

## Недорогой прибор для диагностики 10/100 Ethernet кабелей на трансивере KS8001

Иосиф Каршенбойм, [iosif.karshenboim@eltech.spb.ru](mailto:iosif.karshenboim@eltech.spb.ru)

Кабельные сети для сетей Ethernet становятся все гуще. Клубки проводов опутывают бизнес-центры и частные дома. А чем же проверить то, что кабель, который Вы сейчас прокладываете, имеет правильное согласование, и не имеет обрывов или коротких замыканий.

Здесь будет описан прибор состоящий из:

1. трансивер KS8001 — стоит 2 долл.
2. микроконтроллер — стоит 1 долл..
3. дисплей или USB-порт — стоит 5 долл.

при общей цене на комплектующие, не превышающей 15 USD.

### КАК ЭТО РАБОТАЕТ? КАБЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПО LINKMD

В микросхеме KS8001, см. Л[1], с LinkMD используется технология “time domain reflectometry”(TDR), для того чтобы анализировать такие обычные для кабелей отказы как обрывы в линии, короткие замыкания и несоответствие импеданса.

Узел LinkMD работает следующим образом: в линию посылается импульс известной амплитуды и продолжительности и, затем, производится анализ формы отраженного сигнала, см. рис. 1 и Л[2].

Коэффициент отражения –  $c_L$  определяется как отношение амплитуд посылаемой и отраженной волн.

$$P_L = \frac{VR \text{ (reflected wave)}}{V_i \text{ (incident wave)}} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Где  $Z_L$  – импеданс нагрузки  $Z_0$  – импеданс кабеля, который имеет значение 100 Ом для кабеля категории CAT5.

При вычислениях по этой формуле, можно определить:

- |                         |    |  |
|-------------------------|----|--|
| a) Если $Z_L = 0$ ,     | то | $c_L = -1$ (короткое замыкание)          |
| b) Если $Z_L < 100$ ,   | то | $-1 < c_L < 0$ (неправильная терминация) |
| c) Если $Z_L = 100$ ,   | то | $c_L = 0$ (правильная терминация)        |
| d) Если $Z_L > 100$ ,   | то | $0 < c_L < +1$ (неправильная терминация) |
| e) Если $Z_L \gg 100$ , | то | $c_L = +1$ (обрыв цепи)                  |

Таким образом, при правильной терминации  $c_L = 0$  и нет отражений в кабеле. В действительности, поскольку кабель не может быть идеально согласованным, небольшие отражения сигнала всегда будут видны.

Отрицательное значение коэффициента отражения, меньше единицы соответствует условию короткого замыкания проводов и состоит в том, что отражение будет обратной полярности и равняться амплитуде относительно исходного импульса, как показано на рис. 2a.

Аналогично, для условия обрыва, отраженная форма волны имеет форму сигнала равную по амплитуде и по полярности амплитуде и форме исходного сигнала – см. рис. 2b, приводя к  $c_L = +1$ .

### ВЫЧИСЛЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ДО ОШИБКИ

Скорость распространения сигнала (Velocity of Propagation – VOP) – параметр, который определяет скорость распространения сигнала по кабелю, относительно скорости света в вакууме ( $3,0 \times 10^8$  м/сек). Параметр VOP будет изменяться не только в зависимости от типа кабеля, но также и от изготовителя. VOP для кабеля CAT5 – обычно приблизительно равен значению 0,66. Это означает, что сигнал будет распространяться по кабелю CAT5 на скорости  $0,66 \times 3,0 \times 10^8$  м/сек =  $2 \times 10^8$  м/сек.

Используя этот параметр, мы можем легко вычислить длину кабеля, или расстояния до ошибки, измеряя задержку распространения отраженной формы волны. Из предыдущего вычисления, мы можем видеть, что для кабеля имеет место соотношение – 5 нсек задержки распространения на метр длины кабеля (не забываем делить на два задержку распространения при распространении сигнала туда и обратно при вычислении расстояния).

Например, рис. 2b показывает задержку распространения отраженной формы волны для 90 м кабеля CAT5 (обрыв). Следовательно, чтобы вычислить расстояние до ошибки:

$$\text{Расстояние} = \frac{\text{(Задержка распространения в наносекундах)}}{2,5 \times \text{нсек/м}}$$

При величине задержки распространения  $\approx 900$  нсек, получим расстояние до ошибки  $\approx 90$  м. Диагностика кабелей по технологии LinkMD обеспечивает диагностику ошибки на расстоянии до 200 м. Калибровка VOP для определенного типа кабеля, и в зависимости от предприятия-изготовителя, может дать точность до  $\pm 1$  м.

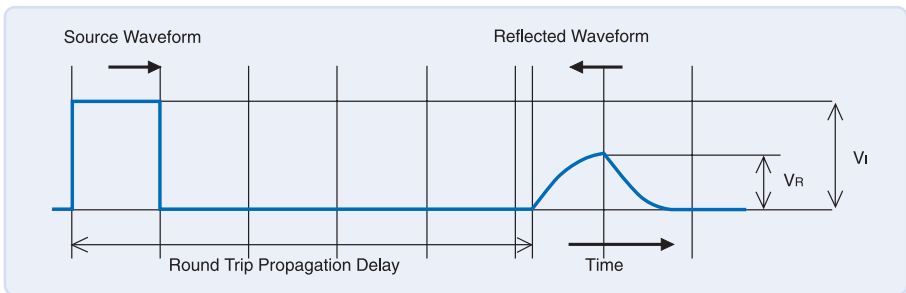


Рис. 1. Посылаемая и отраженная волна при неправильной терминеции кабеля

Для коротких кабелей, как показано в рис. 2с, отраженная волна будет накладываться на первоначальную форму исходной волны. Это – результат задержки прохождения сигнала туда и обратно, в том случае, когда задержка распространения отраженного сигнала будет меньше, чем период импульса исходного сигнала:

$$\text{Период отраженной волны (100 нсек)} \geq \text{длина кабеля} \times 5 \text{ нсек/м} \times 2$$

Следовательно, это условие возникнет для длин кабелей или расстояний до ошибки меньших, чем 10 м.

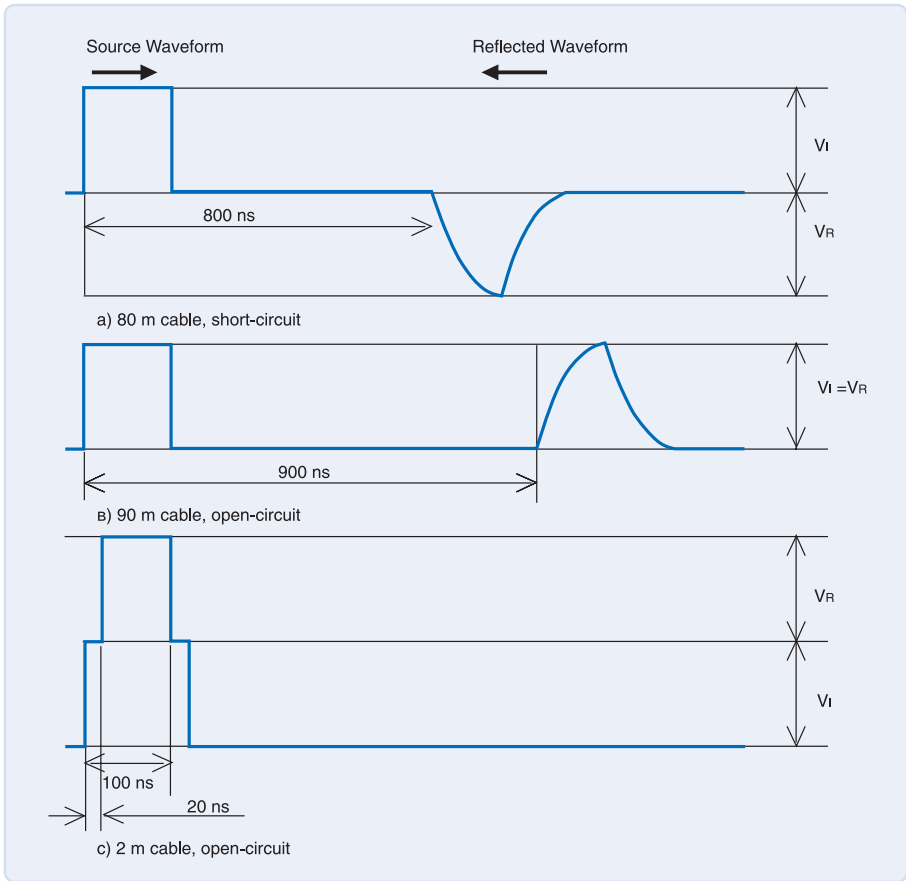


Рис. 2. Примеры исходного и отраженного сигнала для случаев обрыва и короткого замыкания при различной длине кабеля

Информация при работе узла LinkMD записывается во внутренние регистры трансивера. Внутренняя схема отображает информацию от TDR в удобно-читаемом пользователем цифровом формате. Для того, чтобы прочитать эти регистры необходимо сформировать диаграмму обмена со служебным интерфейсом MII. Интерфейс MII состоит из двух частей – канал приема-передачи данных и служебного канала.

**Интерфейс MII.** Для работы этого прибора сигналы MII существенной роли не играют.

**MDIO – Management Interface.** Служебный канал содержит следующие сигналы:

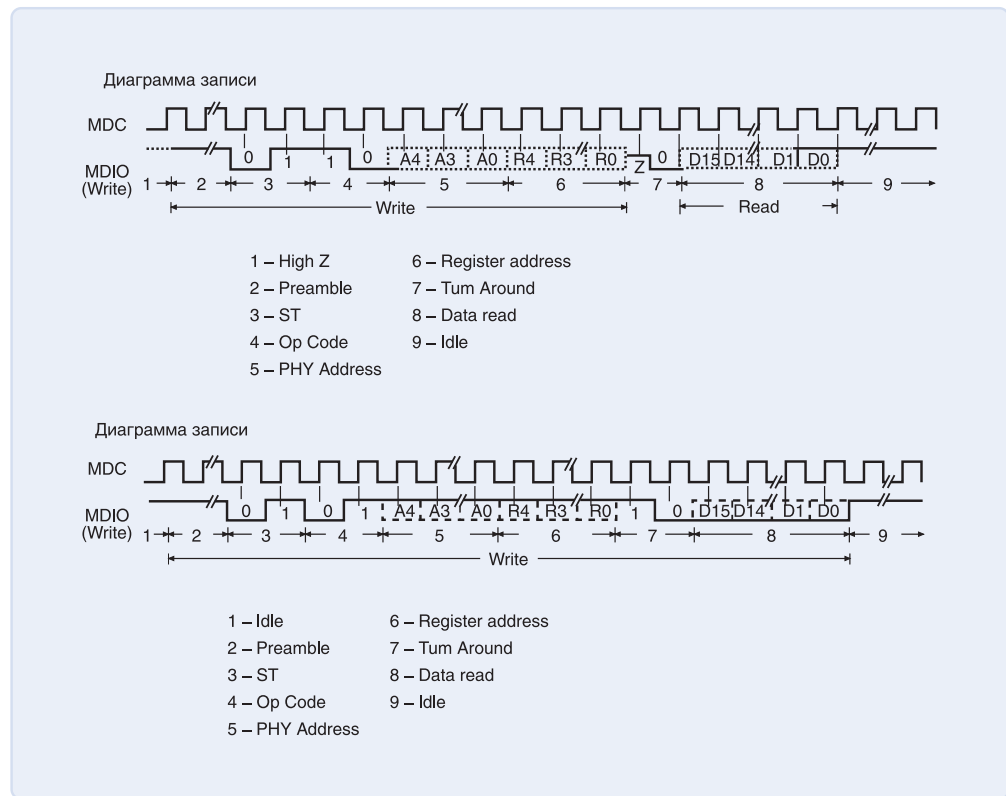
**MDC:** Management Data Clock. Частота для последовательного канала данных MDIO.

**MDIO:** Management Data. Двухнаправленный последовательный канал данных для связи с регистром STA трансивера.

KS8001 поддерживает IEEE 802.3 MII Management Interface также известный, как интерфейс Management Data Input/Output (MDIO). Этот интерфейс позволяет устройствам верхнего уровня контролировать и управлять состоянием KS8001. Интерфейс MDIO состоит из физического подключения, определенного протокола, который требуется для работы данных устройств, и некоторого набора регистров, которые требуются по стандарту IEEE 802.3.

**СТРУКТУРА КАДРА MDIO**

Структура кадра показана на рис. 3 (чтение и запись).



**Рис. 3. Структура кадра MDIO**

**Чтение–запись по MDIO.** Канал обмена данными управляется микроконтроллером. В качестве микроконтроллера можно применить любой из имеющихся в распоряжении разработчика. Но с точки зрения автора, наиболее удобен здесь мРD78F9222, фирмы NEC ([www.ee.nec.de](http://www.ee.nec.de)), поскольку стартовый набор имеет ряд преимуществ, см. рис. 4, 5. Первое и наиболее существенное – цена не более 30 USD, что во много раз дешевле многих более распространенных наборов. Второе, и тоже очень существенное преимущество состоит в том, что этот стартовый набор подключается к USB порту. А это значит, что такой набор можно использовать совместно ноутбуками как часть прибора в самом «ленивом» варианте. «Ленивый» вариант, это когда к стартовому набору микроконтроллера припаивается макетная плата с трансивером. Правила выполнения монтажа на РСВ для входных цепей трансивера изложены в Л[3]. И третье – пакет программного обеспечения от IAR Systems. В комплект поставляемого программного обеспечения входит не только «ассемблерная» технология, но и «С». Перепрошивка FLASH-памяти контроллера также производится под управлением поставляемого ПО и не требует дополнительных аппаратных средств.

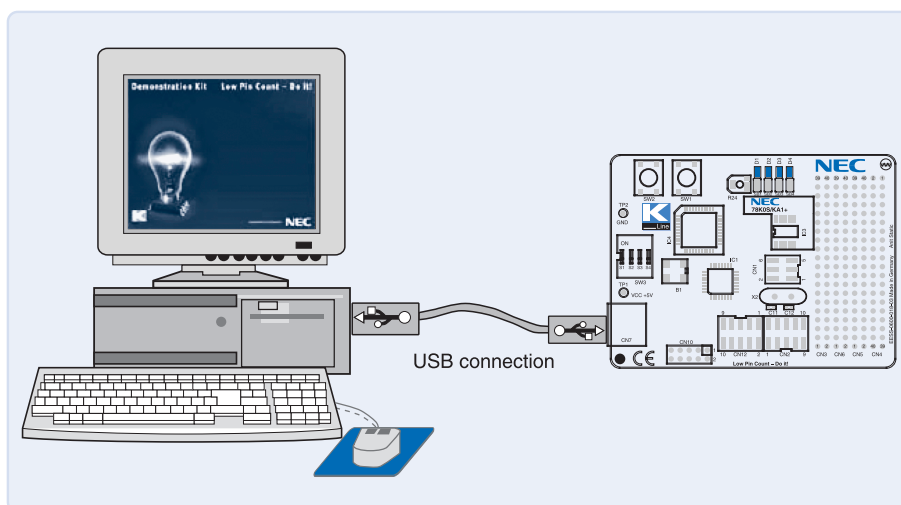


Рис. 4. Стартовый набор NEC 78K0S Low Pin Count для микроконтроллеров фирмы NEC

Для связи микроконтроллера с трансивером необходимо формировать сигнал MDC, и обмениваться данными по линии MDIO. MDIO – двунаправленный сигнал. На этапе выдачи адреса и данных – это выход, на этапе чтения данных – вход. Поэтому для упрощения программирования в качестве линий связи с MDIO модно задействовать два вывода от порта ввода-вывода микроконтроллера. Эти линии необходимо запараллелить и одну из них использовать как выход с третьим состоянием, а другую линию – использовать только как вход. Результат измерений – в PC. Возможен вариант подключения ЖК-дисплея. Расписание выводов портов микроконтроллера на контакты платы стартового набора приводятся в описании стартового набора.

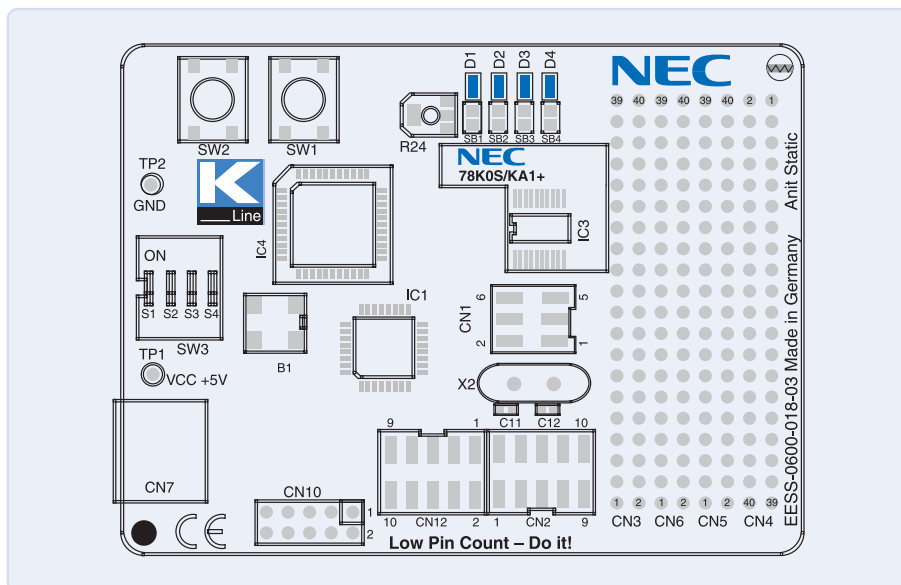


Рис. 5. Стартовый набор, микроконтроллер мРD78F9222, фирмы NEC. Расположение компонентов на PCB

### Выводы

Применение технологии LinkMD, дешевых микроконтроллеров и контроллеров связи с USB позволяет создать интеллектуальный прибор, позволяющий значительно улучшить диагностику кабелей, необходимую при монтаже сетей для Ethernet 10/100.

### Литература

1. KS8001 Product Brief. 1.8V, 3.3V 10/100BASE-TX/FX Physical Layer Transceiver. [www.micrel.com](http://www.micrel.com).
2. Reducing Maintenance Costs With Cable Diagnosis and Micrel's LinkMD™. Mike Jones. [www.micrel.com](http://www.micrel.com).
3. Application Note 111. General PCB Design and Layout Guidelines Micrel 10/100 Switches and PHYs [www.micrel.com](http://www.micrel.com)