

# Термометрия элеватора по системе «Power over Ethernet»

Андрей Шабронов (г. Новосибирск)

Кабель UTP с 4 парами проводов, длиной более 250 метров, проложили между диспетчерским компьютером элеватора и удалённым корпусом силоса элеватора. Это позволило решить сразу две задачи: обеспечить сбор данных системы термометрии и одновременно её электропитание. Схема питания использует шину USB и имеет защиту по предельному току потребления, что обеспечивает работу системы при аварийных коротких замыканиях линии или датчиков.

## Введение

Кабель UTP с 4 парами проводов используется для организации локальной сети между компьютерами. Такой незащищённый кабель был проложен между диспетчерским компьютером элеватора и удалённым корпусом силоса элеватора с длиной более

250 метров. В результате получилась система PoE — «Power over Ethernet» для термометрии.

Это позволило решить сразу две задачи: обеспечить сбор данных системы термометрии и, одновременно, её электропитание. Такое решение позволило снизить затраты на допол-

нительные элементы энергопитания, а также обеспечить требуемую защиту по уровню напряжения для опасных помещений. Схема питания, используемая в технологии PoE, использует шину USB и имеет защиту по предельному току потребления, что обеспечивает работу системы при аварийных коротких замыканиях линии или датчиков.

Таким образом, интерфейс USB полностью обеспечивает сбор данных термометрии и при этом защищён от возможных электрических повреждений.

## 1. Структурная схема системы PoE термометрии силосов элеватора

Действующий элеватор состоит из трёх корпусов по 60 силосов в каждом. Линия проведена от места установки диспетчерского компьютера до третьего дальнего корпуса, и суммарная длина составляет не менее 250 метров, как показано на рис. 1. Два других корпуса работают и используют аналоговые типы датчиков. В ходе работ были выполнены условия плановой последовательной модернизации термометрии без остановки работы.

Кабель содержит четыре витые пары, которые подключены по схеме, приведённой на рис. 2.

Таким образом, витая пара используется как один провод и получается кабель из четырёх проводов. Выбор цвета пары для назначенной линии случайный.

Линия длинная, и использовать передачу импульсов скорости интерфейса 1wire нельзя, так как импульсы ослабнут и затухнут. Чтобы передать сигналы по длинной линии, был изменён тип интерфейса на RS-485 и увеличены длительности информационных импульсов, а в точке приёма информационный поток переводится в скорость и тип интерфейса 1wire, показано на рис. 3.

Следует обратить внимание, что длинный участок подвержен помехам и искажениям сигналов, но он работает на меньшей скорости и в другом варианте интерфейса. Получаем, что влияние помех при таком варианте передачи данных очень низкое и не искажает

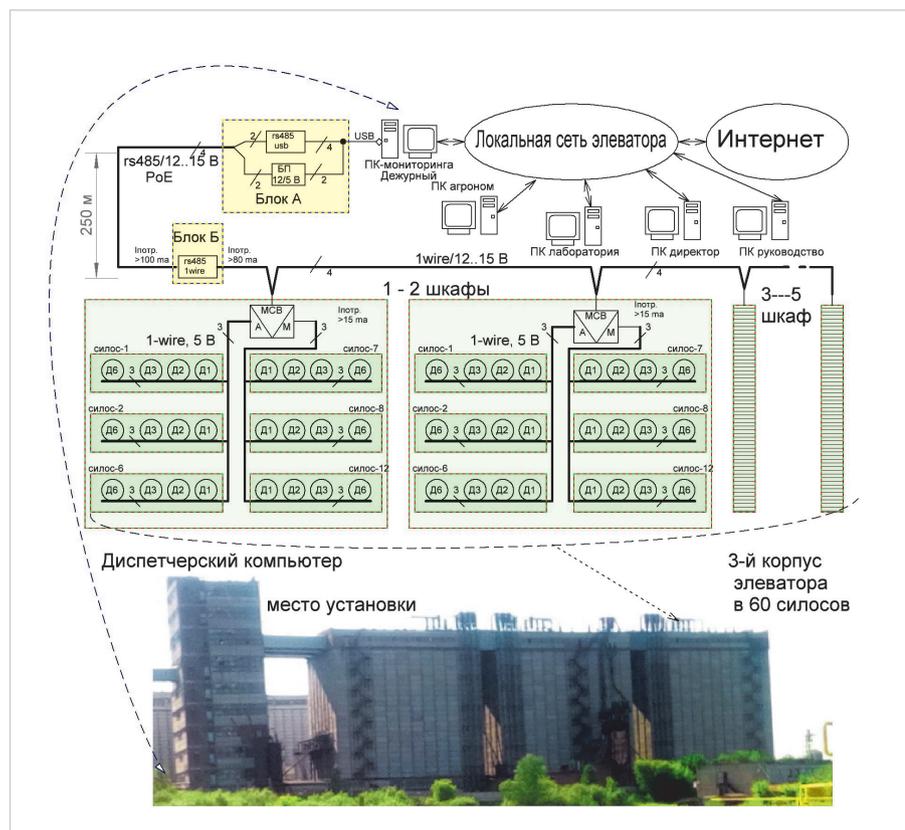


Рис. 1. Структурная схема PoE термометрии на 60 силосов

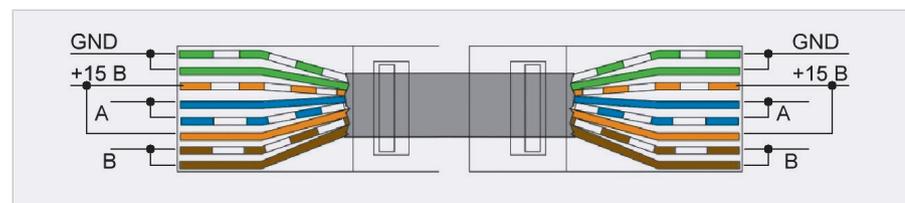


Рис. 2. Схема подключения проводов кабеля «витая пара»

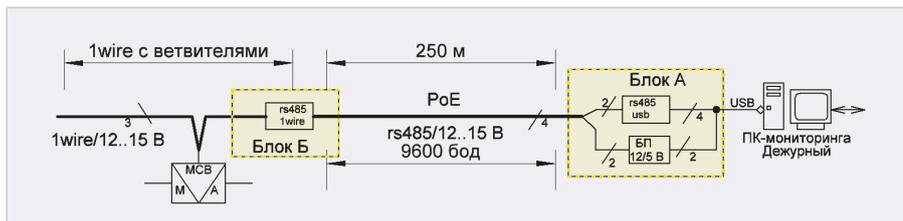


Рис. 3. Распределение скорости информации

информацию. Далее опрос датчиков температур выполняет модернизированная схема ветвителя (МСВ), которая подробно представлена в [2].

Имеется два узла преобразования типа интерфейса. Первое преобразование usb-rs485 находится у компьютера перед кабелем с витой парой – это блок А на схеме, рис. 4. Второе преобразование rs485-1wire происходит после линии – блок Б.

В блоке А передачу-приём usb-rs485 выполняет распространённый, надёжный и дешёвый преобразователь [1], что показано на рис. 4.

Для формирования возможности использования «Power over Ethernet», т.е. питания всех МСВ и датчиков в блоке А, из напряжения 5 В интерфейса USB преобразователем МТ3608 [4] формируется напряжение в 15 В, которое может быть подрегулировано установочным резистором Rуст.

Стабилизатор напряжения 78L12 и резистор R1 создают схему стабилизатора тока для выходного напряжения +12 В. Поскольку выходной ток не может превышать заданного значения даже при коротком замыкании (КЗ) линии, получается, что это защита от короткого замыкания. Программа расчёта резистора R1 для тока КЗ приведена в документе [3]. В случае КЗ вся мощность рассеивается на R1, и для этого он должен быть достаточно мощным.

Для расчёта R1 вначале суммируем токи всех потребителей и таким образом получаем рабочий ток схемы. Этот ток умножаем на два и получаем расчётный теоретический ток КЗ, поскольку рабочий ток не может при всех условиях работы увеличиться в два раза. Далее по программе [3] получаем значение сопротивления R1 и его требуемой рассеиваемой мощности с двойным запасом на рассеивание.

## 2. Преобразование RS-485 – 1wire

Схема блока Б для преобразования сигналов интерфейса RS-485 в сигналы интерфейса 1wire представлена на рис. 5.

На разъём J1 подключена линия с двумя проводами питания и двумя проводами интерфейса RS-485. Микросхема U2 (RS-485) преобразует парные противофазные входные сигналы в уровни логических сигналов =0= и =1=, которые поступают на вывод 4 (GP3) микроконтроллера (МК) U3 (PIC12F629) [5].

Резисторы R4, R5, R7 согласовывают линию передачи.

По программе МК выполняется преобразование сигналов с низкой скоростью в сигналы интерфейса 1wire, которые выдаются через вывод 7 (GP0) МК U3 на схему компаратора с открытым коллекторным выходом U1 (LM393). Компаратор настроен на среднюю точку от напряжения питания резисторами R2, R6, и, таким образом, входные логические уровни всегда повторяются на выходе. Важным преимуществом работы компаратора является фиксация уровня сигналов интерфейса 1wire по среднему уровню напряжения питания, что позволяет значительно увеличить длину линии до датчиков.

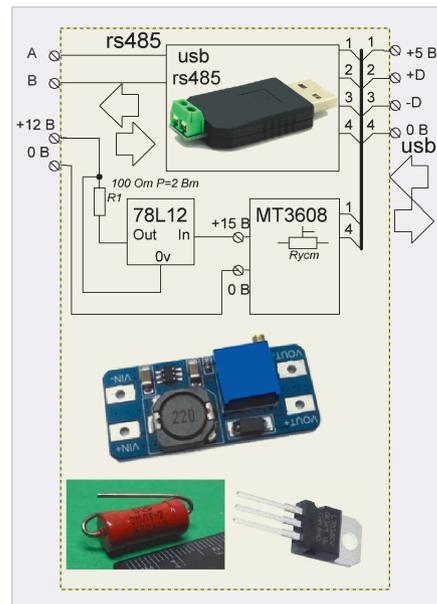


Рис. 4. Схема блока А

Приём и передача информации индицируется на контрольном светодиоде D1. Питание +5 В из поступающих 15...12 В формирует стабилизатор Q1 (78L05).

МК U3 работает на частоте 20 МГц, которую задаёт кварцевый резонатор Y1. Это позволяет задавать выходные параметры сигнала 1wire с точностью до одной микросекунды и принимать сигналы с большими искажениями, анализируя их длительности с необходимой точностью.

Обратная передача выполняется в режиме сокращённых кодов, поскольку

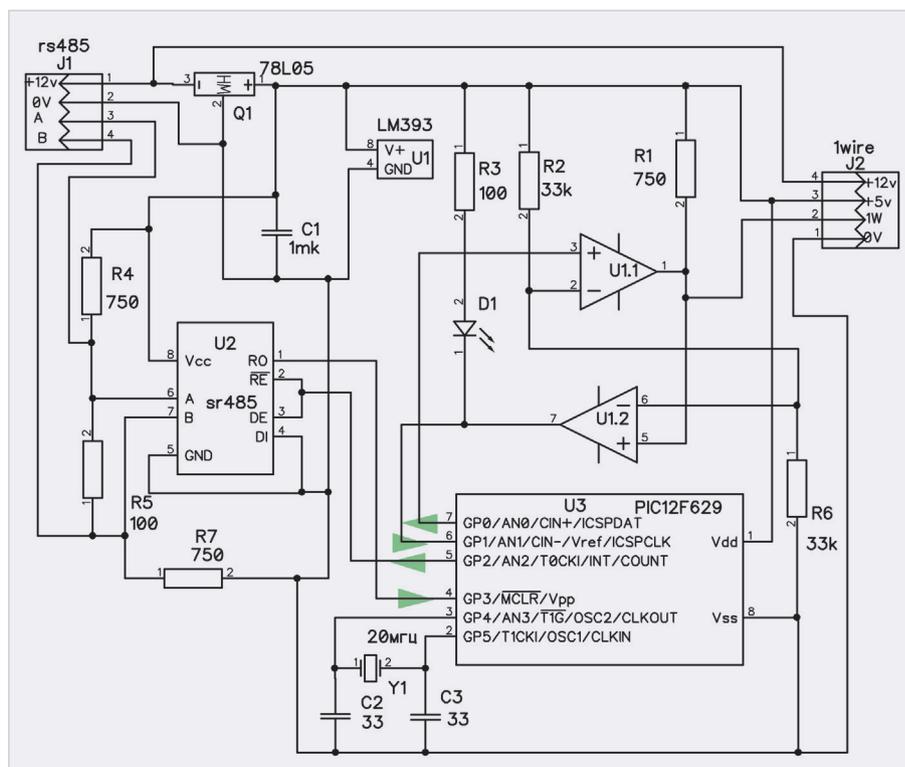


Рис. 5. Схема преобразования сигналов интерфейса RS485 в сигналы интерфейса 1wire



Рис. 6. Фото собранной платы преобразователя rs485-1wire (6а) и её 3D-модель в DipTrace (6б)

сигнал DI микросхемы U2 подключён на общий провод. Так как при переходе в режим передачи передаётся только уровень 0, то, следовательно, можно передавать только 9 стартовых кодов, а именно: 0xFF, 0xFE, 0xFC, 0xF8, 0xF0, 0xE0, 0xC0, 0x80, 0x00.

Все компоненты схемы собраны на печатной плате и предназначены для монтажа под «винт». На рис. 5 представлены: слева – фото собранной печатной платы, справа – 3D-модель той же платы. Печатная плата разработана в среде проектирования DipTrace, проект доступен в каталоге программ [6] и находится в файле **shema\_rs485\_1wire\_v1.zip**.

На печатной плате предусмотрена установка компонентов под два размера: DIP и SOIC. Все микросхемы устанавливаются через переходную колодку DIN-8, что позволяет ремонтировать блок, модифицировать и изменять программное обеспечение и возможные функции использования. Печатная плата вытянута в длину для установки на дин-рейку аналогично конструкции MCB [2].

### 3. Программное обеспечение

Для работы используется программное обеспечение, совместимое с интерфейсом 1wire, которое представлено в [6]. Программа термометрии **silos\_v3\_bagan.exe** подготовлена на языке программирования FORTH [7]. Программа содержит все компоненты для программирования и модификации преобразования 12F629, а также печатные платы и схемы. Программный код для МК формируется в режиме «восстановление всех файлов – компиляция нового кода», как указано в описании [8].

Для тестовых проверок в МК схемы преобразования интерфейса RS-485-1wire предусмотрена возможность получения данных с использованием AT-команд через программу «Гипертерминал» или ей подобные. Устанавливаются скорость и формат передачи

Таблица 1. Порядок кодировки исходного байта на три передаваемых байта

| 2 | 000  | 001  | 010  | 011  | 100  | 101  | 110  | 111  |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 3 | 0x00 | 0x80 | 0xC0 | 0xE0 | 0xF0 | 0xF8 | 0xFC | 0xFE |

9600n1 и передаются блоком запросные байты команд. Ответный блок байтов содержит информацию согласно передаваемому запросу.

Перечислим основные команды запросов.

- **AT+R** – передача сброса на шину 1wire. Ответ 1 байт: 0xFF – нет ответа, 0xF0 – есть ответ RST по шине 1wire.
- **AT+1** – передача сигнала «единица» на шину 1wire. Ответ 1 байт: 0xFF – принята «единица», 0xF0 – принят «ноль», т.е. можно уже дешифровать данные от датчика.
- **AT+0** – передача сигнала «нуля» на шину 1wire. Ответ 1 байт: FF – принята ошибка, F0 – принят «ноль».
- **AT+KN** – передача байта, где N=0...FF в формате 1wire. Ответ в три байта, в которые закодирован ответный байт шины 1wire, поскольку количество байт на передачу ограничено схемным решением установки постоянного нуля.
- **AT+GKLN...N** – передача блока NNN...N байт количеством K. Ответ L 3 байт. Следует учитывать, что надо другой программой последовательно по три байта данных перекодировать в один байт и получить L байт. Таким образом передаётся пакет на запрос индивидуальных датчиков и получаются данные, например, о температуре. В тексте программы это выполняет форт-слово **DE\_KOD\_1WIRE**.
- **AT+Y** – запрос о содержании ППЗУ 12F629. Ответ – вся память МК в HEX формате 0x80x3 байт.
- **AT+U** – запрос на поиск всех доступных адресов для микросхем интерфейса шины 1wire. Ответом выдаются найденные адреса устройств в блоке формата 8x3 байт. Признак окончания по-

иска – повторение блока первого найденного адреса.

Порядок кодирования и декодирования 1 байта в 3 определённых доступным количеством кодов на передачу. Передаваемый байт в 8 бит разбивается на 3+3+2 бита (B1+B2+B3). Имеем всего 8 вариантов, которые и передаем байтом, как показано в табл. 1.

Для B3 имеем два бита и передаём с третьим битом нуля, но при декодировании этот бит не учитываем.

Например, исходный байт 0xC1 = 110-000-01 передаём как 0xFC, 0x00, 0x80. На приёме три байта в обратном порядке «складываются» в один байт. Проверка всей информации на достоверность выполняется по алгоритму стандарта 1wire.

Подробное описание других тестовых команд приведено в тексте программы **asm\_shema\_rs485\_read\_v1.f** на языке Форт [7]. Текст форт-ассемблера находится в программе **assmb\_pik12f\_v1.f** и компилируется при формировании кода исполнения для МК. Все тексты программ имеют подробные комментарии и доступны для модификации и изменений.

Режим AT-команд позволяет использовать любые другие программы для получения данных через преобразование интерфейса RS-485-1wire.

### Выводы

Предложенная схема ретрансляции интерфейса RS-485 в 1wire позволяет использовать стандартные преобразователи, что увеличивает надёжность при эксплуатации системы термометрии. Переход на старт-стопный интерфейс с низкой скоростью позволяет значительно увеличить длину линии и использовать распространённые кабе-

ли для сетевого подключения компьютеров.

Использование питания устройств термометрии по линии связи увеличивает надёжность и ремонтпригодность системы измерений. Есть один питающий узел – это сам компьютер. Наличие AT-команд позволяет использовать любые другие языки программирования для получения данных с интерфейса 1wire.

## Литература

1. Модули usb-rs485 // URL: [https://](https://www.chipdip.ru/catalog/popular/usb-rs485)

[www.chipdip.ru/catalog/popular/usb-rs485](https://www.chipdip.ru/catalog/popular/usb-rs485).

2. *Шабронов А.А.* Опыт использования сигнализации и диагностики термометрии силосов элеватора по шинной топологии подключения цифровых датчиков // Современная электроника. 2021. № 5. С. 32–34.
3. Программа расчёта стабилизатора // URL: <http://electro-shema.ru/chertezhi/stabilizator-toka-dlya-svetodiodov.html>.
4. Модуль MT3608 // URL: [https://www.chipdip.ru/product/](https://www.chipdip.ru/product/mt3608-dc-dc-module)

[mt3608-dc-dc-module](https://www.chipdip.ru/product/mt3608-dc-dc-module).

5. Описание 12F629 // URL: [http://www.microchip.ru/files/d-sheets-rus/PIC12F629\\_675.pdf](http://www.microchip.ru/files/d-sheets-rus/PIC12F629_675.pdf).
6. Каталог программы, платы // URL: [http://90.189.213.191:4422/doc\\_sh/bagan\\_2022/test/](http://90.189.213.191:4422/doc_sh/bagan_2022/test/); URL: [https://disk.yandex.ru/d/aKao\\_DVD1LzrUQ](https://disk.yandex.ru/d/aKao_DVD1LzrUQ).
7. *Черезов А.* Описание языка Форт spf4.exe // URL: <http://www.forth.org.ru/>.
8. *Шабронов А.А.* Замена DS2409 на 12F629 // Современная электроника. 2021. № 8. С. 22–36. ©

## НОВОСТИ МИРА

### «Росэлектроника» и ФРП запустили в Красноярске производство станций тропосферной связи

Холдинг «Росэлектроника» Госкорпорации Ростех при поддержке Фонда развития промышленности (ФРП) запустил производство станций тропосферной связи «Гроза» с высокоскоростным цифровым модемом на основе нейронных сетей. Оборудование позволяет обеспечить связь на расстоянии до 210 км в горных, труднодоступных и малонаселённых районах, вдоль автомобильных трасс и железных дорог, а также на отдалённых промышленных объектах.

Производство развернуто на красноярском НПП «Радиосвязь» (входит в «Росэлектронику») с привлечением льготного займа на 335 млн рублей от Фонда развития промышленности.

Главным преимуществом новой аппаратуры является дальность связи и скорость информационного потока. Оборудование способно передавать данные со скоростью до 25 Мбит/с в режиме тропосферной связи и до 155 Мбит/с в режиме радиорелейной связи.

«Станция тропосферной связи может использоваться для подключения любых объектов и позволяет передавать информацию на высоких скоростях независимо от рельефа местности. Кроме того, тропосферная связь экономически более выгодна по сравнению со спутниковой из-за отсутствия расходов на абонентскую плату за аренду спутникового ресурса. Несмотря на более высокую стоимость самого оборудования, за 1–2 года эксплуатации станции тропосферной связи инвестиции в приобретение аппаратуры окупятся, поскольку пользователь не платит за аренду спутникового канала и не несёт никаких других дополнительных расходов», – отметил генеральный директор НПП «Радиосвязь» Ринат Галеев.

В аппаратуре используется технология

передачи данных, основанная на отражении сигнала от тропосферы – нижнего слоя атмосферы. Для организации тропосферной линии связи требуется минимум две приёмо-передающие станции. Антенна диаметром 150 см может размещаться на крыше здания, мобильной мачте или треноге. В состав изделия также входит высокоскоростной цифровой модем тропосферной связи на основе нейронных сетей. За счёт встроенных алгоритмов обработки информации аппаратура способна «обучаться» в процессе работы и выделять полезный сигнал из фоновых шумов.

В рамках пилотных испытаний станции «Гроза» специалисты НПП «Радиосвязь» успешно провели тестовое подключение нескольких социальных и инфраструктурных объектов на территории Красноярского края, в том числе фельдшерско-акушерского пункта и 50-километрового участка трассы между населёнными пунктами.

*rlocman.ru*

### ЗАМЕНИТЕЛЬ ГРАФЕНА? УЧЁНЫЕ МИФИ ПРЕДСКАЗАЛИ СВОЙСТВА БОРНИТРАНОВ, ИЗ КОТОРЫХ МОЖНО БУДЕТ ДЕЛАТЬ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ СПИНОВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ, ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ ПАМЯТИ

Учёные из Национального исследовательского ядерного университета МИФИ предсказали свойства новых 2D-материалов — борнитранов, наноплёнок на основе нитрида бора. Эти материалы могут стать незаменимыми в оптоэлектронике и космической электронике, рассказали в МИФИ.

2D-нитрид бора – один из самых известных двумерных материалов после графена. Он является структурным аналогом графена, но состоит не из углерода, а из его ближайших соседей по таблице Менделеева – бора и азота. Российские учё-

ные высказали предположение, что под давлением из 2D-нитрида бора можно получить ковалентно связанные наноплёнки. Они назвали эти материалы борнитранами по аналогии с алмазами – алмазными плёнками нанометровой толщины, предсказанными российским учёным Леонидом Чернозатонским в 2009 году и синтезированными в 2019 году.

Особенно интересны «муаровые» борнитраны, в которых слои повернуты друг относительно друга на угол, близкий к 30 градусам. В таком материале энергии электронов концентрируются вблизи нескольких значений, что увеличивает вероятность их резонансного возбуждения светом. Это делает материал полезным для оптоэлектронных устройств, основанных на нелинейных резонансных эффектах, – рассказал соавтор работы, профессор кафедры физики конденсированных сред Института нанотехнологий в электронике, спинтронике и фотонике Константин Катин.

Ещё одна важная особенность борнитранов, предсказывают учёные, состоит в том, что свет подходящей поляризации может возбуждать в этих материалах только те электроны, спин которых направлен определённым образом. На основе этого эффекта в будущем можно создать быстродействующие спиновые транзисторы, логические схемы и элементы памяти. В отличие от обычных электронных устройств, спинтронные устройства не так чувствительны к дефектам в материале, благодаря чему они устойчивы к радиации и поэтому могут применяться в космосе.

Сегодня мы ищем экспериментаторов, готовых синтезировать и исследовать борнитраны. Интересно, что гексагональный 2D-нитрид бора впервые был получен на большой площади с участием российских учёных, учеников Леонида Чернозатонского, добавил Константин Катин.

*ixbt.com*