

# СЕТИ СВЯЗИ

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ: ТОЧКА-ТОЧКА

СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ: ШИНА

СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ: ЗВЕЗДА

СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ: КОЛЬЦО

СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ: ЯЧЕЙСТАЯ

СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ

СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС UART

СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС RS-232

СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС RS-485

СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС ETHERNET

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ

# СЕТИ СВЯЗИ

## ВВЕДЕНИЕ

Топология сети — структура или конфигурация, описывающая способ соединения устройств в сети передачи данных. Соединение может быть как проводное, так и беспроводное.

Выделяют следующие (основные) топологии:

- **Точка-Точка (Point-Point)**
- **Шина (Bus)**
- **Звезда (Star)**
- **Кольцо (Ring)**
- **Ячеистая (Cell, Mesh)**

# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ

### Точка-точка

- Два устройства соединяются напрямую друг с другом одной линией связи.
- Достоинства:
  - + меньше расход кабеля (для проводных решений)
- Недостатки:
  - соединять можно только два устройства



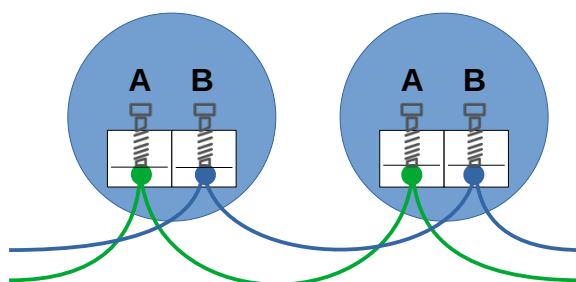
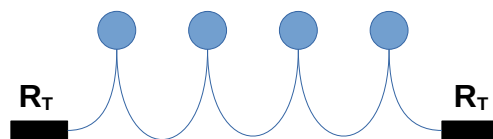
*точка-точка*

# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ

### Шина / Общая шина

- Все устройства последовательно связаны «общей» линией (шина, магистраль)
- Конечные устройства не замыкаются друг с другом, а имеют специальные оконечные устройства — терминаторы (терминальные резисторы  $R_T$ ) для предотвращения отражения сигнала.
- Устройства активно не участвуют в пересылки «чужих» данных дальше по шине
- Достоинства:
  - + меньше расход кабеля (для проводных решений)
  - + масштабируемость (до пределов по длине кабеля и количеству устройств)
  - + легко настраивать / конфигурировать, подключать / отключать устройства
  - + отказ одного из устройств не влияет на работу сети в целом*были случаи, когда устройство выходило из строя так, что «вешало» всю шину — постоянно выдавало на линию какой-то сигнал*
- Недостатки:
  - разрыв кабеля может повлиять на работу всей сети
  - ограниченная длина кабеля (до 1200 метров на сегмент)
  - ограниченное количество устройств (до 32 на сегмент)
  - низкая производительность из-за разделения канала между всеми устройствами*в момент времени только одно устройство может передавать данных, остальные ожидают*



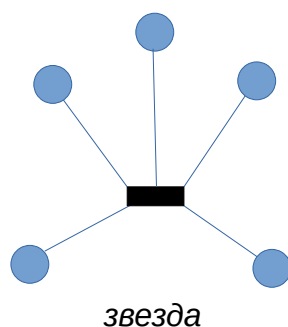
*последовательное соединение  
кабелей в клеммной колодке образует  
шину*

# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ (продолжение)

### Звезда

- Каждое устройство в сети связано с промежуточным активным устройством-концентратором (хаб, точка доступа).
- Концентратор обеспечивает параллельное соединение и связь всех устройств в сети.
- Передача сигналов является широковещательной, т. е. все сигналы от одного устройства распространяются одновременно по всем направлениям (лучам) сети.
- Достоинства:
  - + неограниченное количество устройств в сети (зависит от концентратора)
  - + масштабируемость
  - + легко настраивать / конфигурировать, подключать / отключать устройства
  - + отказ одного из устройств не влияет на работу сети в целом
- Недостатки:
  - большой расход кабеля (для проводных решений)
  - отказ концентратора влияет на работу сети, вплоть до полного ее «разрушения»
  - длина сегмента «концентратор-устройство» ограничена (для проводного Ethernet до 100 метров)

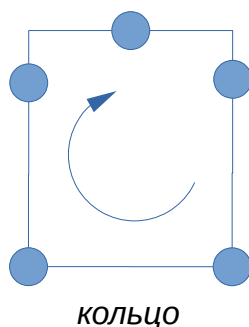


# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ (продолжение)

### Кольцо

- Каждое устройство связано с предыдущим и последующим, образуя непрерывное кольцо.
- Данные в кольце движутся в одном и том же направлении.
- Принимающее устройство в сети распознает и получает только адресованные ей данные, ставит отметку о получении и пересылает сообщение дальше по сети.  
Если исходный сигнал, пройдя по кольцу, вернулся обратно отправителю без отметки о получении, то считается, что целевой адресат отсутствует.  
Если исходный сигнал не вернулся отправителю (с отметкой или без) через какое-то время, то считается, что где-то имеется разрыв кольца.
- Любое устройство в сети активно участвует в передаче данных (своих и «чужих») дальше по кольцу (дополнительно выполняет роль активного коммутатора).
- Достоинства:
  - + устойчивая работа без существенного падения скорости при интенсивной нагрузке
  - + масштабируемость
  - + отсутствие дополнительного активного оборудования (само устройство выполняет роль активного коммутатора)
  - + при повреждении кабеля, кольцо разрывается и сеть превращается в некий аварийный вариант «шины»
- Недостатки:
  - + отказ одного из устройств влияет на работу сети в целом
  - + подключение / отключение устройства требует краткосрочного отключения сети или ее разрыва до аварийного варианта «шина»
  - + сложность настройки и конфигурирования
  - + сложность поиска неисправностей
  - + высокая стоимость оборудования и реализации

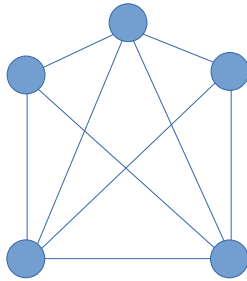


# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ (продолжение)

### Ячеистая

- Каждое устройство в сети соединено со всеми ближайшими устройствами по принципу «каждый с каждым», образуя ячейки.
- Каждое устройство в сети может выполнять роль как конечного устройства, так и роль коммутатора для остальных участников.
- Является «интеллектуальной» топологией с самовосстановлением и самоадаптацией (в зависимости от качества связи коммуникации могут самостоятельно и оперативно перестраиваться на другой маршрут — автоматическое переопределение маршрута).
- Активно применяется в современных беспроводных mesh-сетях (ZigBee, Bluetooth, Thread).
- Достоинства:
  - + «интеллектуальная» маршрутизация
  - + масштабируемость
  - + отсутствие дополнительного активного оборудования
  - + легко настраивать / конфигурировать, подключать / отключать устройства
  - + отказ одного или нескольких устройств не влияет на работу сети
- Недостатки:
  - большой расход кабеля (для проводных решений)
  - трудность построения и коммутирования сети при большом количестве соединяемых устройств



ячеистая

# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ

Сетевая модель стека сетевых протоколов OSI (The Open Systems Interconnection model). Посредством данной модели различные сетевые устройства могут взаимодействовать друг с другом. Модель определяет различные уровни взаимодействия систем. Каждый уровень выполняет определённые функции при таком взаимодействии.

7	<b>ПРИКЛАДНОЙ / APPLICATION</b> Доступ к прикладным сетевым службам, Взаимодействие сети и пользователя Данные <i>MODBUS, TELNET, DNS, SSH, FTP, SFTP, HTTP, POP3, IMAP, SMTP, WEBSOCKET, NTP, XMPP, RDP</i> <i>Межсетевой экран, Хост / Клиент сети</i>
6	<b>ПРЕДСТАВЛЕНИЕ / PRESENTATION</b> Кодирование / Декодирование, Сжатие / Распаковка, Шифрование / Дешифрование Данные <i>Межсетевой экран, Хост / Клиент сети</i>
5	<b>СЕАНСОВЫЙ / SESSION</b> Поддержание сеанса связи (создание, завершение), Синхронизация задач Объединение сегментов / датаграмм Данные <i>Сокет</i> <i>PPTP, SMPP, SCP, RTCP, PAP, NetBIOS, NFS, SQL</i> <i>Межсетевой экран, Хост / Клиент сети</i>
4	<b>ТРАНСПОРТНЫЙ / TRANSPORT</b> Обеспечение надежности передачи данных от отправителя к получателю Склеивание пакетов в сегменты / датаграммы Сегменты / Датаграммы (datagram) <i>TCP, UDP, SCTP</i> <i>Сетевой порт</i> <i>Межсетевой экран, Хост / Клиент сети</i>
3	<b>СЕТЕВОЙ / NETWORK</b> Логическая адресация (IP), Маршрутизация, Коммутация Упаковка фреймов в пакеты Пакеты <i>IPv4 / IPv6, ARP, ICMP, IGMP</i> <i>RIP (Routing Information Protocol), IPsec (Internet Protocol Security)</i> <i>Коммутатор (3-го уровня), Маршрутизатор, Межсетевой экран, Сетевой шлюз</i>
2	<b>КАНАЛЬНЫЙ / DATA LINK</b> Физическая адресация (MAC), Побитовый контроль ошибок / целостности Упаковка битов во фреймы Фреймы / Кадры, Биты <i>MAC, ARP</i> <i>CAN, ETHERNET, PPP, IEEE 802.11 Wireless LAN, x.25 WAN</i> <i>Коммутатор (2-го уровня), Мост, Точка доступа, Драйвер сетевой платы</i>
1	<b>ФИЗИЧЕСКИЙ / PHYSICAL</b> Среда передачи данных (порты, кабели) Уровни электрических сигналов, Цифровые двоичные сигналы Биты <i>RJx (11, 45), Dx-9, Dx-25, UTP Cable (CAT 5, 6), Optic Fibres, Wireless</i> <i>UART, RS-232, RS-422, RS-485, USB, DSL, Bluetooth, Wi-Fi, GSM</i> <i>Преобразователь, Повторитель, Концентратор, Медиаконвертер</i>



# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС UART

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter — Универсальный Асинхронный Приемо-Передатчик) — это интерфейс последовательной связи между цифровыми устройствами.

### Сетевая топология

- Точка-Точка (Point-Point)

### Сетевая модель

- 1) Физический
- 2) Канальный (частично)

### Последовательный (цифровой)

Передача данных выполняется по одному биту за один промежуток времени, последовательно один за одним по одному каналу связи.

Почти каждый микроконтроллер имеет один или несколько встроенных интерфейсов последовательной связи: SPI, I2C, UART, USB.

SPI, I2C и USB в силу своей специфики: имеют очень малое энергопотребление, для них отсутствует официальный стандарт, поддерживают передачу данных на малые расстояния.

### Универсальный

Почему в списке поддерживаемых интерфейсов микроконтроллера нет стандартных и общепринятых RS-232, RS-422, RS-485?

Микроконтроллер, на базе которого обычно строится интеллектуальное устройство (датчик, ПЛК, станция В/В) — это микросхема, которая имеет:

- малое энергопотребление (обычно до 3.3 В);
- ограниченное количество вводов/выводов.

RS-интерфейсы требуют:

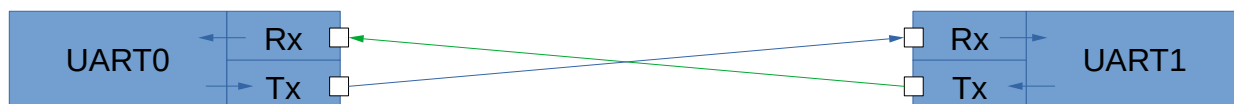
- напряжения 5, 7.5 или 12 В;
- различное количество проводников (от 2-х и более);
- дополнительные накладные расходы по контролю линии / сигнала

Поэтому, RS-интерфейсы, обычно, реализуют поверх UART с помощью специальных микросхем-преобразователей. Также, настроив UART определенным образом, поверх него можно реализовать дополнительный интерфейс I2C.

### Асинхронный Приемо-Передатчик

UART для передачи данных использует всего две линии:

- **Rx / Receiver / Приемник** — для приема данных (от внешнего устройства)
- **Tx / Transmitter/ Передатчик** — для отправки данных (к внешнему устройству)



# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС UART (продолжение)

### Дуплекс

Линии Rx/Tx формируют канал передачи данных UART, где отправка и прием данных между собой не синхронизированы (асинхронны) — одновременно может идти отправка и/или прием (по своим линиям). Это также называется — **Полный Дуплекс (Full Duplex)**.

В то же время, реализованный поверх UART RS-485 будет предоставлять всего лишь **Полудуплекс (Half Duplex)**, когда передача и прием данных синхронизированы между собой — например, сначала идет передача запроса, а потом идет прием ответа. Пропускная способность полудуплекса в два раза меньше чем у полного дуплекса.

### Настройки

**Скорость / Speed / Baudrate / Битрейт / Бодрейт** (боды, что аналогично бит/сек)

- 1200
- 2400
- 4800
- 9600
- **19200**
- 38400
- 57600
- 115200

**Количество бит данных / DATA-bits**

- 7
- **8**
- 9

**Бит четности / Parity**

- **N** (No parity / Нет четности)
- E (Even parity / С битом проверки на четность)
- O (Odd parity / С битом проверки на нечетность)

**Количество стоп-битов / STOP-bits**

- **1**
- 2

Часто можно встретить запись настроек UART в виде строки следующего вида:

**19200 8 N 1**

*Иногда используются два бита СТОП для уменьшения вероятности рассинхронизации приёмника и передатчика при плотном трафике. Второй бит СТОП здесь воспринимается как короткая пауза на линии.*

*Многие реализации UART имеют возможность автоматически проверять целостность данных методом контроля битовой чётности. Контроль четности выполняется автоматически как устройством-отправителем, так и устройством-приемником.*

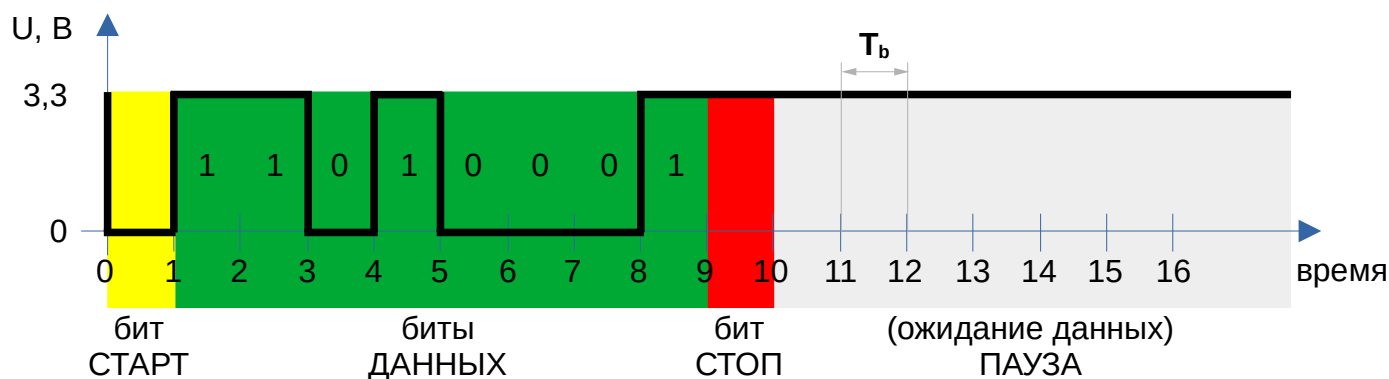
*Все эти настройки, соответственно, используются и для RS-интерфейсов, построенных поверх UART.*

# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС UART (продолжение)

Рассмотрим передачу одного байта данных через UART:

- настройки: **19200 8 N 1**
- данные: число  $139_{10} = 1000\ 1011_2$



### Промежутки отсчета битов

- Биты передаются в равные промежутки времени ( $T_b$ ).
- Промежуток определяется скоростью (baudrate) соединения.
- Временные интервалы задает источник тактирования (встроен в микроконтроллер).

### Пакет данных

- Биты группируются в так называемые «пакеты».
- Один пакет включает: Бит СТАРТ — Биты ДАННЫХ — Бит СТОП.
- Обычно один пакет данных несет 1 байт данных.
- Передача массива байт равносильная передаче массива пакетов (один за другим).
- Начало и конец пакета определяется битами СТАРТ и СТОП.

### Бит СТАРТ

- Перед отправкой, бит автоматически устанавливается и добавляется к началу пакета.
- При получении, бит автоматически удаляется из пакета, оставляя данные.
- Принято соглашение:  
бит **установлен** (1), когда на линии установлен уровень «0.0 В»  
бит **сброшен** (0), когда на линии установлен уровень «3.3 В»

### Биты ДАННЫХ

- Биты данных передаются друг за другом, начиная с 0-го (и т. д.).
- Принято соглашение:  
бит **установлен** (1), когда на линии уровень «3.3 В»  
бит **сброшен** (0), когда на линии уровень «0.0 В»

### Бит СТОП

- Перед отправкой, бит автоматически устанавливается и добавляется к концу пакета.
- При получении, бит автоматически удаляется из пакета, оставляя данные.
- Принято соглашение:  
бит **установлен** (1), когда на линии установлен уровень «0.0 В»  
бит **сброшен** (0), когда на линии установлен уровень «3.3 В»

# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС RS-232

RS-232 (Recommended Standard 232, другое название EIA-232) — стандарт последовательного проводного дуплексного интерфейса.

Стандарт был предложен в 1962 году американской Ассоциацией электронной промышленности (EIA). Стандарты EIA изначально имели префикс «RS», но сейчас обозначаются просто «EIA».

Устройство, поддерживающее этот стандарт, широко известно как последовательный порт персональных компьютеров (**COM-порт**).

Исторически стандарт имел широкое распространение в телекоммуникационном оборудовании (**модемная связь**).

В настоящее время стандарт повсеместно заменяется на USB.

### Сетевая топология

- Точка-Точка (Point-Point)

### Сетевая модель

- 1) Физический
- 2) Канальный (частично)

### Метод передачи данных

- Основан на интерфейсе UART.  
**полный дуплекс**  
*передача данных по линии Tx*  
*прием данных по линии Rx*

### Электрические уровни сигналов

- Данные передаются по проводам в виде цифрового двоичного сигнала
- Приняты следующие уровни напряжения:  
**логический «0»**, когда **на линии положительное напряжение от +5 до +15 В**  
**логическая «1»**, когда **на линии отрицательное напряжение от -5 до -15 В**
- Электрическое согласование напряжений UART (от 0 до 3.3 В) с напряжениями RS-232 (от -15 до +15 В) реализуется с помощью микросхем-преобразователей (например, MAX232).

### Физическая среда

- Витая пара (минимум три провода)  
Rx, Tx, Ground
- 9-контактный разъем типа D-sub

### Ограничения

- Скорость: до 115200 бод
- Длина кабеля: до 1,5 метров
- Количество устройств на линии: 2

# СЕТИ СВЯЗИ

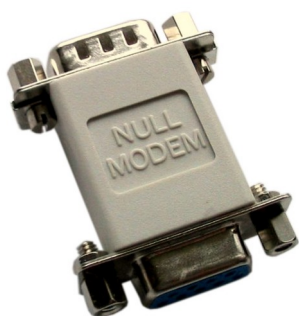
## СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС RS-232 (продолжение)

### Нуль-модемное соединение / Нуль-модемный кабель

Изначально стандарт RS-232 предназначался для соединения телетайпа (электромеханическая печатная машинка) с телефонным модемом — и уже опосредованно, через модемы, телетайпы общались друг с другом. Соединение было прямое — линия Rx телетайпа к линии Rx модема, Tx телетайпа к Tx модема.

В нуль-модемном соединении линии передачи (Tx) и приёма (Rx) соединены непосредственно, крест-накрест, без использования модемов.

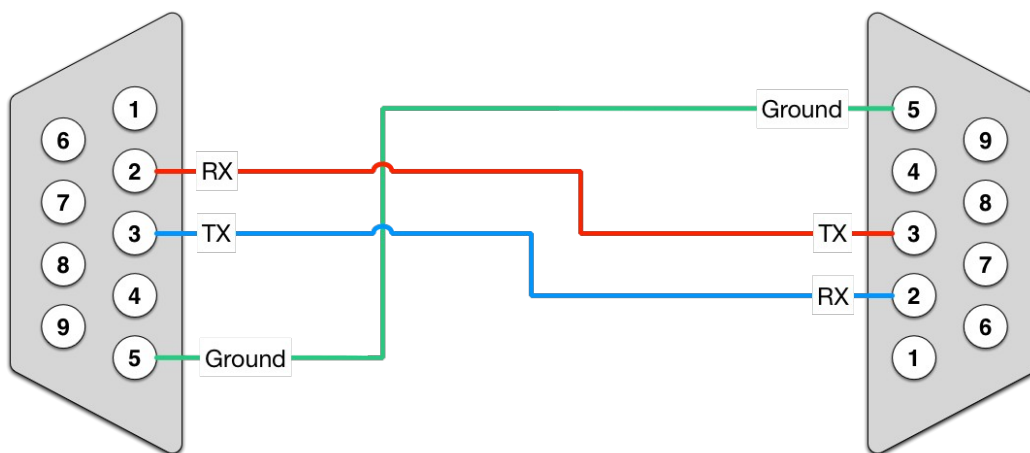
Нуль-модемное соединение не стандартизовано, поэтому существуют несколько разводов.



нуль-модемный  
переходник



нуль-модемный  
кабель



3-проводная схема расключения  
нуль-модемного кабеля



разъемы DE-9S (socket/розетка)  
и DE-9P (pin/вилка)



микросхема MAX232



преобразователь  
UART / RS-232

# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС RS-485

RS-485 (Recommended Standard 485, другое название EIA-485) — стандарт последовательного полудуплексного интерфейса многоточечной дифференциальной линии связи типа «общая шина».

Стандарт приобрел большую популярность и стал основой для создания целого семейства промышленных сетей, широко используемых в промышленной автоматизации.

### Сетевая топология

- Точка-Точка (Point-Point)
- Шина (Bus)

### Сетевая модель

- 1) Физический
- 2) Канальный (частично)

### Метод передачи данных

- Основан на интерфейсе UART

#### ***полудуплекс***

*передача данных по одной линии D (один период времени Rx, другой - Tx)*

### Электрические уровни сигналов

- Данные передаются по проводам в виде цифрового двоичного сигнала
- Приняты следующие уровни напряжения:  
***логический «0»***, когда ***на линии положительное напряжение от +7 до +12 В***  
***логическая «1»***, когда ***на линии отрицательное напряжение от -7 до -12 В***
- Электрическое согласование напряжений UART (от 0 до 3.3 В) с напряжениями RS-485 (от -12 до +12 В) реализуется с помощью микросхем-преобразователей (например, MAX485).

### Физическая среда

- Витая пара (3-провода)  
A / D+ (прямой сигнал), B / D- (инверсный сигнал), C / Ground
- Разъем не стандартизирован

### Ограничения

- Скорость: до 10 000 кбит/сек (линия до 10 метров)
- В один момент времени активным может быть только одно устройство (особенность полудуплекса)
- Требования к одному сегменту сети:  
длина кабеля: 1200 метров  
количество устройств: 32

Если необходимо увеличить длину линии и/или количество устройств, то необходимо добавлять еще один сегмент в сеть, для чего между сегментами необходимо установить специальное активное устройство — усилитель / повторитель.

# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС RS-485 (продолжение)

### Соединение устройств

- Устройства соединяются друг с другом последовательно симметричными кабелями:
  - канал «А» 1-го устройства к каналу «А» 2-го,
  - канал «В» 1-го устройства к каналу «В» 2-го,
  - канал «С» 1-го устройства к каналу «С» 2-го,
  - каналы «А», «В» и «С» 2-го устройства к аналогичным каналам 3-го,
  - и т. д.*конечные устройства не закольцовываются*

### Терминальные резисторы

- На концах шины в пределах одного сегмента устанавливаются согласующие резисторы ( $R_T$ ) (терминаторы), которые:
  - уменьшают отражение сигнала от конца линии связи,
  - подавляют синфазные помехи кабеля «витая пара»,
  - обеспечивают достаточный ток через всю линию связи.

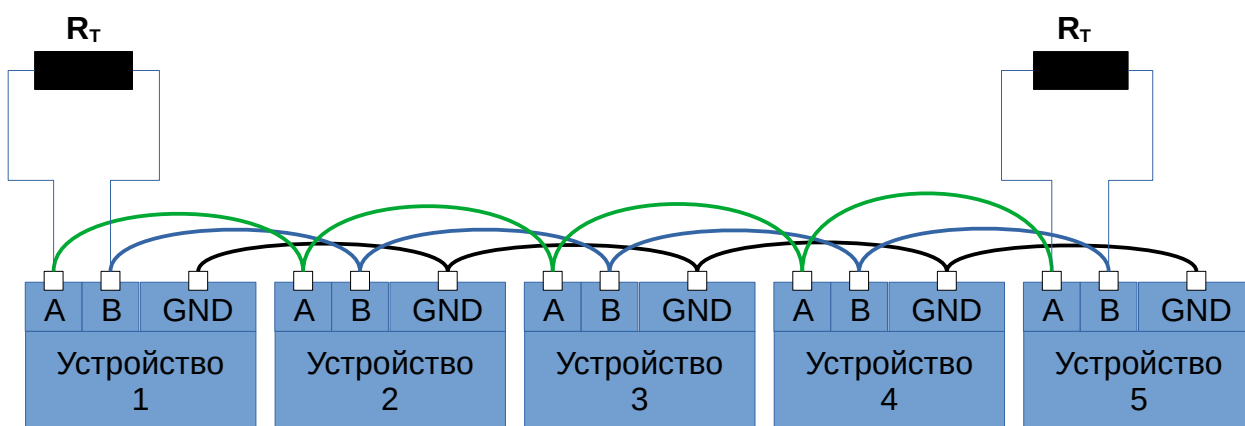
$$R_T = R_K \approx 120 \text{ Ом}$$

$R_T$  — сопротивление согласующего резистора (Ом)

$R_K$  — волновое сопротивление кабеля «витая пара» (120 Ом)

### Сегментирование сети

- Для создания дополнительного сегмента сети используется устройство-повторитель (repeater):
  - повторитель устанавливается между сегментами сетей,
  - на концах каждого сегмента установить согласующие резисторы.

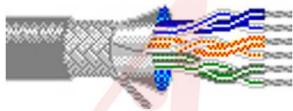


*соединение нескольких устройств в шину*

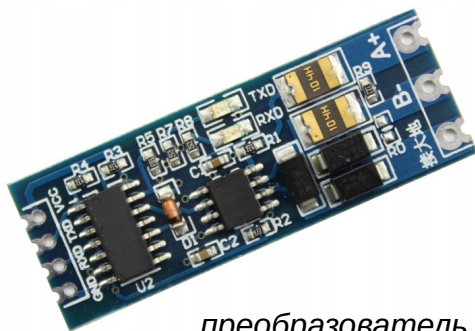


# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС RS-485 (продолжение)



витая пара



преобразователь  
UART / RS-485



преобразователь  
USB / RS-485



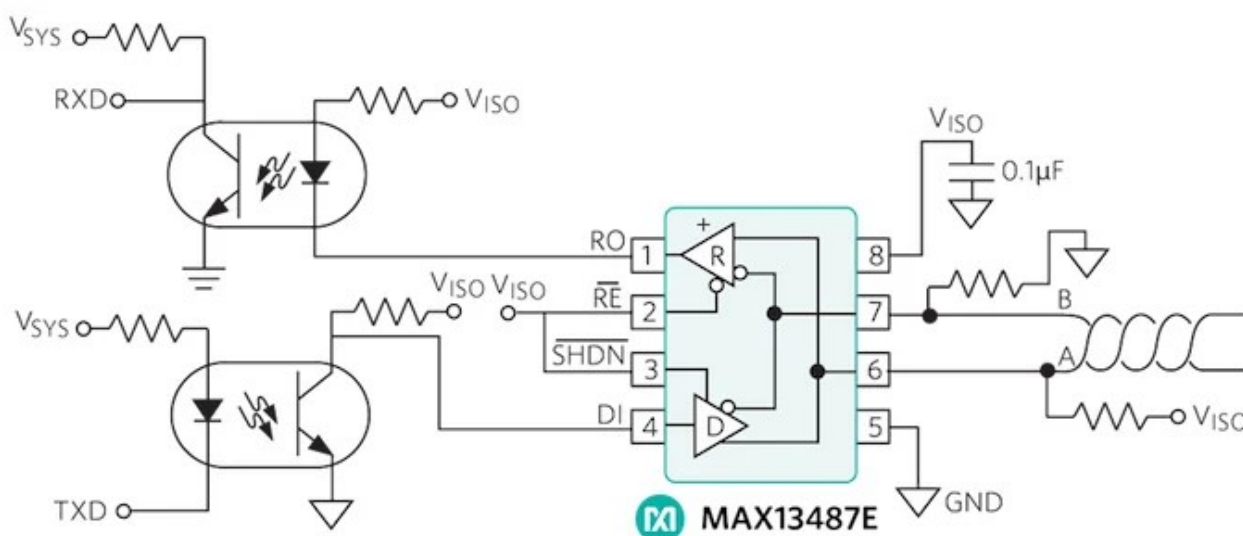
преобразователь  
RS-232 / RS-485  
(Овен AC3)



преобразователь  
USB / RS-485  
(Овен AC4)



преобразователь  
RS-485 / ETHERNET  
(Moxa Nport 5130)



преобразователь UART / RS-485  
схема с гальванической развязкой на оптопарах перед каналами Rx и Tx



# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС ETHERNET

Ethernet (ether — эфир, network — сеть, цепь) — семейство технологий пакетной передачи данных между устройствами для компьютерных и промышленных сетей.

Основным стандартом для семейства технологий Ethernet является IEEE 802.3 (группа стандартов), где на канальном уровне OSI определены:

- проводные соединения и разъемы
- электрические сигналы на физическом уровне
- формат кадров
- протоколы управления доступом к среде

Независимо от скорости и способа передачи, стек сетевого протокола и программы работают одинаково практически во всех реализациях.

### Сетевая топология

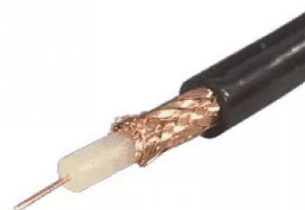
- Звезда (Star)
- Шина (Bus, для старых версий стандарт)

### Сетевая модель

Все уровни.

### Физическая среда

- Коаксиальный кабель (по стандарту Ethernet версий 1.0 и 2.0)
- Витая пара
- Оптический кабель (оптоволокно)
- Беспроводной канал (радиоканал)



#### Коаксиальный кабель

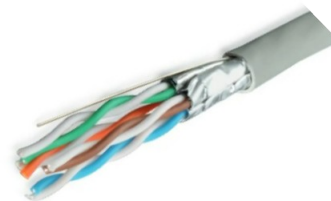
- полудуплексный режим работы
- топология сети типа «общая шина»
- высокая стоимость кабеля
- требования к радиусу изгиба кабеля
- нет возможности передавать питание совместно с данными
- требуется дополнительная гальваническая развязка  
*без развязки есть большая вероятность электрического пробоя сетевой карты*
- чувствительность к внешним электромагнитным помехам
- имеется «погонное» затухание сигнала
- длина кабельного сегмента:
  - 185 метров (тонкий кабель: диаметр 6 мм, до 10 Мбит/с)
  - 500 метров (толстый кабель: диаметр 12 мм, до 10 Мбит/с)
- количество устройств на сегмент:
  - 30 (тонкий кабель)
  - 100 (толстый кабель)

# СЕТИ СВЯЗИ

## СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС ETHERNET (продолжение)

### Витая пара

- дуплексный режим
- топология сети типа «звезда»
- низкая стоимость кабеля
- минимальные требования к радиусу изгиба кабеля
- возможность передачи питания совместно с данными (PoE)
- гальваническая развязка трансформаторного типа
- чувствительность к внешним электромагнитным помехам
- имеется «погонное» затухание сигнала
- длина кабельного сегмента:  
до 100 метров
- количество устройств на сегмент:  
ограничено количеством портов активного концентратора (хаба)



### Скорость передачи данных

- 10 Мбит/сек
  - 10BASE-T  
витая пара (CAT3): 4-проводный дуплекс (2 пары)
  - 10BASE-F\*  
оптоволокно
- 100 Мбит/сек
  - 100BASE-TX  
витая пара (CAT5, неэкранированная): 4-проводной дуплекс (2 пары)
  - 100BASE-FX  
оптоволокно (многомодовое): дуплекс
  - 100BASE-SX  
оптоволокно (многомодовое): дуплекс (до 10 километров)
  - 100BASE-FX WDM  
оптоволокно (одномодовое): дуплекс (до 10 километров)  
длины волн: 1310 нм (A), 1550 нм (B)
- 1 Гбит/сек
  - 1000BASE-T  
витая пара (CAT5e): 4-проводной дуплекс (2 пары)
  - 1000BASE-SX  
оптоволокно (многомодовое)  
длина волны: 850 нм (до 550 метров)
  - 1000BASE-LX  
оптоволокно (одномодовое или многомодовое)  
длина волны: 1310 нм (до 550 метров)
- 10 Гбит/сек
  - 10GBASE-T  
витая пара (CAT6, CAT6a): 4-проводной дуплекс (2 пары, до 55 или 100 метров)
  - 1000BASE-SR  
оптоволокно (многомодовое, до 25 метров)
  - 1000BASE-LR, -ER  
оптоволокно (многомодовое, до 10 и 40 километров)

# СЕТИ СВЯЗИ

## ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ

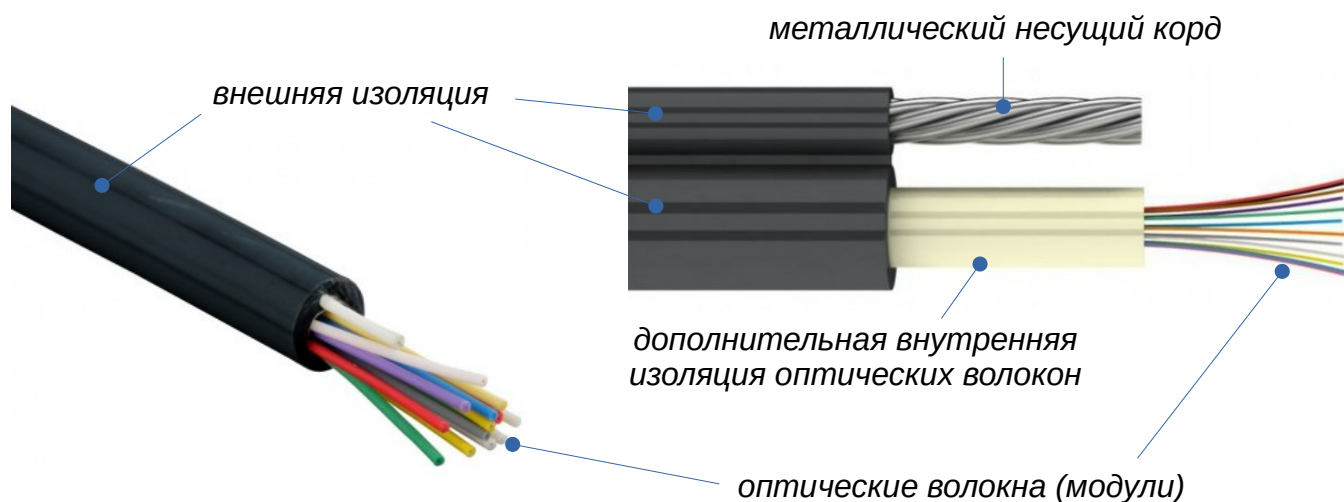
Оптоволоконный кабель (**волоконно-оптический кабель, ВОЛС**) — кабель на основе волоконных световодов, предназначенный для передачи оптических сигналов в линиях связи, в виде фотонов (света), со скоростью меньшей скорости света из-за непрямолинейности движения.

### Характеристики ВОЛС

- дуплексный режим
- топология сети типа «звезда»
- высокая скорость передачи данных
- полная гальваническая развязка между передатчиком и приемником *нет электрического сигнала*
- полное отсутствие чувствительности к внешним электромагнитным помехам
- очень малое «погонное» затухание сигнала (малые потери сигнала)
- длина кабельного сегмента:  
*до 2 километров (в отдельных случаях до 10 или 40 километров)*
- малые габаритные размеры и масса
- количество устройств на сегмент:  
*ограничено количеством портов активного концентратора (хаба)*
- высокая стоимость кабеля и коммуникационного оборудования
- высокие требования к радиусу изгиба кабеля
- высокая трудоемкость сварки и обслуживания кабеля  
*в местах сварки происходит ослабление сигнала*
- нет возможности передачи питания совместно с данными (PoE)
- на передающей и принимающей стороне требуются специальные активные медиаконвертеры с поддержкой различной длины оптической волны

### Структура оптического кабеля:

- Снаружи:
  - **внешняя защитная оболочка / изоляция (ПВХ)**
- Внутри:
  - **оптические волокна (модули)**

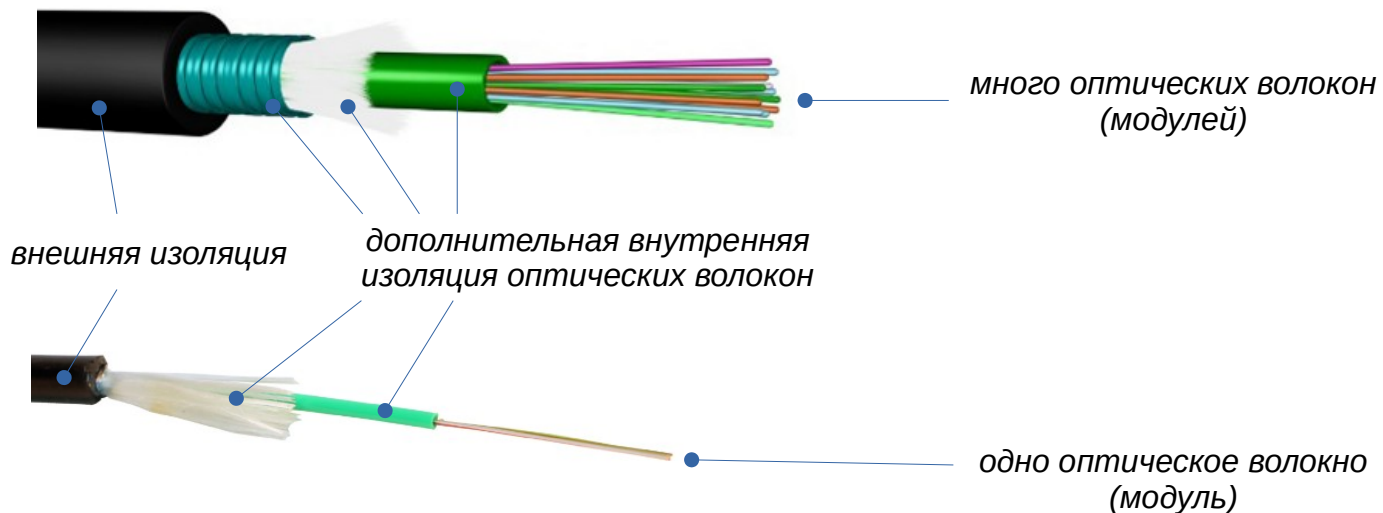


# СЕТИ СВЯЗИ

## ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ (продолжение)

По количеству волокон кабель может быть:

- Одномодульный / **Одноволоконный** / Одножильный
- Многомодульный / **Многоволоконный** / Многожильный



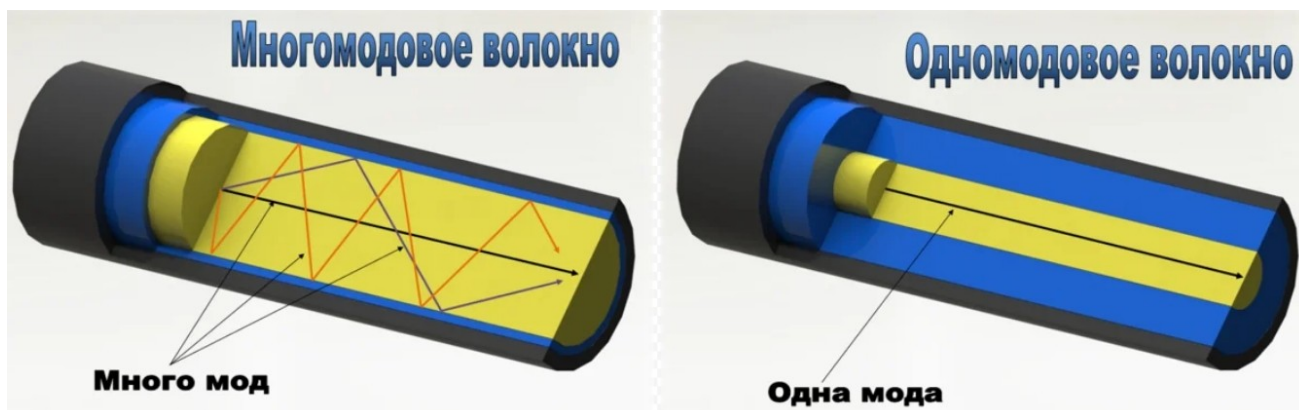
**Один модуль (волокно)** включает в себя:

- **нить** (сердечник, световод)
  - сечение: круглое
  - материал: кварцевое стекло или пластик
  - диаметр: 9 — 62,5 мкм
- **защитная оболочка** оптической нити
  - материал: цветной пластик с легирующими добавками
  - диаметр: 125 мкм

**Мода** — элементарная составляющая, **отдельный луч света**, проходящий по одному волокну. В зависимости от диаметра сердцевины, показателей преломления, материалов сердцевины и оболочки - в одном оптическом волокне будет распространяться только одна или несколько мод излучения.

По количеству лучей волокна бывают:

- **Одномодовые** (диаметр нити: 9 мкм)
- **Многомодовые** (диаметр нити: 50 или 62,5 мкм)



# СЕТИ СВЯЗИ

## ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ (продолжение)

### Оптический разъем

Оптический разъем состоит из двух компонентов:

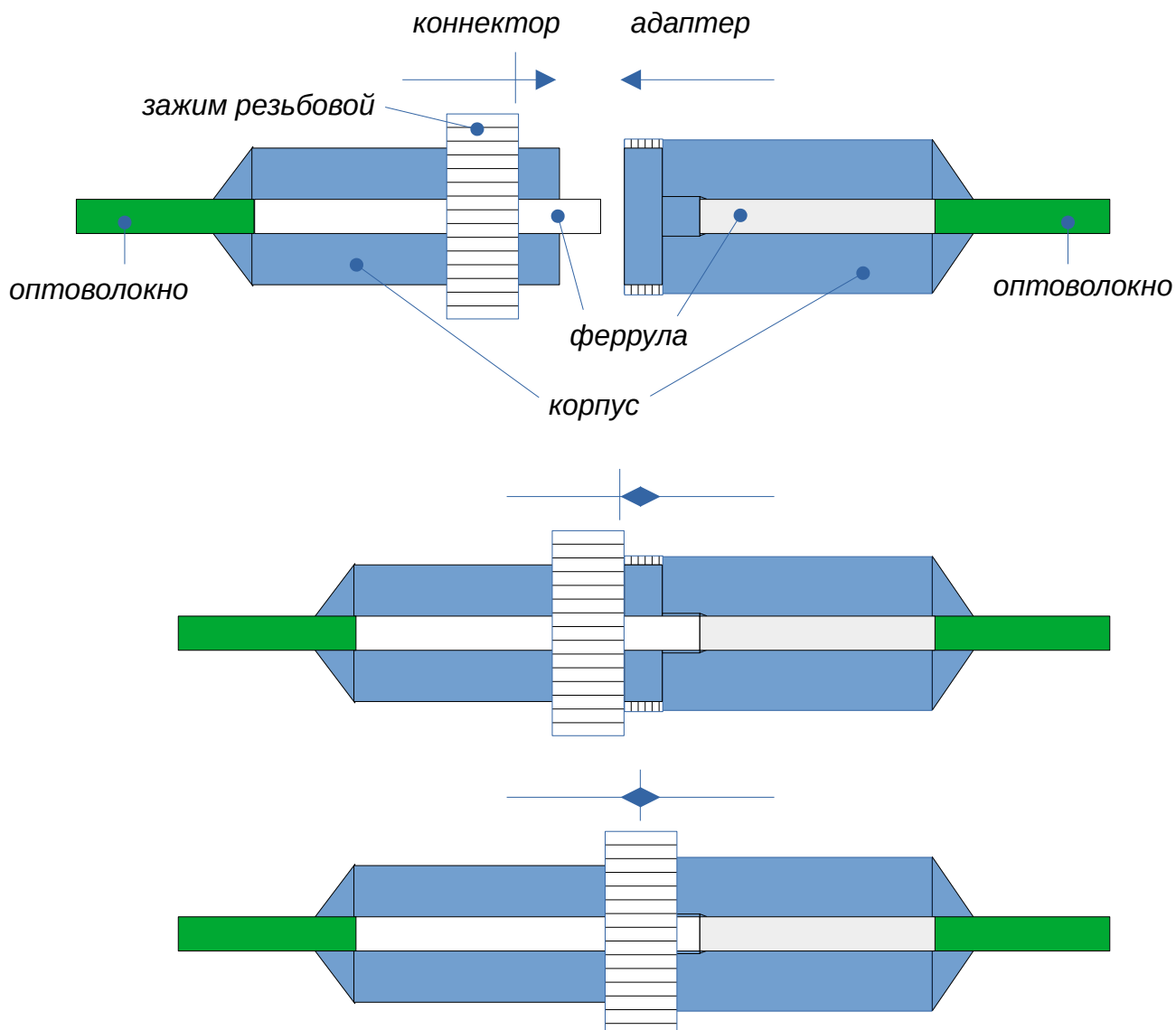
- **штырьевой разъем** (коннектор)
- **гнездовой разъем** (адаптер, розетка)

Каждый компонент разъема в свою очередь включает в себя:

- Снаружи
  - **корпус** (металлический или пластиковый, разборный или цельный)
  - **специальный зажим** (резьбовой или специальная защелка)
- Внутри
  - **наконечник цилиндрической формы** — **феррула** (ferrule, керамика, диаметр от 1,25 до 2,5 мм)

Одно оптическое волокно (модуль) из волоконно-оптического кабеля приваривается к центральной части феррулы разъема.

Коннектор вставляется в адаптер (розетку) до полного контакта друг с другом и фиксируются специальным зажимом.



# СЕТИ СВЯЗИ

## ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ (продолжение)

### Типы оптических разъемов

- **SC**
  - пластиковый корпус прямоугольной формы
  - феррула диаметром 2,5 мм
  - зажим с защелкой
  - наиболее применяемые
  - простота коммутации
  - плохо адаптирован к механическим и вибрационным нагрузкам (при определенном уровне вибрации размыкается зажимной механизм и разъемный контакт становится незафиксированным)
- **LC**
  - по форме, материалу и принципу коммутации напоминает SC
  - феррула диаметром 1,25 мм
- **FC**
  - пластиковый или металлический цилиндрической формы
  - феррула диаметром от 1,25 до 2,5 мм
  - зажим резьбовой
  - самый надежный (механическая прочность и вибрационная устойчивость)
- ST
- E2000
- MTRJ





# СЕТИ СВЯЗИ

## ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ (продолжение)

### Оптический патч-корд

Волоконно-оптический патч-корд — это готовый волоконно-оптический кабель определенной длины с установленными с обоих концов разъемами.



### Приборы и инструменты для работы с ВОЛС



*сварочный аппарат*



*набор инструмента для работы с оптическим кабелем*



*тестеры*



*тестер обрыва линии*