

## Новая продукция WIZnet для приложений Embedded Internet

**Все более популярными становятся различные Интернет-приложения, осуществляющие удаленный доступ к устройствам управления и контроля, к автоматизированному производственному оборудованию, к измерительной и медицинской аппаратуре, к мобильным устройствам (PDA, веб-камерам, беспроводным датчикам и т. п.). IP-телефония и IP-телевидение также становятся неотъемлемой частью современной жизни. В состав таких систем обычно входят проводные либо беспроводные каналы связи. Для реализации проводных каналов связи широко используются сети Ethernet с развитым стеком протоколов TCP/IP.**

**Игорь КРИВЧЕНКО,**  
к. т. н.  
ik@efo.ru

Корейская компания WIZnet с 2002 года выпускает специализированные контроллеры, аппаратно реализующие стек сетевых протоколов TCP/IP. Эти кристаллы используются во встраиваемых системах с Ethernet-интерфейсом и выполняют рутинную работу по подготовке данных к передаче по сети. Достаточно подробно основные принципы и идеи этой продукции уже были рассмотрены в публикациях [1–3]. В настоящей статье мы коротко представим новинки продукции WIZnet за последний год и расскажем о планах развития компании в ближайшем будущем.

Аппаратная реализация стека сетевых протоколов имеет неоспоримое преимущество — разработчик свободен в выборе типа управляющего микроконтроллера. В случае, когда аппаратно реализованы только физический или физический плюс канальный уровни модели OSI, программная часть стека протоколов TCP/IP прилагается в виде библиотек для конкретной микроконтроллерной платформы. Конечно, разработчик может создать самостоятельно стек TCP/IP и для другого микроконтроллера, но трудоемкость данной задачи требует и времени, и достаточно высокой квалификации в области сетевых технологий. А при работе с сетевыми контроллерами WIZnet под конкретную микроконтроллерную платформу необходимо адаптировать только программу-драйвер, причем WIZnet бесплатно предоставляет исходный код управляющей программы на языке Си. Таким образом, с микросхемами WIZnet могут использоваться практически любые микроконтроллеры, что позволяет закладывать в разработку сбалансированные по производительности и периферии кристаллы, не переплачивая каждый раз за многочисленные неиспользуемые узлы и ресурсы.

Отметим, что комбинация «маломощных» 8-разрядных микроконтроллеров с ми-

кросхемами WIZnet не позволяет достичь максимальной скорости передачи данных 25 Мбит/с, так как микроконтроллер не способен столь быстро выдавать данные на обработку сетевому контроллеру. Так, скорость передачи данных системы на базе AT89C51RD2 составляет всего 400 кбит/с, а при использовании более производительного ATmega128 она возрастает до 4 Мбит/с. При использовании же 32-разрядного микроконтроллера с ядром ARM7 удается получить скорость до 21 Мбит/с.

Итак, что же нового предлагает компания WIZnet на 2007 год?

### Сетевой контроллер W3150A+

Микросхема W3150A+ была выпущена компанией WIZnet осенью 2006 года. Как и ее предшественница (W3150A), она является изделием класса ASIC (Application Specific Integrated Circuit), выполненным по технологии i2Chip. В W3150A+ аппаратно реализованы протоколы уровней OSI: канального, сетевого и транспортного, но не реализован аппаратно физический уровень (PHY). В качестве протокола канального уровня W3150A+ реализует Ethernet MAC и готовит данные к последующей передаче данных по линиям 10BaseT/100BaseTX.

W3150A+ работает совместно с внешним управляющим микроконтроллером (C51, AVR, ARM, PIC24 и т. д.), для которого представляется в виде «черного ящика», выполняющего рутинную работу по передаче данных. Роль процессора сводится лишь к обмену информацией с буферами приема-передачи сетевого контроллера и к программированию нескольких командных регистров W3150A+ для управления процессом обмена данными. Вся остальная работа выполняется без участия внешнего процессора. В качестве микросхемы PHY можно рекомендовать недорогие кри-

сталлы производства Realtek и Davicom, которые не требуют программирования и ориентированы главным образом на встраиваемые системы. Совместная работа кристаллов W3150A+ и PHY полностью берет на себя всю обработку сетевого трафика, начиная с формирования передаваемого пакета и заканчивая выдачей сигналов в канал связи.

Описание внутренней структуры и особенностей работы предыдущей версии сетевого контроллера W3150A приведено в одном из предыдущих номеров журнала [1], поэтому здесь мы не будем подробно на этом останавливаться, так как отличия версии W3150A+ минимальны:

- более совершенная технология производства — 0,18 мкм CMOS;
- промышленный рабочий температурный диапазон от –40 до +80 °С;
- дополнительный аппаратный интерфейс SPI (Slave) для связи с управляющим микроконтроллером;
- исполнение в соответствии со стандартом RoHS.

В остальном обе микросхемы идентичны и являются полноценными сетевыми контроллерами, позволяющими организовать передачу данных по сети со скоростью до 25 Мбит/с. Отметим также, что предыдущая версия W3150A будет сниматься с производства в середине 2007 года, поэтому следует переводить свои разработки и изделия на новую версию, которая аппаратно и программно совместима с предыдущей.

Обмен данными между управляющим микроконтроллером и W3150A+ производится по интерфейсу SPI. Схема включения — стандартная (рис. 1). Внешний микроконтроллер работает в режиме Master, сетевой контроллер WIZnet — в режиме Slave. Для обмена информацией используются линии MOSI/MISO, тактирование W3150A+ осуществляется от внешнего микроконтроллера по линии SCLK,

линия /SS используется мастером для формирования временного «окна» для очередного обмена данными. Вывод SPI\_EN должен быть установлен в состояние логической «1» для того, чтобы микросхема перешла в режим интерфейса SPI с внешним микроконтроллером. Если этот вывод удерживать в логическом «0», то выводы MOSI, MISO, SCLK и /SS работают в альтернативном режиме как адресные линии A [14–11] для режима Direct Bus. Отметим также, что вывод SPI\_EN «подтянут» внутренним резистором к «земле» внутри кристалла. Поэтому по умолчанию для обмена с внешним микроконтроллером аппаратно предустановлен режим Direct Bus. Это следует иметь в виду, так как предыдущая версия W3150A не имела такого дополнительного вывода. Точнее, вывод 33 был назначен как выходной сигнал PLOCK. Данный выходной сигнал удерживался микросхемой в низком уровне до тех пор, пока внутренняя ФАПЧ не вышла на рабочий режим генерации стабильной внутренней частоты. После этого сигнал на PLOCK выставлялся в «1» и кристалл был готов к работе.

W3150A+ работает по интерфейсу SPI в режиме Slave и поддерживает два наиболее распространенных режима — SPI Mode 0 и 3. Кристалл W3150A+ использует только два кода операции — Read и Write. Остальные коды операции игнорируются кристаллом, и по ним никаких действий не выполняется.

Процедура обмена данными по интерфейсу SPI между W3150A+ и микроконтроллером заключается в формировании и отправке 4-байтовой посылки в рамках временного «окна» на линии /SS. Информационные поля в посылке формируются в следующей последовательности: 1 байт кода операции, 2 байта адреса и 1 байт данных. Все три поля передаются старшими битами вперед (начиная с MSB).

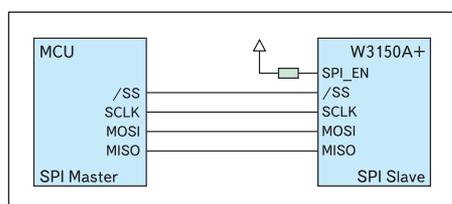


Рис. 1. Схема включения W3150A+ по SPI

Особенностями сетевого контроллера W3150A+ являются аппаратная реализация протокола PPPoE (Point to Point Protocol over Ethernet), поддержка протокола IGMP, а также функций TCP Keep Alive, Destination Unreachable Address и возможность отправки пакетов UDP непосредственно по MAC-адресу. Эти полезные функции должны быть интересны российским разработчикам. Возможность работы W3150A+ в промышленном температурном диапазоне  $-40... +80\text{ }^{\circ}\text{C}$  также добавляет привлекательности этой микросхеме и расширяет спектр ее потенциальных применений.

## Сетевой контроллер W5100

Новая микросхема W5100 была выпущена в конце 2006 года. Она является функционально законченным Ethernet-контроллером и 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 скорость передачи данных до 25 Мбит/с и обеспечивает простую стыковку с Интернет без участия операционных систем и внешних компьютеров. W5100 совместима со стандартами IEEE 802.3 10BaseT и 802.3u 100BaseTX.

W5100 является логическим развитием популярного кристалла W3150A+, основное ядро по аппаратной поддержке стека протоколов идентично W3150A+. Вопросы организации внутренней памяти и работы с регистрами, системы прерываний, тактирования и организации интерфейса с микроконтроллером в режимах Direct Bus и Indirect Bus также идентичны W3150A+ [1]. Новая микросхема аппаратно реализует следующие протоколы транспортного, сетевого и канального уровней системы OSI (Open System Interconnection): TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP и MAC. 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 простые DSL-модемы, не имеющие собственной аппаратной поддержки PPPoE.

Блок-схема нового сетевого контроллера приведена на рис. 2. Кристалл W5100 содержит все необходимые элементы для выпол-

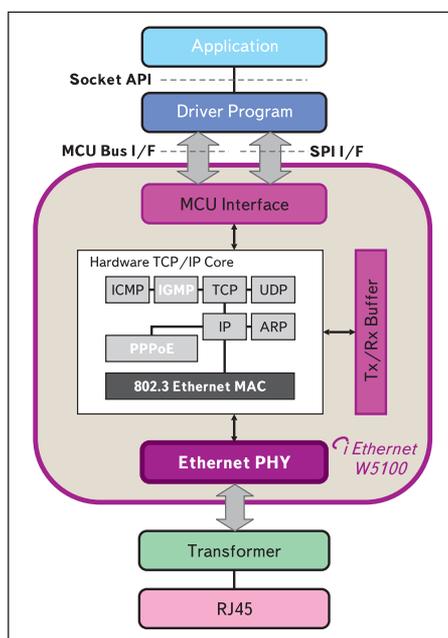


Рис. 2. Структурная схема W5100

нения работы по аппаратному обслуживанию стека протоколов TCP/IP, включая физический уровень.

Главное отличие W5100 от W3150A+ и W3100A — наличие на кристалле аппаратного узла, который реализует физический уровень РНУ стека протоколов TCP/IP. Это позволяет как минимум уменьшить число используемых в системе микросхем и освободить место на печатной плате. Ранее для этой цели использовались внешние микросхемы РНУ сторонних производителей (Realtek, Davicom и т. п.).

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

Микросхема W5100 обладает рядом свойств, присущих и кристаллу W3150A+:

- аппаратная поддержка стека протоколов TCP/IP: TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP, MAC;
- одновременная и независимая поддержка 4 соединений;
- поддержка 10BaseT/100BaseTX в полнодуплексном режиме;
- производительность до 25 Мбит/с;
- интерфейсы подключения к микроконтроллеру: Direct (Clocked), Indirect (Clocked), SPI (режимы 0 и 3);
- встроенный блок двухпортовой статической памяти для буферов данных TX/RX с общим объемом 16К;
- основное напряжение питания 3,3 В; линии ввода/вывода совместимы с сигналами 5,0 В;
- технология 0,18 мкм CMOS;
- соответствие стандарту RoHS.

Таблица 1 иллюстрирует различия кристаллов W5100 и W3150A+.

Как видно из приведенной таблицы, список изменений достаточно невелик. Новая микросхема упакована в корпус LQFP80. Дополнительные выводы корпуса по сравнению с W3150A+ используются следующим образом: функционально разнесены адресные линии A [14–11] и линии интерфейса SPI,

Таблица 1. Различия кристаллов W5100 и W3150A+

| Параметр   | W5100   | W3150A+     |
|--|---|-------------|
| Тип корпуса  | LQFP80  | LQFP64      |
| Требования к РНУ   | Встроенный, с функциями Auto Negotiation и Auto MDI/MDIX    | Внешний     |
| Специализированные выходы для подключения индикаторных светодиодов | 6 выходов: TX, RX, Full/Half duplex, Collision, Link, Speed | Отсутствуют |

увеличено количество линий питания и земли, шесть отдельных выводов обслуживают непосредственное подключение внешних сигнальных светодиодов. Последняя опция является очень удобной, так как позволяет разработчику эффективнее диагностировать работу конечного устройства, особенно на этапе отладки. Работа микросхемы в режиме SPI идентична W3150A+.

В текущей версии DataSheet (версия 1.0) микросхемы W5100 параметры ее энергопотребления пока не указаны. Надеемся, что этот недостаток будет устранен в ближайшем будущем. По первым отзывам российских разработчиков, которые уже применяют W5100, энергопотребление находится в ожидаемых разумных пределах. Собственный ток потребления ядра TCP/IP относительно невелик и составляет 16 мА при передаче данных по сетям 10BaseT и 24 мА при работе с сетями 100BaseTX. Встроенный на кристалл блок физического уровня может потреблять от 15 до 120 мА в зависимости от режима работы, что соответствует среднестатистическим показателям (ср., например, с RTL8201CP).

Компания WIZnet является производителем не только собственно микросхем для построения Ethernet-приложений, но и различных средств поддержки разработок — универсальных отладочных плат, специализированных мезонинных модулей, программного обеспечения. Компания уделяет этому виду деятельности большое внимание с самого основания — каждый новый кристалл у WIZnet обязательно сопровождается соответствующим средством поддержки разработок. Подробную информацию о доступных отладочных средствах, сопроводительном ПО и других данных можно найти на сайте производителя или на сайте компании ЭФО. В данной статье мы кратко представим лишь последние версии новых отладочных средств.

### Мезонинные модули NM7010B+ и NM7010A-LF Rev2.0

Этот класс изделий на базе сетевых контроллеров выпускается WIZnet в первую очередь для ускорения разработки встраиваемых устройств. Модули содержат все элементы, необходимые для организации взаимодействия целевого устройства с внешним миром посредством сети Ethernet и стека протоколов TCP/IP. Относительно невысокая стоимость и удобство работы с ними обусловили широкую популярность этих модулей во всем мире, в том числе и в России.

Новые версии мезонинных модулей NM7010B+ (предыдущая версия NM7010B) и NM7010A-LF Rev2.0 (предыдущая версия NM7010A-LF) отличаются от своих популярных предшественников электронной «начинкой». В модуле NM7010B+ применен новый сетевой контроллер W3150A+, в то время как для модуля NM7010A-LF Rev2.0 было реше-

Таблица 2. Спецификация модулей NM7010A-LF Rev2.0 и NM7010B+

| Модуль                                   | NM7010B+                                     | NM7010A-LF Rev 2.0                    |
|--|--|---------------------------------------|
| Микросхема, реализующая протоколы TCP/IP | W3150A+                                      | W3100A-LF                             |
| Микросхема физического уровня            | RTL8201CP                                    |                                       |
| Аппаратные протоколы                     | TCP, UDP, IP, ARP, ICMP, PPPoE, Ethernet MAC | TCP, UDP, IP, ARP, ICMP, Ethernet MAC |
| Сетевой интерфейс                        | 10/100 Base-T Ethernet, автоопределение      |                                       |
| Питание                                  | 3,3 В, линии ввода/вывода совместимы с 5 В   |                                       |
| Габаритные размеры                       | 52×25 мм                                     |                                       |

но оставить «сердце» аппаратной поддержки стека протоколов TCP/IP W3100A без изменений, так как первая версия сетевого контроллера WIZnet W3100A широко распространена во всем мире. В обоих модулях также заменена микросхема, реализующая физический уровень: вместо снятого с производства кристалла RTL8201BL используется его обновленная версия RTL8201CP. Спецификация модулей приведена в таблице 2.

Помимо кристаллов Ethernet-контроллеров и РНУ, мезонинные модули также содержат на своей печатной плате трансформаторы, конструктивно совмещенные с разъемами Ethernet и светодиодами в одном корпусе. Применяются симметричные трансформаторы (поддерживается функция MDI/MDIX), что позволяет подключать целевое устройство к сети Ethernet с помощью любого из кабелей: патч-корд или кроссовер. На плате также имеются кварцевые резонаторы 25 МГц, резисторы и конденсаторы, необходимые для обеспечения работы микросхем в составе модулей.

### Отладочный набор EVB-B1+

Новая версия популярного отладочного комплекта на основе микроконтроллера ATmega128 и последней версии мезонинного модуля NM7010B+ позволяет организовать полнодуплексную передачу данных со скоростью до 8 Мбит/с. Сопроводительная документация содержит исходные коды примеров программ TCP (клиент/сервер), UDP (клиент/сервер), DHCP на языке Си. Предусмотрены разъемы для внутрисхемного программирования (ISP) и внутрисхемной отладки (JTAG). Базовая плата комплекта содержит 96-контактный разъем для доступа ко всем выводам AVR-микроконтроллера.



Рис. 3. Отладочный комплект EVB-B1+

В комплект поставки (рис. 3) входят:

- базовая плата MB-EVB-X2 (с монохромным двухстрочным ЖК-дисплеем);
- микроконтроллерный мезонинный модуль PM-A1 на базе AVR ATmega128;
- сетевой мезонинный модуль NM7010B+;
- блок питания 12 В, 500мА;
- внутрисхемный USB-программатор ATAVRISP2;
- кабели UTP и «нуль-модем»;
- CD с документацией на все используемые микросхемы, принципиальными схемами и программным обеспечением, включая исходные тексты примеров приложений.

### Отладочный набор EVB-PIC24

Этот отладочный комплект на базе мезонинного модуля NM7010B+ является последней разработкой компании WIZnet, где в качестве управляющего микроконтроллера применен популярный кристалл Microchip PIC24FJ128. С помощью EVB-PIC24 можно организовать полнодуплексный обмен данными со скоростью до 6 Мбит/с. Сопроводительная документация содержит исходные коды примеров программ на языке Си, таких как DHCP, TCP (клиент/сервер), UDP (клиент/сервер), Loopback, Ping и др. Базовая плата комплекта содержит 96-контактный разъем для доступа ко всем выводам микроконтроллера PIC24FJ128. Имеется поддержка интерфейса ICSP.



Рис. 4. Базовая плата комплекта EVB-PIC24

В комплект поставки входят:

- базовая плата MB-EVB-PIC (рис. 4) с монохромным двухстрочным ЖК-дисплеем;
  - микроконтроллерный мезонинный модуль PM-PIC24 на базе PIC24FJ128;
  - сетевой мезонинный модуль NM7010B+;
  - блок питания 5 В, 500 мА;
  - кабели UTP и «нуль-модем»;
  - CD с документацией на все используемые микросхемы, принципиальными схемами и программным обеспечением, включая исходные тексты примеров приложений.
- Для отладки прикладного программного обеспечения и программирования микроконтроллера PIC24FJ128 используется внутрисхемный эмулятор-отладчик Microchip MPLAB ICD2 (приобретается отдельно, в комплект поставки EVB-PIC24 не входит). Рекомендуемый компилятор — Microchip C30.

### Демонстрационные платы ASRB (Application Specific Reference Board)

Для ускорения разработки встраиваемых Ethernet-устройств компания WIZnet предлагает новый комплект из трех демонстрационных плат (Reference Boards). Все платы построены на базе сетевого контроллера W3150A+

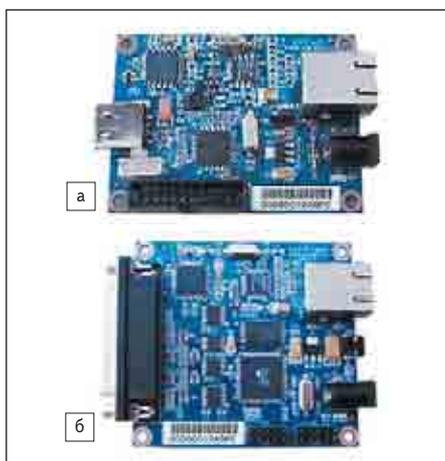


Рис. 5. Демонстрационные платы:  
а) ASRB-USB; б) ASRB-Parallel

и содержат периферийные компоненты, необходимые для организации взаимодействия целевого устройства и сети Ethernet. В комплект поставки демонстрационных плат входят принципиальные схемы, исходные коды и другая прикладная техническая информация, необходимая для полноценной работы с платой (в зависимости от ее назначения).

Помимо сетевого контроллера W3150A+ и микросхемы физического уровня RTL8201CP платы также содержат трансформатор, конструктивно совмещенный с разъемами Ethernet RJ-45 и светодиодами в одном корпусе (поддерживается функция MDI/MDIX, которая позволяет подключать устройство к сети с помощью любого из кабелей: патч-корд или кроссовер), кварцевый резонатор 25 МГц, резисторы и конденсаторы, необходимые для обеспечения работы микросхем, разъем для подключения внешнего источника питания.

Выпускаются следующие версии демонстрационных плат:

- ASRB-USB для стыковки с Ethernet одного устройства USB-2.0 (full-speed);
- ASRB-Parallel для «превращения» обычного LPT-принтера в сетевой;
- ASRB-Serial для построения моста Ethernet (10/100 Мбит/с) — Serial (до 230 кбит/с).

Спецификация плат ASRB приведена в таблице 3.

В заключение еще раз отметим, что продукция WIZnet может быть использована в самых разнообразных конечных приложениях. Это могут быть сетевые устройства для дома и офиса, встраиваемые серверы, 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 и т. д. Стратегия компании WIZnet — дальнейшее интенсивное развитие компонентной базы для облегчения интеграции встраиваемых систем и поддержки скоростных каналов связи. На 2007 год запланирован выпуск новой микросхемы W5300 со встроенным PHY на кристалле (развитие W5100), которая будет обеспечивать передачу данных со скоростью до 50 Мбит/с. Планируются к разработке и другие интегральные комбинации «MCU — ядро TCP/IP — PHY», что позволит в ближайшем будущем рассматривать кристаллы WIZnet как недорогие микроконтроллеры нового поколения с блоком Ethernet 10/100BaseT для применения во встраиваемых системах.

Подробную информацию о микросхемах W3100A, W3150A+, W5100, мезонинных модулях и средствах поддержки разработок можно найти на сайте компании WIZnet [w www.wiznet.co.kr](http://www.wiznet.co.kr).

### Литература

1. Дмитриенко А. Сетевой контроллер W3150A от WIZnet: новые возможности // Компоненты и технологии. 2006. № 7.
2. Хребтов П., Кривченко И. I2Chip — новая технология для приложений Embedded Internet // Компоненты и технологии. 2002. № 4.
3. Кривченко И. W3100A — новая микросхема для приложений Embedded Internet // Электронные компоненты. 2002. № 5.
4. [ht tp://w ww.efo.ru](http://www.efo.ru)
5. [ht tp://w ww.wiznet.co.kr](http://www.wiznet.co.kr)

Таблица 3. Спецификация плат ASRB

|  | ASRB-Serial  | ASRB-USB                          | ASRB-Parallel             |
|--|--|-----------------------------------|---------------------------|
| Сетевые протоколы                      | TCP/IP   | TCP/IP, DHCP Client               | TCP/IP, DHCP Client, HTTP |
| Сетевой интерфейс                      | 10/100 Base-T Ethernet, автоопределение  |                                   |                           |
| Последовательный интерфейс             | Сигнал TXD, RXD, RTS, CTS, GND;<br>скорость до 230 кбод  | —                                 | —                         |
| Параметры последовательного интерфейса | Длина посылки: 7 или 8 бит;<br>контроль четности: None, Even или Odd;<br>управление потоком: RTS/CTS, Xon/Xoff | —                                 | —                         |
| Интерфейс USB                          | —  | USB 2.0 Host Full Speed (12 Mbps) | —                         |
| Интерфейс с принтером                  | —  | —                                 | IEEE-1284                 |
| Питание                                | Внешний источник 5,0 В   |                                   |                           |
| Ток потребления                        | Не более 500 мА  |                                   |                           |
| Габаритные размеры                     | 75×50 мм   | 75×55 мм                          | 75×70 мм                  |