* контроллер доступа к среде (*MAC*), *10 BASE-T Physical Layer (PHY)*, и энергонезависимую *FLASH* память размером 8к. Встроенная *FLASH* память может быть использована для хранения констант пользователя, содержимого веб-сервера или может быть просто использована как энергонезависимая память общего применения. При выпуске микросхем на заводе во *Flash* память заносится уникальный 48-битный *MAC* адрес.

#### Основные характеристики

Программное обеспечение: бесплатный (*royalty-free*) стэк *TCP/IP* с драйверами устройства; программа автоматизации настроек *TCP/IP Configuration Wizard*; программная диагностика аппаратных ресурсов и примеры кода.

Сферы применения CP2200/1: удаленные системы сбора данных и управления; ведения учета; VoIP телефонные адаптеры; обеспечение работы и сервиса торговых точек; веб-сервера для встраиваемых приложений; удаленный преобразователь *Ethernet-to-UART*.

Характеристики контроллера: интегрированный *IEEE 802.3 MAC* и *10 BASE-T PHY*; полная совместимость с *100/1000 BASE-T* сетями; *Full/Half* дуплекс с *auto-negotiation*; автоматическое определение полярности и исправление; автоматический повтор при обнаружении коллизий; автоматическое заполнение и вычисление *CRC*; поддержка адресации *broadcast* и *multi-cast MAC*; параллельный хост интерфейс (*30 Mbps Transfer Rate*); работа *8-bit* мультиплексированном и не-мультиплексированном режимах; требуется только 11 I/O линий в мультиплексированном режиме; шины форматов *Intel* или *Motorola*; генерация прерывания при получении пакетов и функция *Wake-on-LAN*; 8 kB *Flash* памяти; драйвер светодиодов *LED (Link/Activity)*; корпуса *48-pin TQFP (9 x 9 mm footprint)* и *28-pin QFN (5 x 5 mm footprint)*.

Температурный диапазон от  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ .

#### **Заключение**

Применение вышеназванных микросхем существенно упрощает разработку интерфейсов *Ethernet*, как в профессиональных целях, так и для различных любительских целей.

#### **Список использованной литературы**

1. Техническая документация DS39662A.pdf 2004 Microchip Technology Inc [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.microchip.com/> - 10.01.2014 г. - Загл. с экрана.
2. Техническая документация CPP220x.pdf [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.silabs.com/> - 10.01.2014 г. - Загл. с экрана.
3. «Ethernet - устройство на микроконтроллере AVR» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.rlocman.ru/> - 10.01.2014 г. - Загл. с экрана.
4. Описание микроконтроллерных устройств [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.arduino.ru> - 10.01.2014 г. - Загл. с экрана.

#### **References**

1. Tehnicheskaya dokumentaciya DS39662A.pdf 2004 Microchip Technology Inc, available at: <http://www.microchip.com/> (Accessed 10 January 2014).
2. Tehnicheskaya dokumentaciya CPP220x.pdf, available at: <http://www.silabs.com/> (Accessed 10 January 2014).
3. «Ethernet – ustroistvo na mikrokontrollere AVR», available at: <http://www.rlocman.ru/> (Accessed 10 January 2014).
4. Opisanie mikrokontrollernih ustroystv, available at: <http://www.arduino.ru> (Accessed 10 January 2014).

Надійшла до редакції:  
13.03.2014 р.

Рецензент:  
канд. техн. наук, проф. Турупалов В.В.

**Сахаров В.І., Сахарова С.В.**

**Одеська національна академія харчових технологій**

**Економічний ETHERNET доступ на мікроконтролері.** У роботі розглянуто можливість розробки і виготовлення простого інтерфейсу з використанням сучасної елементної бази із застосуванням мікроконтролерів. Метою роботи є популяризація застосування Ethernet інтерфейсів на базі однокристальних контролерів з простим інтерфейсом підключення.

Наведено аналіз мікросхем, застосування яких суттєво спрощує розробку інтерфейсів Ethernet, як в професійних цілях, так і для різних аматорських цілей.

**Ключові слова:** мікроконтролер, інтерфейс, локальна мережа, мережа доступу, SPI, Ethernet, 10BaseT/100BaseTX, PHY.

**Sakharov V.I., Sakharova S.V.**

**Odessa National Academy of Food Technologies**

**Microcontroller economical ETHERNET access.** The paper considers the possibility of developing and manufacturing a simple interface using modern element base with microcontrollers. The aim is to promote the use of Ethernet interfaces based on single-chip controller with a simple interface to connect. Presented the analysis of circuits, which greatly simplifies application development interfaces Ethernet, both for professional purposes and for various amateur purposes. Until a few years ago to develop simple devices with Ethernet interface reviewers had to develop embedded controller based on microcontrollers or AT91RM9200 AT91RM9260 produced by ATMEL, using DM6191 chip produced by Davicom. In this case, to simplify the software installed on the device operating system is Linux, and simple interface acquired all the features of embedded computer. Accordingly, the apparatus overgrown RAM and flash memory, which greatly increases its size and cost. Company Microchip, with the advent of new Ethernet chip - ENC28J60, made it possible to establish Ethernet access with simple microcontrollers. This opens a completely new world of applications. It becomes possible to easily create small devices that can spread to everyone in the house and just be connected to the Ethernet. There is no need to share serial connections or other tires. All devices can be easily connected via Ethernet. An important feature is the fact that the length be no longer a limiting factor. Easy connectivity provides wide application of this chip. The paper presents the structural wiring diagram circuits and their basic characteristics. A variant of the software, providing the work of such a device. Presented software is available for download without any restrictions. Operation of this device is based on UDP and TCP/IP.

**Keywords:** microcontroller interface, LAN, network access, SPI, Ethernet, 10BaseT/100BaseTX, PHY.



**Сахаров Валерий Иванович**, Украина, закончил Одесский электротехнический институт связи им. А. С. Попова, старший преподаватель кафедры информационно-коммуникационных технологий Одесской национальной академии пищевых технологий (ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, 65000, Украина). Основное направление научной деятельности – оптимизация создания перспективных сетей доступа.



**Сахарова Светлана Валериевна**, Украина, закончила Одесскую государственную академию холода, канд. тех. наук, доцент кафедры информационно-коммуникационных технологий Одесской национальной академии пищевых технологий (ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, 65000, Украина). Основное направление научной деятельности – оптимизация создания перспективных сетей доступа.