

СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

12.0.1.1

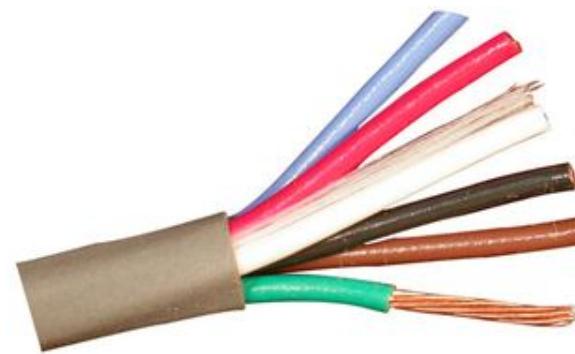
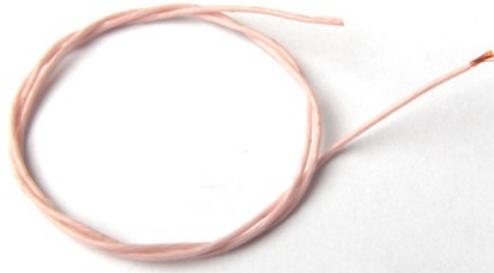
Все исконо используемые в КС СрПД можно разделить на пять типов:

1. Коаксиальные кабели (coaxials) с различным волновым сопротивлением.
2. Экранированные и неэкранированные кабели на основе витых пар (twisted pairs) различных категорий.
3. Одно- и многорежимные (одно- и многомодовые) оптоволоконные кабели (fiber равно fibre).
4. Эфир (ether).
5. Телефонные пары (phone pairs).

Где: 1, 2, 5 -- «медь» (copper); 3 -- «оптика» (optics); 1, 2, 3, 5 -- проводные (wired) СрПД; 4 -- беспроводные (wireless) СрПД.

12.0.1.2

Физически проводные СрПД выражаются в виде отдельных проводов (wires), кабелей (cables) и шлейфов (ribbon cables).



В КС в основном применяют различные кабели.

12.0.1.3

С точки зрения целевой области применения все кабели делят на:

1. *Кабели для внешней прокладки (outdoor cables)* -- СПД на улице.
2. *Кабели для внутренней прокладки (indoor cables)* -- СПД в помещениях.
3. *Оконечные кабели (cords)* -- для подключения рабочих мест.

Основные отличительные требования outdoor-кабелей: большее число проводников, высокая прочность, улучшенные электро-магнитные характеристики, влагостойкость, широкий диапазон рабочих температур, наличие дополнительных упрочняющих или гальванически развязывающих вставок.

Indoor-кабели отличаются от outdoor-кабелей меньшими габаритами и массой, большей гибкостью, лучшей пожаростойкостью, при сохранении тех же ключевых достоинств.

Кабели cords являются сравнительно простыми и низкокачественными.

12.0.1.4

В простейшем случае отдельный провод состоит из *физического проводника* (conductor) и *изоляции* (isolation).

Проводники могут быть *одножильными* (solid) и *многожильными* (stranded).

Отдельно выделяют так называемые *витые* (twisted) провода. Обычно свиты два провода, образующие дифференциальную пару.

12.0.1.5

Традиционно кабели измеряют метрами или футами (1 ft = 30,48 sm).

Сечение проводников, используемых в КС (и не только), принято измерять в AWG (American Wire Gauge): диаметр 1 mm соответствует 18 AWG (сечение $0,78 \text{ mm}^2$; максимальный ток 2,36 A -- при максимально допустимой плотности тока 3 A/mm^2).

Например, стандартное сечение жилы витой пары равно 24 AWG (диаметр около 0,5 mm).

12.0.1.6

Многие сведения о кабеле, в частности соответствие стандартам, производители указывают при его маркировке.



12.0.1.7

Любой разъем (connector) состоит из вилки (male) и розетки (female).

Контакты разъемов могут быть либо штыревыми, либо гнездовыми.

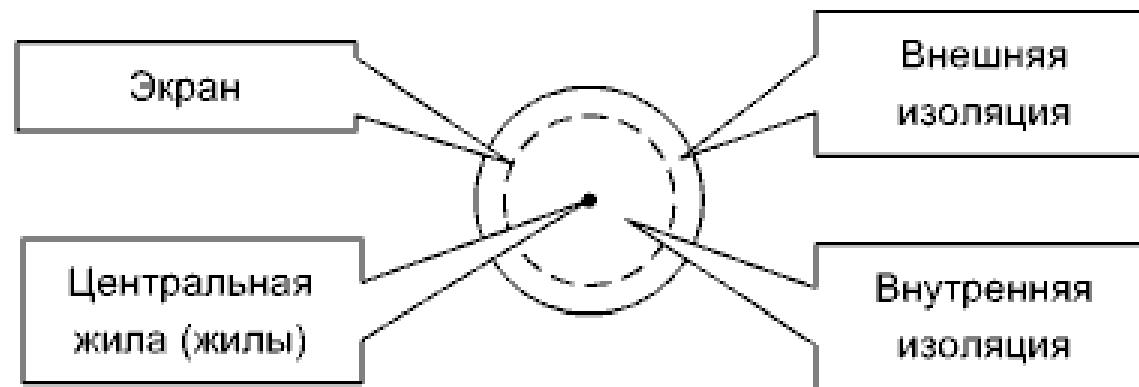
В настоящее время для соединения разъемов с проводами пайку практически не используют. Следовательно, широко применяют специальные инструменты и почти всегда отсутствуют соответствующие пайке специальные покрытия проводников.

12.0.2.1

В сегментах КС широко использовали три базовых вида коаксиальных кабелей: с волновым сопротивлением $50\ \Omega$ -- RG-8, RG-58, и с волновым сопротивлением $75\ \Omega$ -- RG-59.

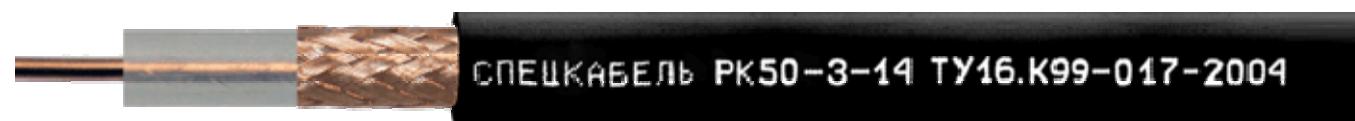
Коаксиальные outdoor- и indoor-кабели отличаются от cord-кабелей в основном внешней изоляцией.

12.0.2.2



Структура коаксиального кабеля

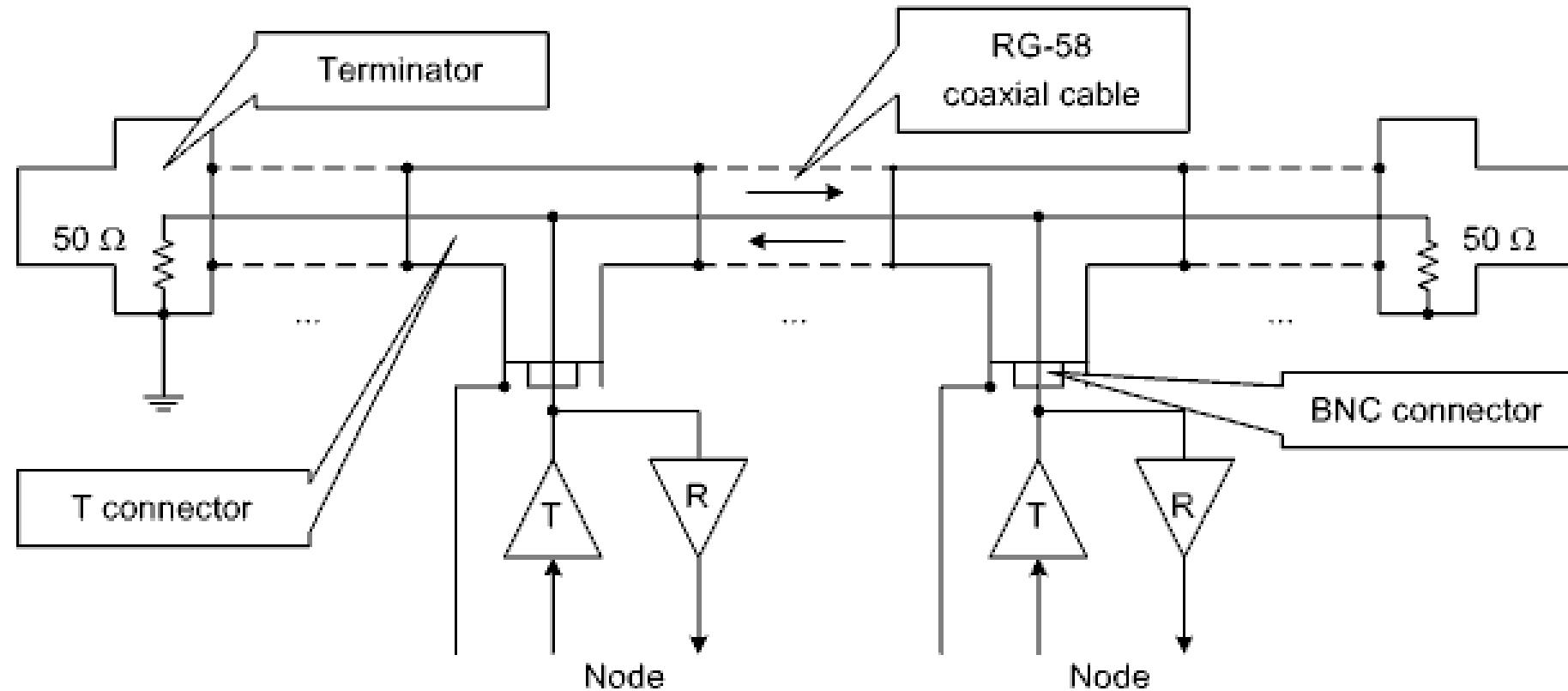
12.0.2.3



РК 50 (аналог RG-58) [Спецкабель]

12.0.2.4

Для формирования сегмента на базе коаксиального кабеля необходимо соответствующее количество BNC-разъемов (Bayonet-Neill-Concelman), Т-соединителей и пара *терминаторов* (terminators), один из которых заземляют.



Пример структуры сегмента с исп. коаксиального кабеля (10BASE2)

12.0.2.5



BNC connector; Terminator, T connector, Barrel

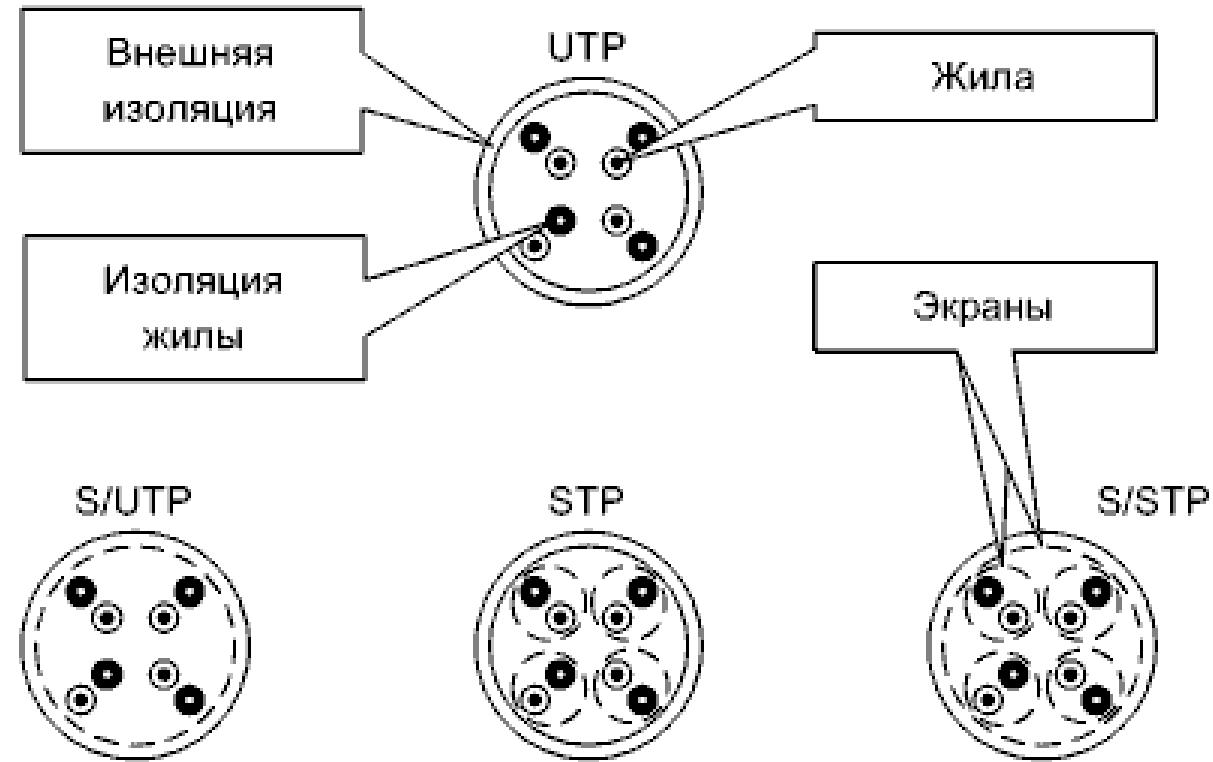
12.0.2.6

Коаксиальные кабели производители обычно выпускают черными, реже серыми.

12.0.3.1

В сегментах КС широко используют четыре основных вида кабелей на основе витых пар.

12.0.3.2

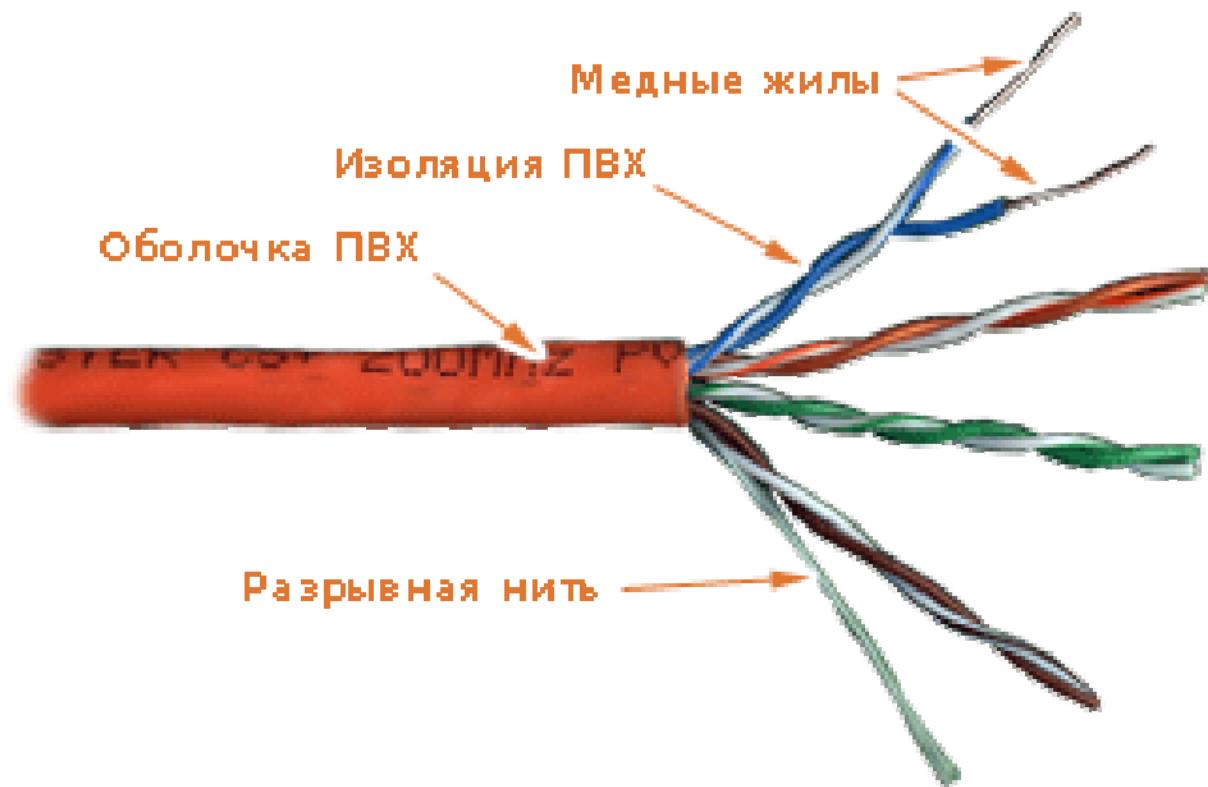


Где ТР -- Twisted Pair, S -- Shielded, U -- Unshielded, плюс может быть F -- Foiled (если для изготовления экрана применена фольга).

Особо выделяют плоский (flat) кабель (**например**, для напольной прокладки).

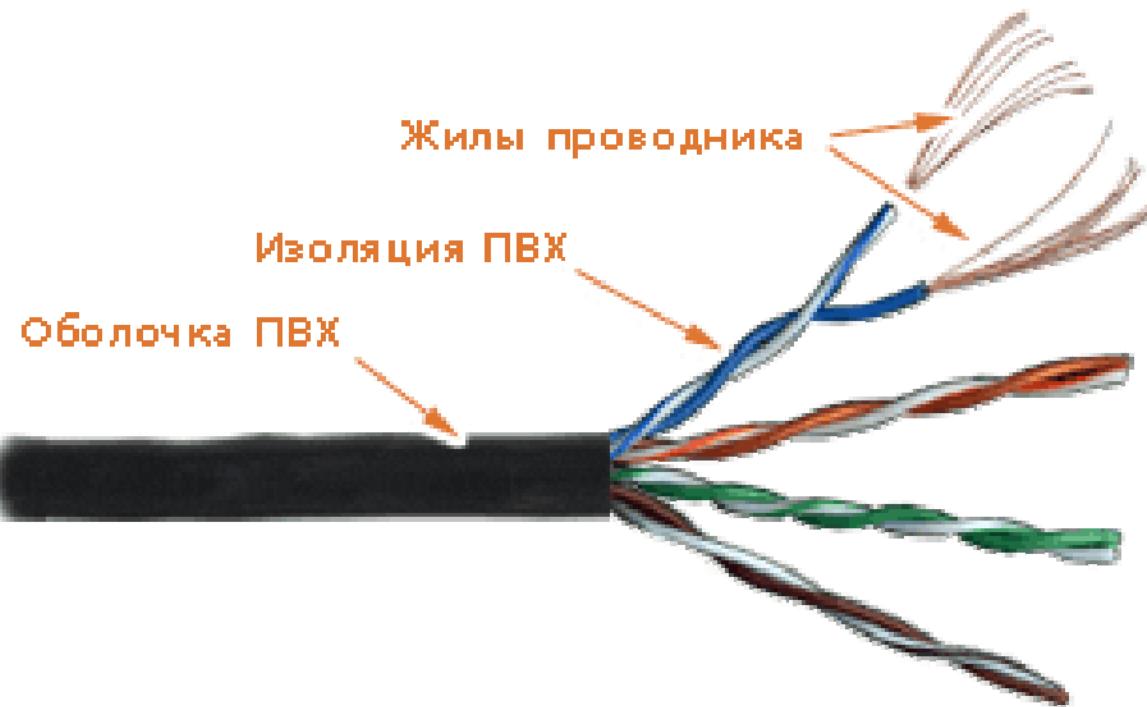
Структура кабелей на основе витых пар

12.0.3.3а



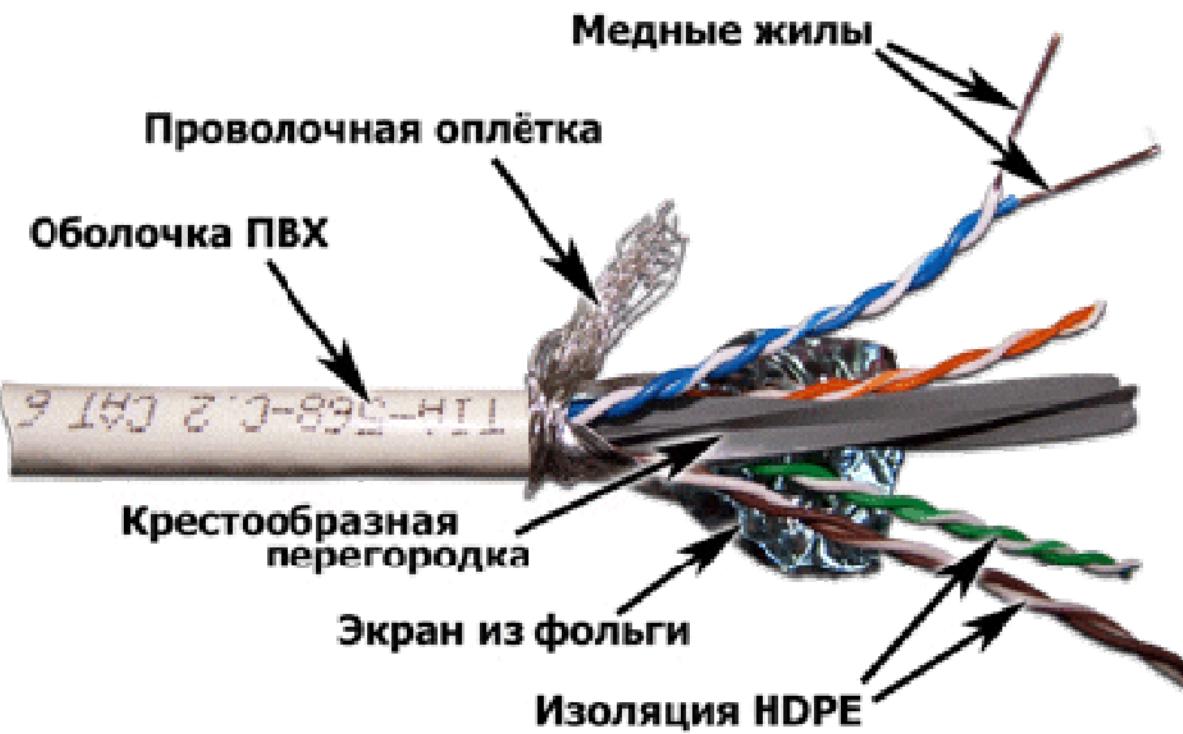
Solid UTP category 5e [Lanmaster]

12.0.3.3b



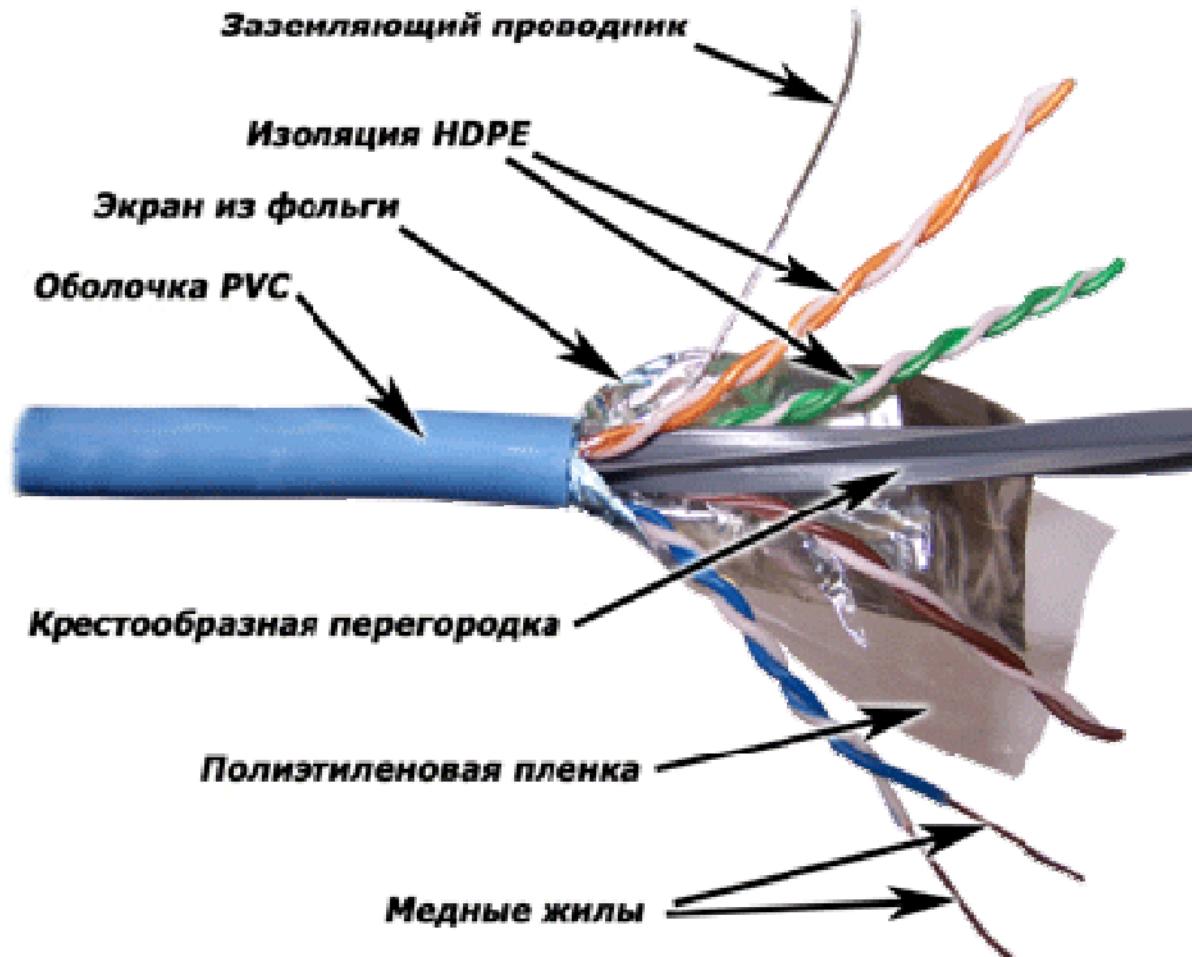
Stranded UTP category 5e [Lanmaster]

12.0.3.3c



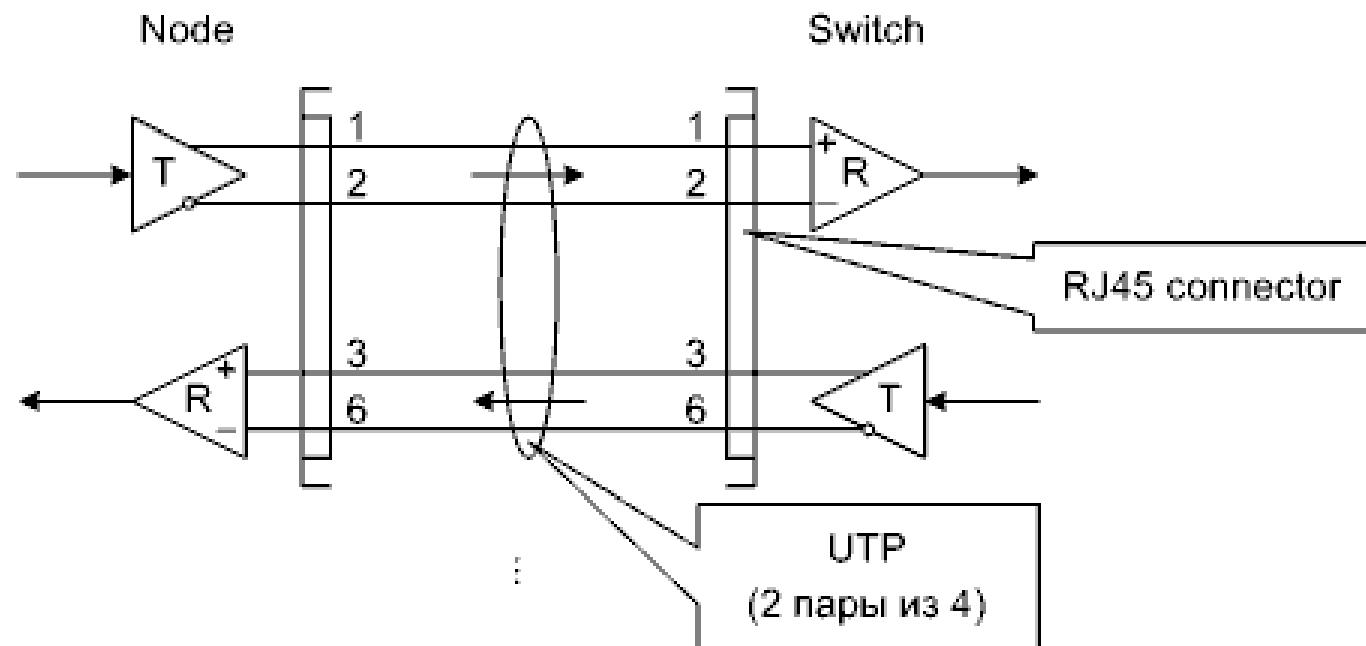
Solid SF/UTP category 6 [Lanmaster]

12.0.3.3d



Solid F/UTP category 6A [Lanmaster]

12.0.3.4



Пример структуры сегмента с использованием витых пар (100BASE-TX)

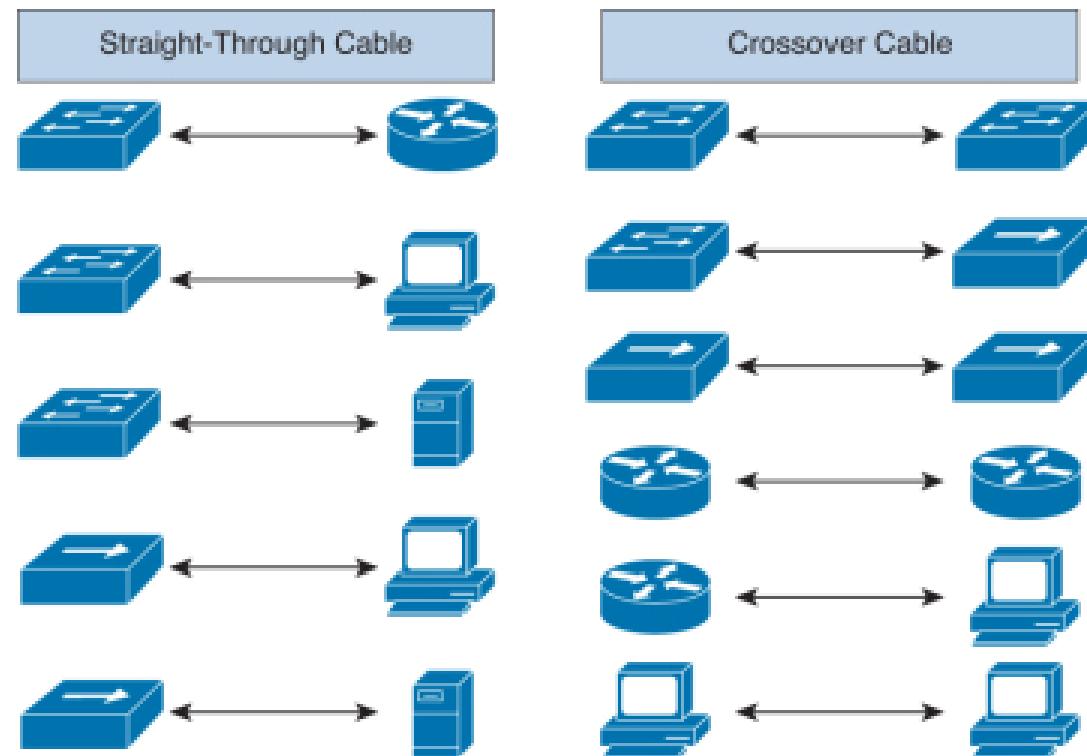
12.0.3.5

В типовых случаях, витыми парами соединяют разноранговое сетевое оборудование. Например, пользовательскую станцию подключают к коммутатору, или коммутатор подключают к маршрутизатору. При этом используют кабели с «прямой» разводкой.

При необходимости, для соединения однорангового оборудования, например непосредственного связывания двух пользовательских станций, используют кросс-кабели -- пары TD и RD скрещены.

(Полная аналогия с вариантами соединений ООД и АПД.)

12.0.3.6



Межсоединения сетевого оборудования по правилам Cisco [Cisco]

12.0.3.7

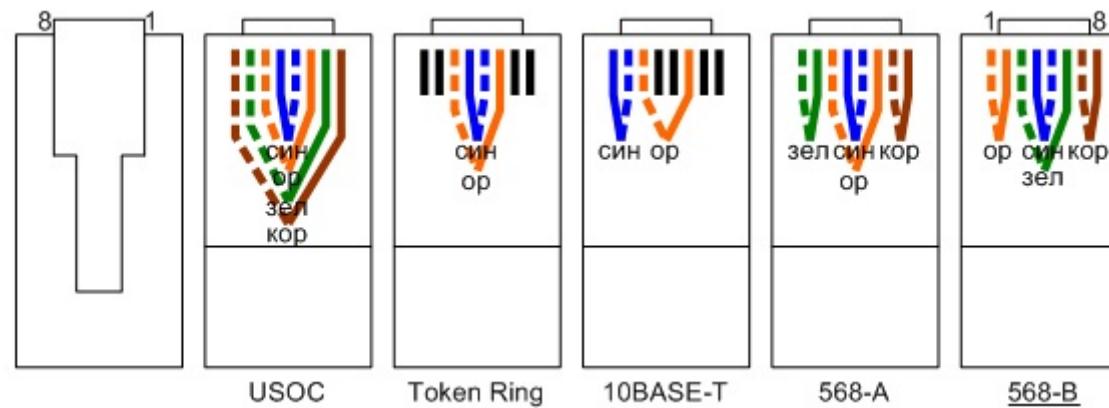
Для подключения кабелей на основе витых пар применяют разъемы RJ45.

12.0.3.8



RJ45 connector

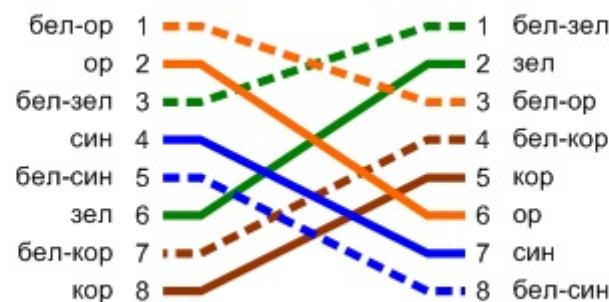
12.0.3.9



(У нас традиционно выбирают вариант 568-В.)

Стандартная разводка витых пар

12.0.3.10



Кросс-кабель Gigabit Ethernet

12.0.3.11

Цвета самих кабелей (и колпаков разъемов) в стандартах не оговорены. От производителей более-менее доступны кабели 12 стандартных цветов (привязаны к палитре RAL).

Обычные кабели имеют серый цвет (различные оттенки). Другие цвета (например, оранжевый или, даже, белый) «говорят» о более высоком качестве (например, лучшей пожарной безопасности). И востребованы для маркировки кабельных систем.

12.0.4.1

Используемые оптоволоконные кабели отличаются большим разнообразием -- следствие относительной дороговизны.

12.0.4.2

Рабочими компонентами оптоволоконных кабелей являются *световоды* (primary fiber, waveguide, lightpipe), изготовленные из оптоволокна, то есть особого кварцевого стекла. Поскольку оптоволокно очень хрупкое, его многократно защищают различными способами. **Световод -- это оптический волновод.**

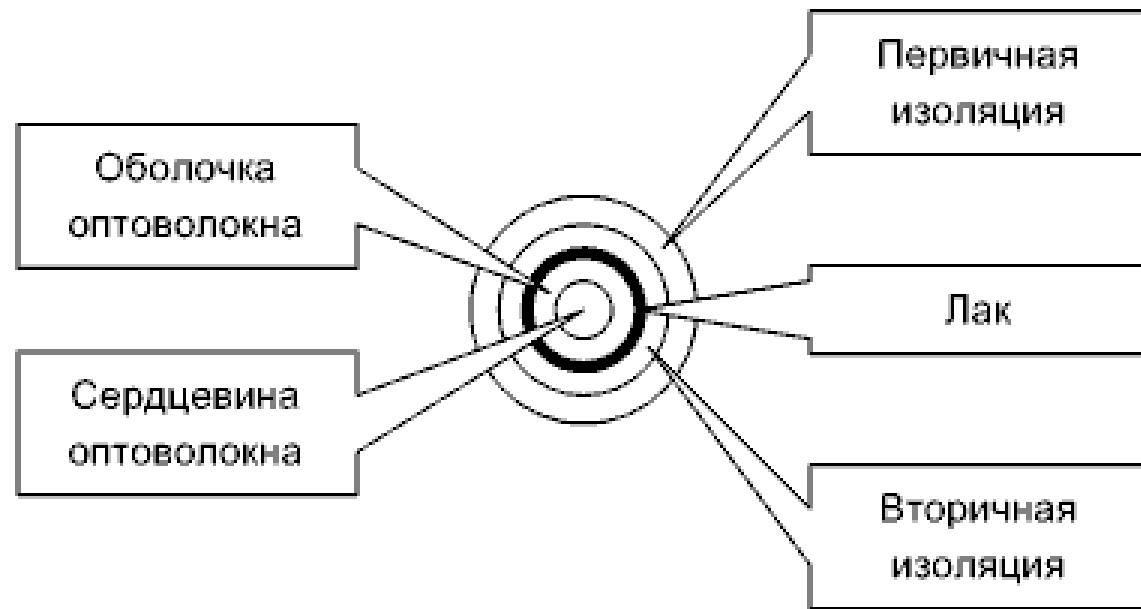
Рабочими компонентами самого световода являются *оболочка* (cladding) и *сердцевина* (core).

12.0.4.3



[Amazon]

12.0.4.4



Структура световода

12.0.4.5

В стандартах предусмотрены восемь базовых видов световодов: ОМ1, ОМ2, ОМ3, ОМ4 и ОМ5 -- многорежимные; OS1, OS2 и OS1a -- однорежимные (по-другому MM1, MM2, MM3, MM4, MM5; SM1, SM2, SM1a соответственно).

Отличаются полосой пропускания и другими техническими характеристиками.

Диаметр сердцевины: 62,5 $\mu\text{м}$ (американский стандарт) -- ОМ1; 50 $\mu\text{м}$ (европейский стандарт) -- ОМ2, ОМ3, ОМ4 и ОМ5; 9 $\mu\text{м}$ -- OS1, OS2 и OS1a.

Диаметр оболочки: 125 $\mu\text{м}$ -- для всех видов.

Общий же диаметр световода, с учетом буферизации, обычно равен около 250 $\mu\text{м}$ (может быть до 1 мм).

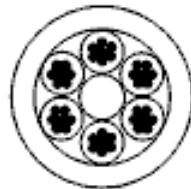
12.0.4.6

Применяют множество видов оптоволоконных кабелей.

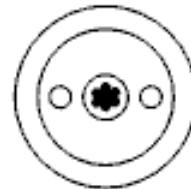
Outdoor,
Indoor:



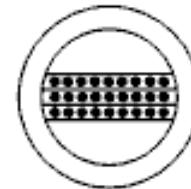
С профицированным
сердечником



Модульный

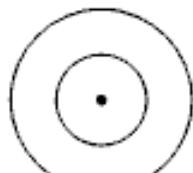


С центральной
трубкой



Ленточный

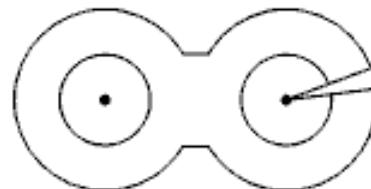
Cords:



Симплексный



Круглый
дуплексный



Zip-дуплексный

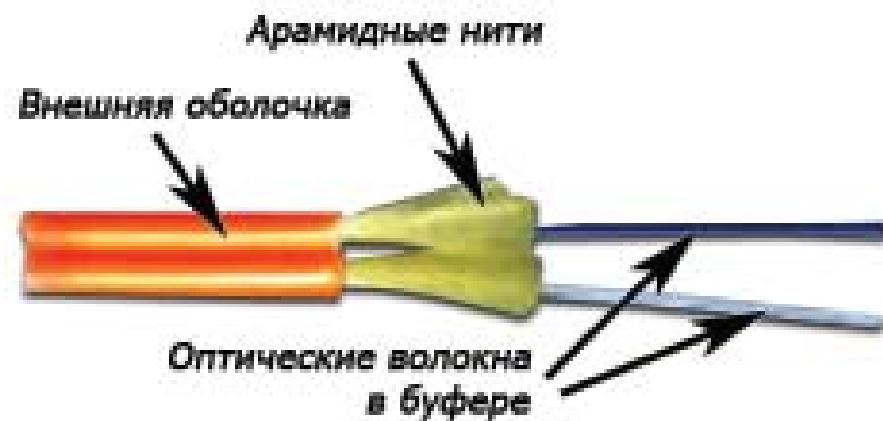
Световод

Дополнительно все оптоволоконные кабели делят на два подтипа:

1. Содержащие металлизированные упрочняющие конструкции или проводники.
2. Полностью диэлектрические.

Примеры структур оптоволоконных кабелей различного назначения

12.0.4.7a



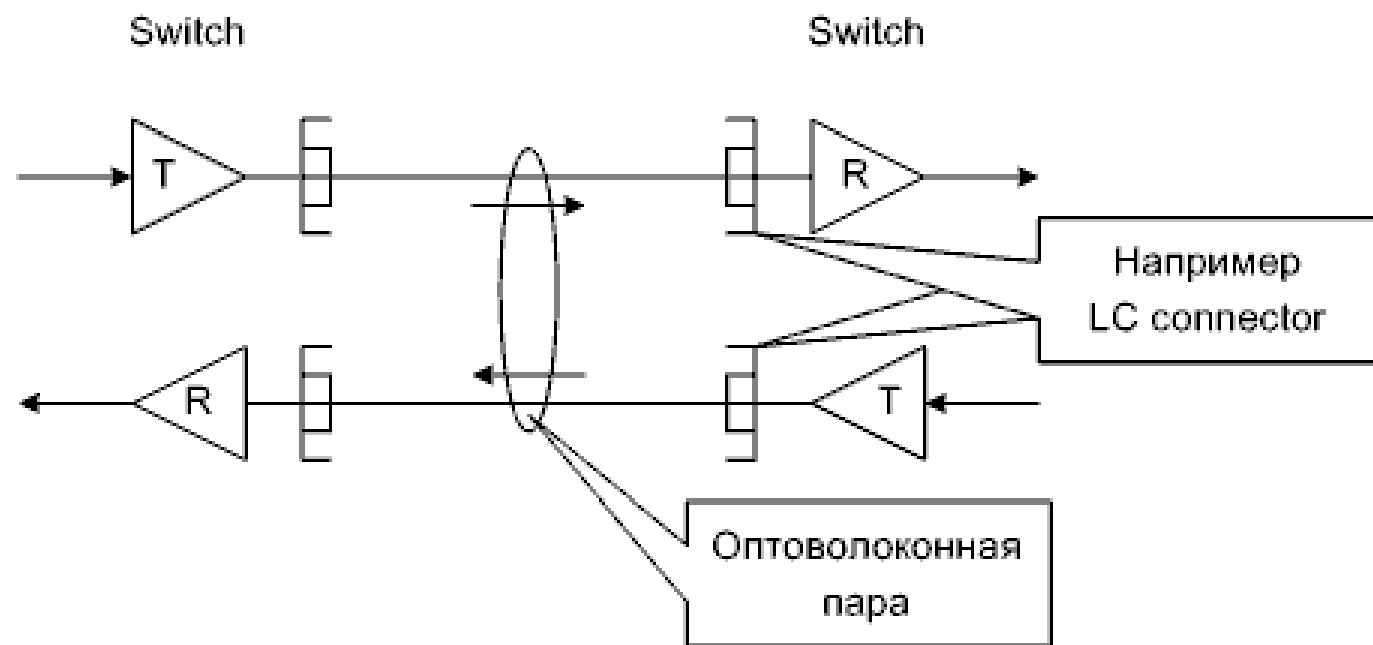
SM zip fiber [Lanmaster]

12.0.4.7b



MM modular fiber [Lanmaster]

12.0.4.8



Пример структуры сегмента с использованием оптоволокна (1000BASE-SX)

12.0.4.9

Оптоволоконные соединения выполняют двумя способами:

1. Разъемным, причем может быть:

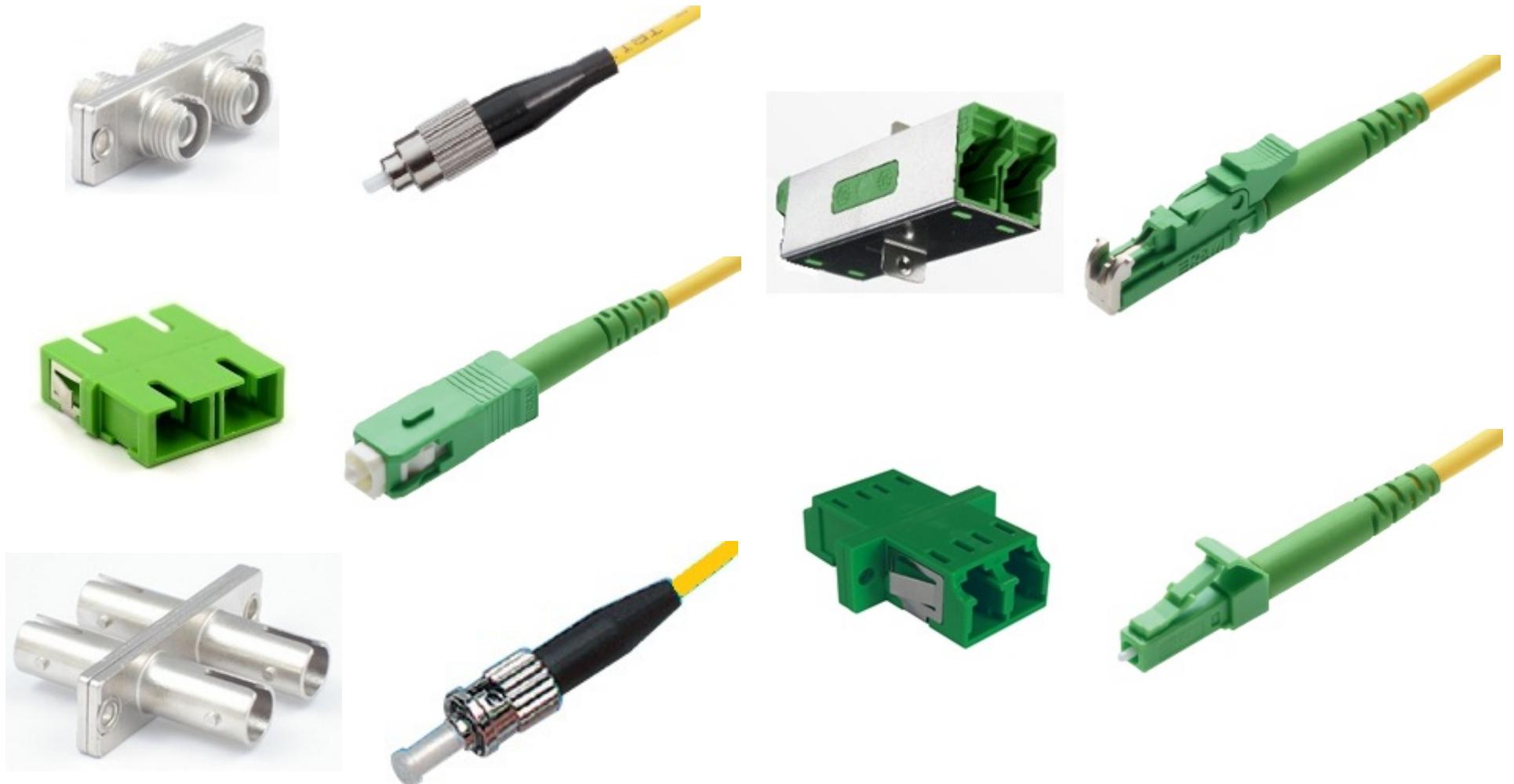
- контактным;
- линзовым.

2. Неразъемным, причем может быть:

- сплавным;
- механическим.

Оптоволоконные разъемы так же отличаются большим разнообразием. Разработано около 100 типов. Основные стандартные: FC, SC, ST (менее компактные); E-2000 (LSH), LC (более компактные).

12.0.4.10



FC, SC, ST (слева); E-2000, LC (справа) connectors [R&M, PFP, Fibertronics, Euromicron, CyberXLink]

12.0.4.11а

Еще одно отличие заключается в том, что в стандартах оговорена цветовая маркировка оптоволоконных световодов, кабелей, разъемов, а также модулей (со световодами разных видов) в составе кабелей.

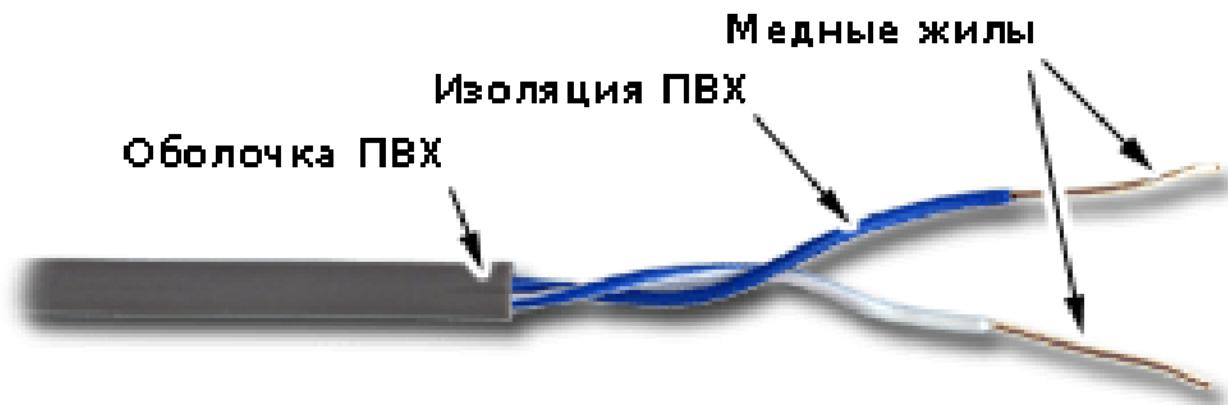
Если цветовая маркировка по тем или иным причинам не подходит, то, как альтернатива, предусмотрена маркировка штриховкой.

12.0.4.11b

Кабели cords, indoor и, по возможности, outdoor		
Вид световодов	TIA-598	IEC 60794-2 (EN 60794-2)
OM1	оранжевый (orange)	серый (grey)
OM2	оранжевый (orange)	оранжевый (orange)
OM3	аквамариновый (aqua)	бирюзовый (turquoise)
OM4	аквамариновый (aqua)	пурпурный (magenta)
OM5	лаймовый (lime)	лаймовый (lime)
OS1, OS2, OS1a	желтый (yellow)	желтый (yellow)
Световоды		
Номер	TIA-598	IEC 60794-2 (EN 60794-2)
1	светло-синий (blue)	светло-синий (blue)
2	оранжевый (orange)	желтый (yellow)
...
Разъемы		
Вид световодов	TIA-568.3	ISO/IEC 11801, EN 50173-1
OM1	бежевый (beige)	бежевый (beige) либо черный (black)
OM2	черный (black)	черный (black) либо бежевый (beige)
OM3	аквамариновый (aqua)	-- но обычно бирюзовый (turquoise)
OM4	аквамариновый (aqua)	-- но обычно фиолетовый (violet)
OM5	лаймовый (lime)	-- но обычно лаймовый (lime)
OS1, OS2, OS1a	светло-синий (blue)	светло-синий (blue)
OS1, OS2, OS1a (угловой физический контакт)	зеленый (green)	зеленый (green)

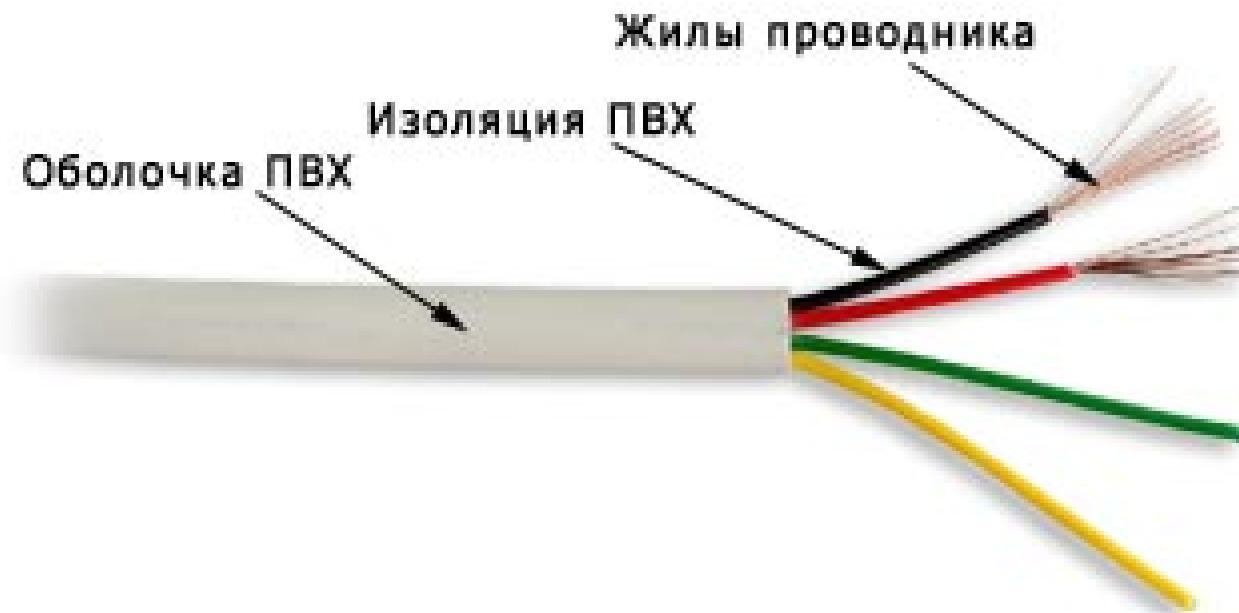
Цветовая маркировка оптоволоконных кабелей

12.0.5.1а



Phone pair [Lanmaster]

12.0.5.1b



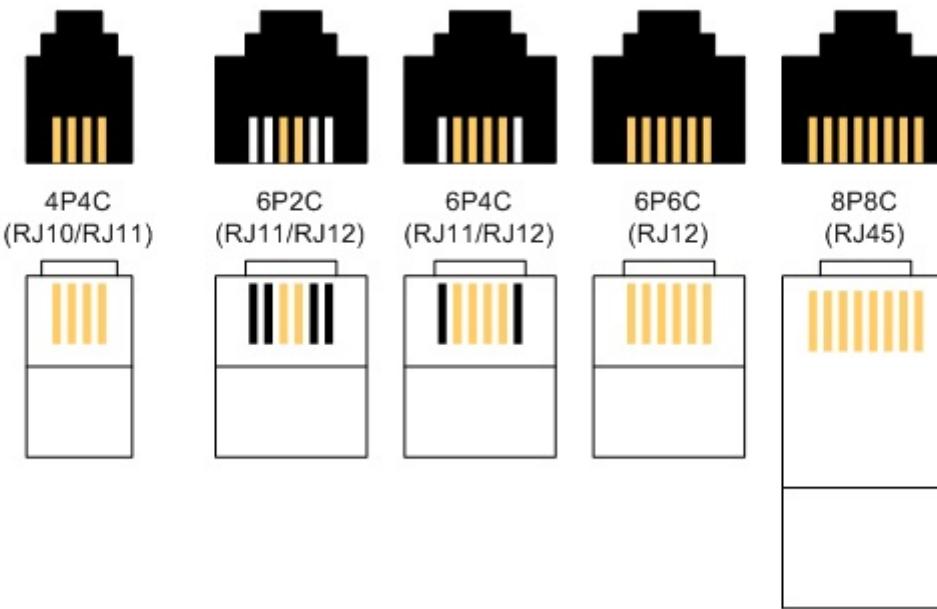
Phone pair [Lanmaster]

12.0.5.1с



Phone outdoor cable [Lanmaster]

12.0.5.2



(Названия RJ11 и RJ12 вариативны, как и некоторые другие названия из группы RJ неоднозначны, в разных «серьезных» источниках фигурируют по-разному.)

Основные телефонные разъемы типа RJ

12.0.6.1

Реализации СрПД ЛКС, как правило, соответствуют стандартам семейства IEEE 802.x.

12.0.6.2а

Коаксиальный кабель	Витая пара	Оптоволокно	Специальные среды
Ранние реализации Ethernet (около 1 Mbit/s)			
Xerox Ethernet	1BASE5 StarLAN1	—	2BASE-TL (RAS, phone pair)
Ethernet (10 Mbit/s)			
10BASE5 10BASE2	10BASE-T StarLAN10	FOIRL 10BASE-FB 10BASE-FL 10BASE-FP	10BROAD36 (RAS, coaxial) 10PASS-TS (RAS, phone pair)
Fast Ethernet (100 Mbit/s)			
—	100BASE-TX 100BASE-T2 100BASE-T4	100BASE-FX 100BASE-SX	100BASE-BX10 (RAS, fiber) 100BASE-LX10 (RAS, fiber) 100BASE-T1 (industrial, twisted pair)
Gigabit Ethernet (1 Gbit/s)			
1000BASE-CX (twinaxial)	1000BASE-T 1000BASE-TX	1000BASE-SX 1000BASE-LX 1000BASE-LX10 1000BASE-EX 1000BASE-ZX	1000BASE-BX10 (RAS, fiber) 1000BASE-PX10 (RAS, fiber) 1000BASE-PX20 (RAS, fiber) 1000BASE-KX (cluster, backplane) 1000BASE-T1 (industrial, twisted pair)
Gigabit Ethernet (Multigigabit)			
—	2.5GBASE-T (NBASE-T)	—	—
—	5GBASE-T (NBASE-T)	—	—
Gigabit Ethernet (10 Gbit/s)			
10GBASE-CX4 (4 x twinaxial) 10GBase-CR (SFP+ Direct Attach) (twinaxial)	10GBASE-T	10GBASE-SR 10GBASE-LR 10GBASE-ER 10GBASE-LX4 10GBASE-LRM	10GBASE-SW (WAN, SONET) 10GBASE-LW (WAN, SONET) 10GBASE-EW (WAN, SONET) 10GBASE-ZR (WAN, SONET/SDH) 10GBASE-KR (cluster, backplane) 10GBASE-KX4 (cluster, backplane) 10GBASE-PR (RAS, EPON) 10/1GBASE-PRX (RAS, EPON) 10GPASS-XR (RAS, coaxial)
Gigabit Ethernet (25 Gbit/s)			
25GBASE-CR (twinaxial)	25GBASE-T	25GBASE-SR	25GBASE-KR (cluster, backplane)
Gigabit Ethernet (40 Gbit/s)			
40GBASE-CR4 (4 x twinaxial)	40GBASE-T	40GBASE-SR4 40GBASE-LR4 40GBASE-ER4	40GBASE-KR4 (cluster, backplane) 40GBASE-FR (WAN, SONET/SDH)
Gigabit Ethernet (100 Gbit/s)			
100GBASE-CR10 (10 x twinaxial) 100GBASE-CR4 (4 x twinaxial)	—	100GBASE-SR10 100GBASE-LR4 100GBASE-ER4 100GBASE-SR4	100GBASE-KP4 (cluster, backplane) 100GBASE-KR4 (cluster, backplane)

Физический уровень Ethernet. (Серым цветом выделены не IEEE-стандарты)

12.0.6.2b

Где подчеркнуты ключевые использовавшиеся либо используемые стандарты:

10BASE5 (1983) -- «толстый» (thick) коаксиальный кабель 50Ω (до 500 м) плюс внешние приемопередатчики;

10BASE2 (802.3a, 1985) -- «тонкий» (thin) коаксиальный кабель 50Ω (до 185 м) плюс интегрированные приемопередатчики;

10BASE-T (802.3i, 1990) -- две телефонные витые пары (до 100 м);

10BASE-FL (802.3j, 1993) -- два многорежимных световода (до 500 м) плюс нечетко регламентированные источники излучения (обычно LEDs);

100BASE-TX (802.3u, 1995) -- две неэкранированные либо экранированные витые пары категории 5 (до 100 м);

100BASE-FX (802.3u, 1995) -- два многорежимных световода (до 2 km) (реализации поддерживают и однорежимные световоды длиной десятки километров) плюс нечетко регламентированные источники излучения (реализации поддерживают LEDs и лазеры);

12.0.6.2c

1000BASE-SX (802.3z, 1998) -- два многорежимных световода (до 275 м -- 62,5 μ m, до 550 м -- 50 μ m) плюс коротковолновые (short wavelength) лазеры (770 -- 860 nm);

1000BASE-LX (802.3z, 1998) -- два однорежимных (до 5 km) либо многорежимных световода (до 550 м) плюс длинноволновые (long wavelength) лазеры (1270 -- 1355 nm);

1000BASE-T (802.3ab, 1999) -- четыре неэкранированные либо экранированные витые пары категории 5 (до 100 m);

2.5GBASE-T (802.3bz, 2016) -- четыре неэкранированные либо экранированные витые пары категории 5e (расстояние до 100 m);

5GBASE-T (802.3bz, 2016) -- четыре неэкранированные либо экранированные витые пары категории 5e (расстояние до 100 m);

12.0.6.2d

10GBASE-SR (802.3ae, 2002) -- два многорежимных световода (до 33 м -- 62,5 им, до 400 м -- 50 им) плюс коротковолновые лазеры (840 -- 860 nm);

10GBASE-LR (802.3ae, 2002) -- два однорежимных световода (до 10 km) плюс длинноволновые лазеры (1310 nm);

10GBASE-ER (802.3ae, 2002) -- два однорежимных световода (до 30 km) плюс экстрадлинноволновые (extra long wavelength) лазеры (1550 nm);

10GBASE-T (802.3an, 2006) -- четыре неэкранированные (до 55 м) либо экранированные (до 100 м) витые пары категории 6, либо четыре неэкранированные либо экранированные витые пары категории 6A (до 100 м).

