

Физический уровень сетевого стека



Artem Beresnev

t.me/ITSMDao

t.me/ITSMDaoChat

Проблемы сетевой коммуникации

- От чего зависит скорость передачи данных? С чем «борются» инженеры?
- Основные этапы передачи данных
- Физическое кодирование
- Немного физики
- Логическое кодирование
- СКС
- Компоненты СКС
- Немного о проектировании

От чего зависит скорость передачи данных?

На скорость передачи данных ограничивается множеством факторов на каждом слое сетевого стека.



Влияние на скорость передачи данных

- **Уровень приложения.** Вычислительная мощность взаимодействующих хостов, особенности прикладных протоколов, кодировка, алгоритмы приложений, наличие механизмов безопасности и т.п.
- **Транспортный уровень.** Особенности протоколов (TCP или UDP), размер буферов транспортного протокола, статистика ошибок и перегрузки.
- **Сетевой уровень.** Топология и загруженность сети, алгоритмы маршрутизации, а также скорость и качество сетевых устройств, влияние протоколов сетевого уровня.
- **Уровень канала передачи данных.** Характеристики сетевой карты (NIC), спецификация канального протокола, вид и загруженность коммуникационных устройств, распределение активности узлов.
- **Физический уровень.** Тип используемого кабеля, характеристики и качество пассивного оборудования, качество прокладки кабелей и расстояние между компонентами сети.

Влияние физического уровня

Тип используемого кабеля, характеристики и качество пассивного оборудования, качество прокладки кабелей и расстояние между компонентами сети.

Все это влияет на возможность, **физические условия** и качество передачи сигнала по линии связи.

Проблемы передачи на физическом уровне

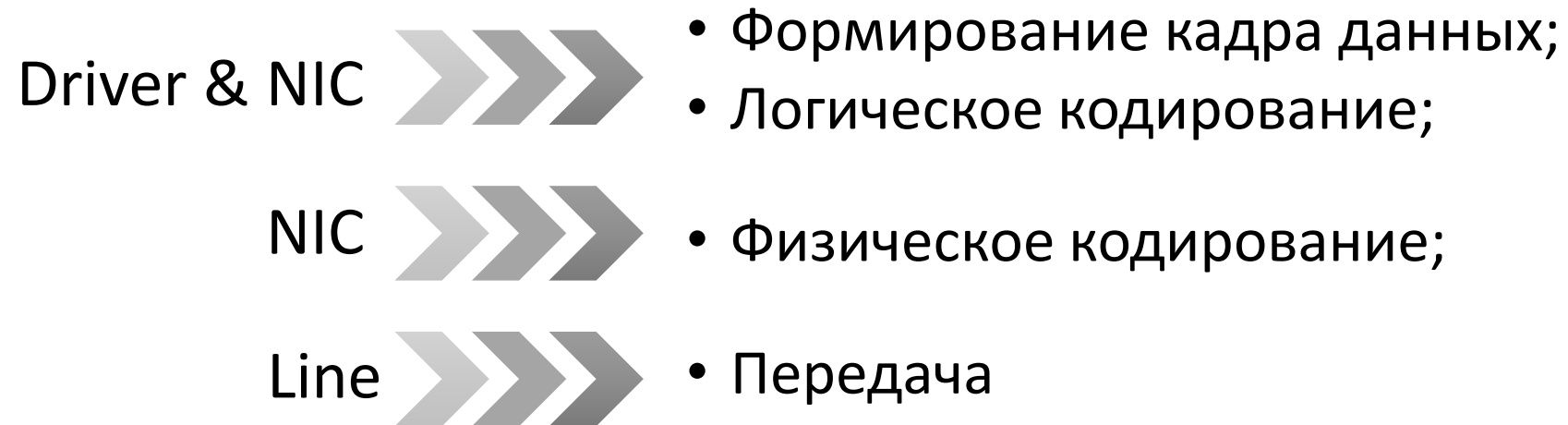
- **Электромагнитные помехи (EMI).** Электромагнитные волны от других источников, таких как двигатели или электрооборудование, нарушают нормальное функционирование компонентов сети.
- **Радиочастотные помехи (RFI).** Радиоволны из других источников, таких как сети Wi-Fi или микроволновые печи, нарушают нормальное функционирование сетевых компонентов.
- **Перекрестные помехи (Crosstalk).** Когда сигналы от одного кабеля или компонента улавливаются другим кабелем или компонентом, вызывая помехи.
- **Тепловые помехи.** Тепло, выделяемое компонентами внутри сети, влияет на производительность других компонентов.
- **Поглощение или Затухание.** Поглощение энергии средой передачи, физическими препятствиями.
- **Дублирование сигнала.** В радиосетях следствие многолучевого распространения.

Этапы передачи на узле

В передаче участвуют приемо-передающие устройства и среда передачи (кабели или радио)



Предпосылки появления модели



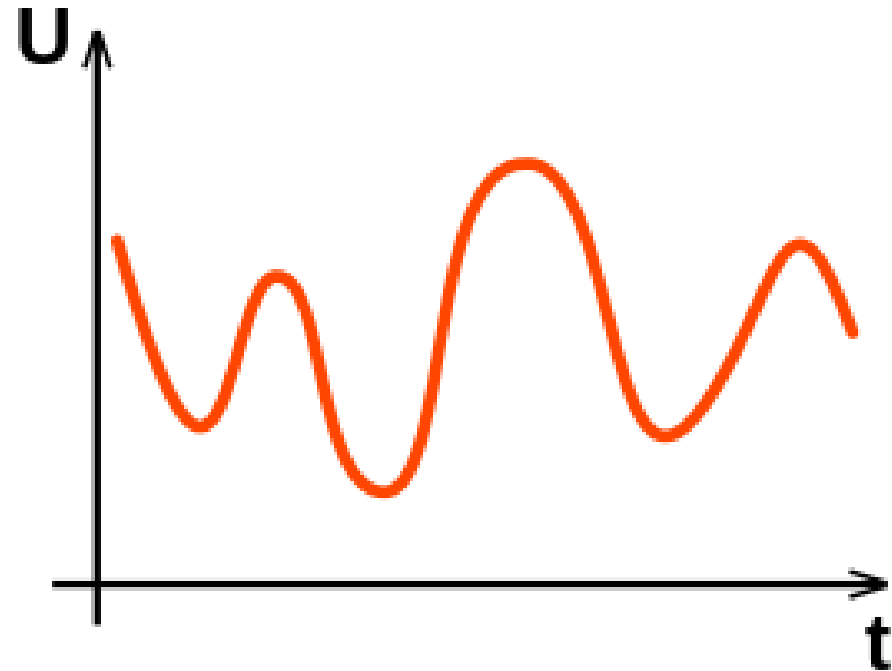
Физическая передача

Основные ограничения физического уровня обусловлены влиянием среды на распространение сигнала. Что же это значит?

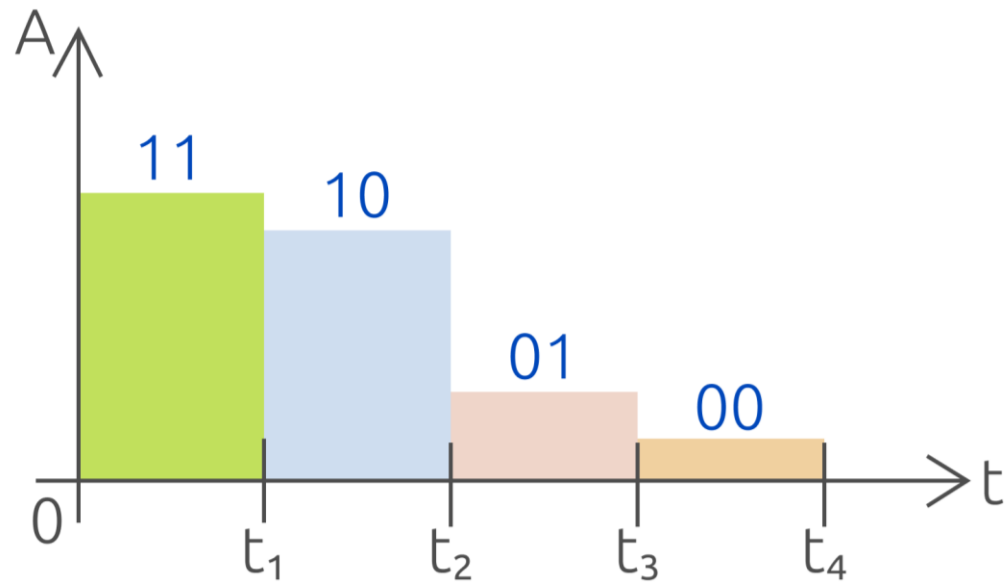
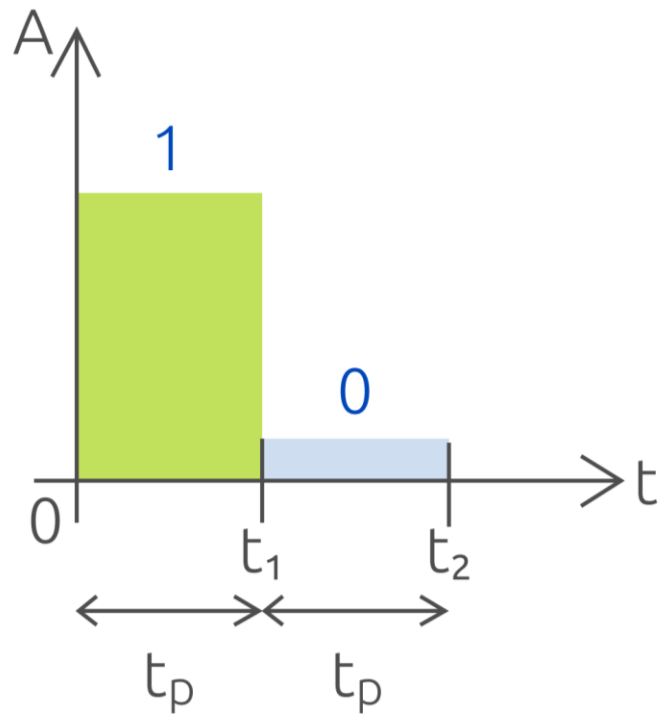


Физическое кодирование

- Аналоговое кодирование
- Цифровое кодирование



Физическое кодирование



Как увеличить скорость?

- Увеличить частоту
- Увеличить «сложность» сигнала

не все так просто...



Скорость передачи данных

По Шеннону:

$$\text{Скорость} = H \log_2(1 + S/N)$$

По Найквисту

$$\text{Скорость} = 2H \log_2 V$$

- H – полоса пропускания фильтра н.ч.
- V – кол-во дискретных уровней
- S – мощность сигнала
- N – мощность шума

Ряд Жана-Батиста Фурье

Тригонометрический ряд

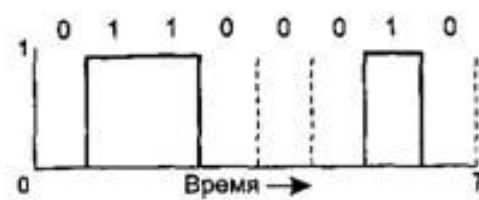
$$S(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n x + b_n \sin n x)$$

коэффициенты которого вычислены по формулам Фурье, т. е.

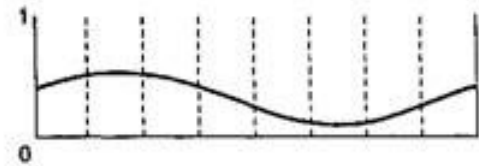
$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx, \quad a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos n x dx, \quad b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin n x dx,$$

называется рядом Фурье периодической с периодом 2π функции.

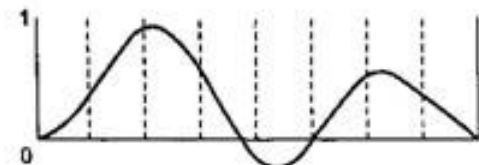
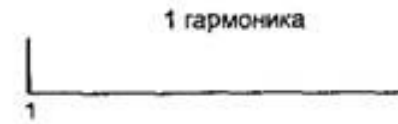
Двоичный сигнал и его гармоники Фурье



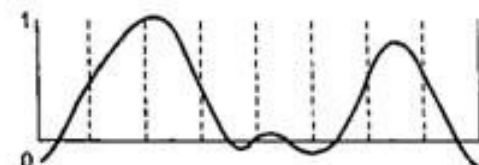
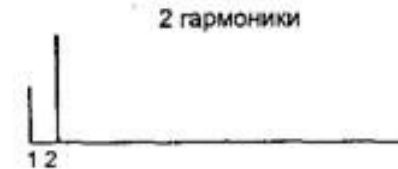
а



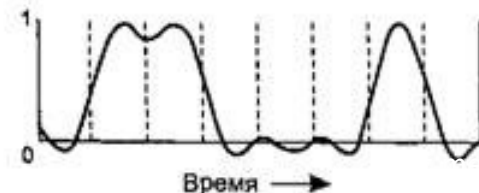
б



в



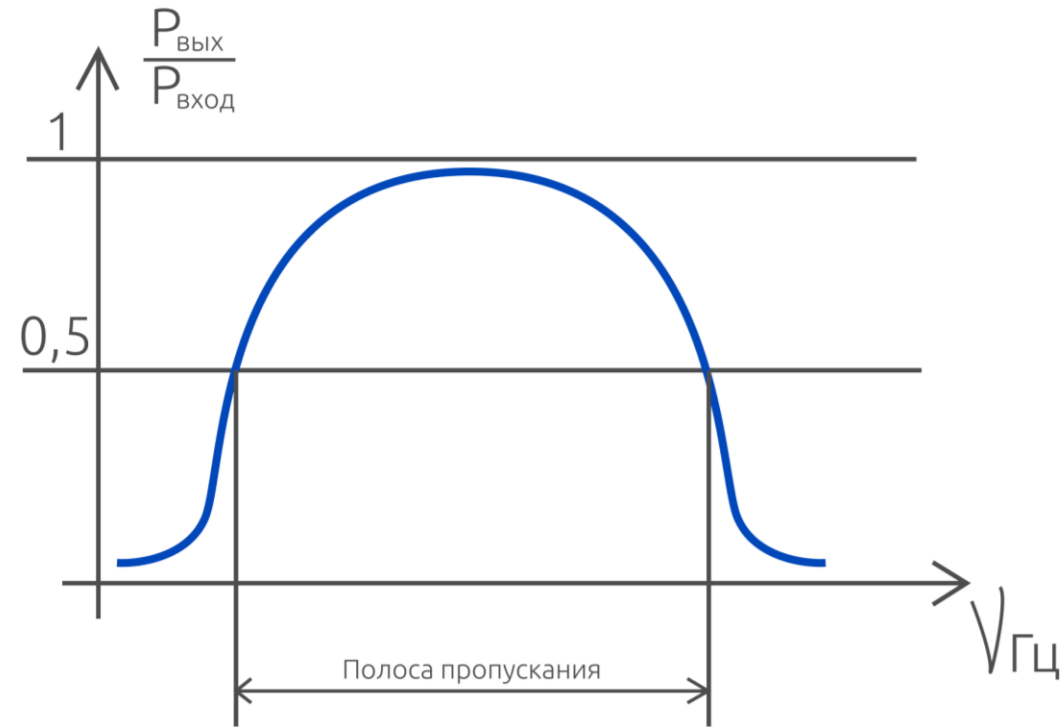
г



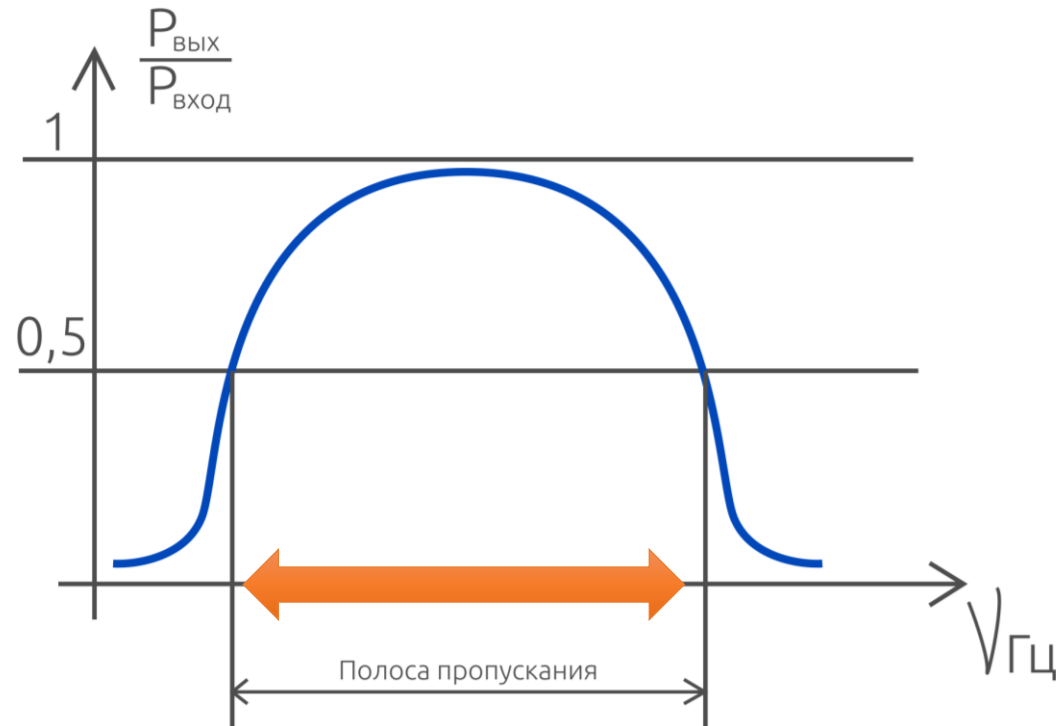
д



Полоса пропускания и АЧХ



Полоса пропускания и АЧХ



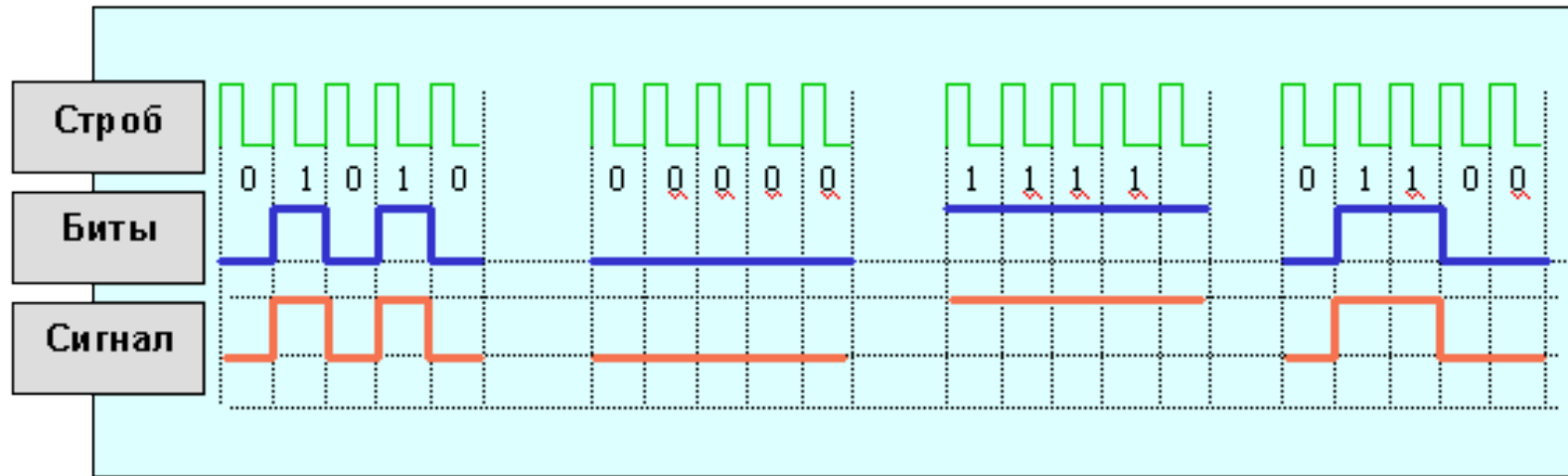
Основные гармоники
должны лежать внутри
полосы пропускания

Примеры физического кода

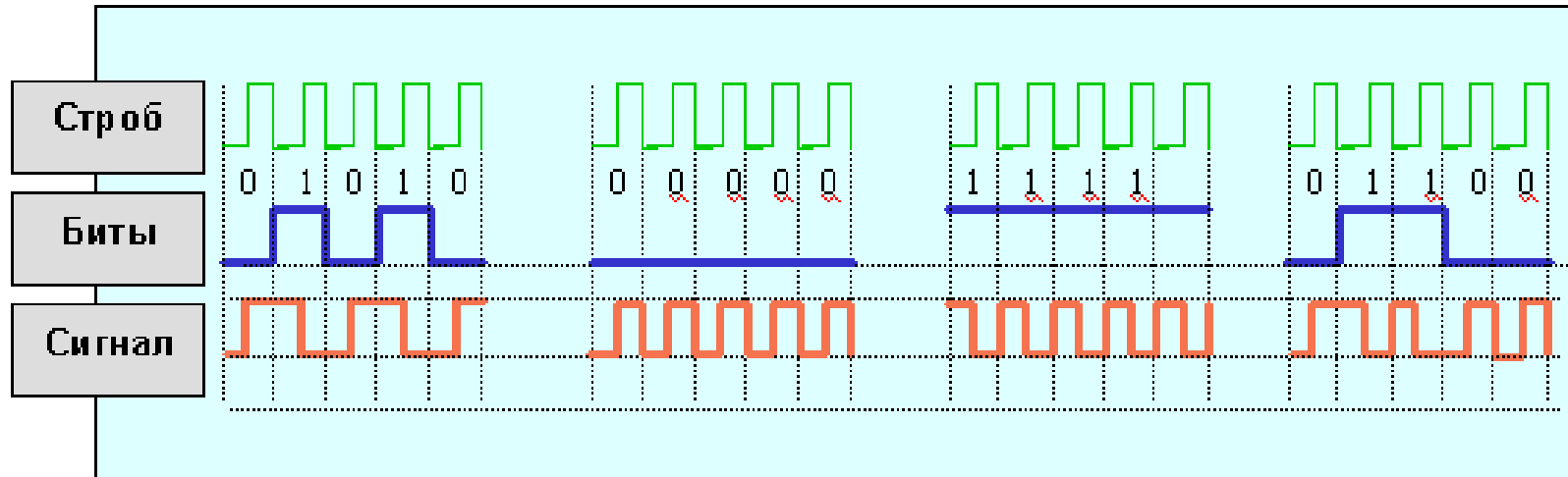
Способов представить бит или комбинацию битов в виде физического сигнала множество.



Физическое кодирование (Код NRZ)

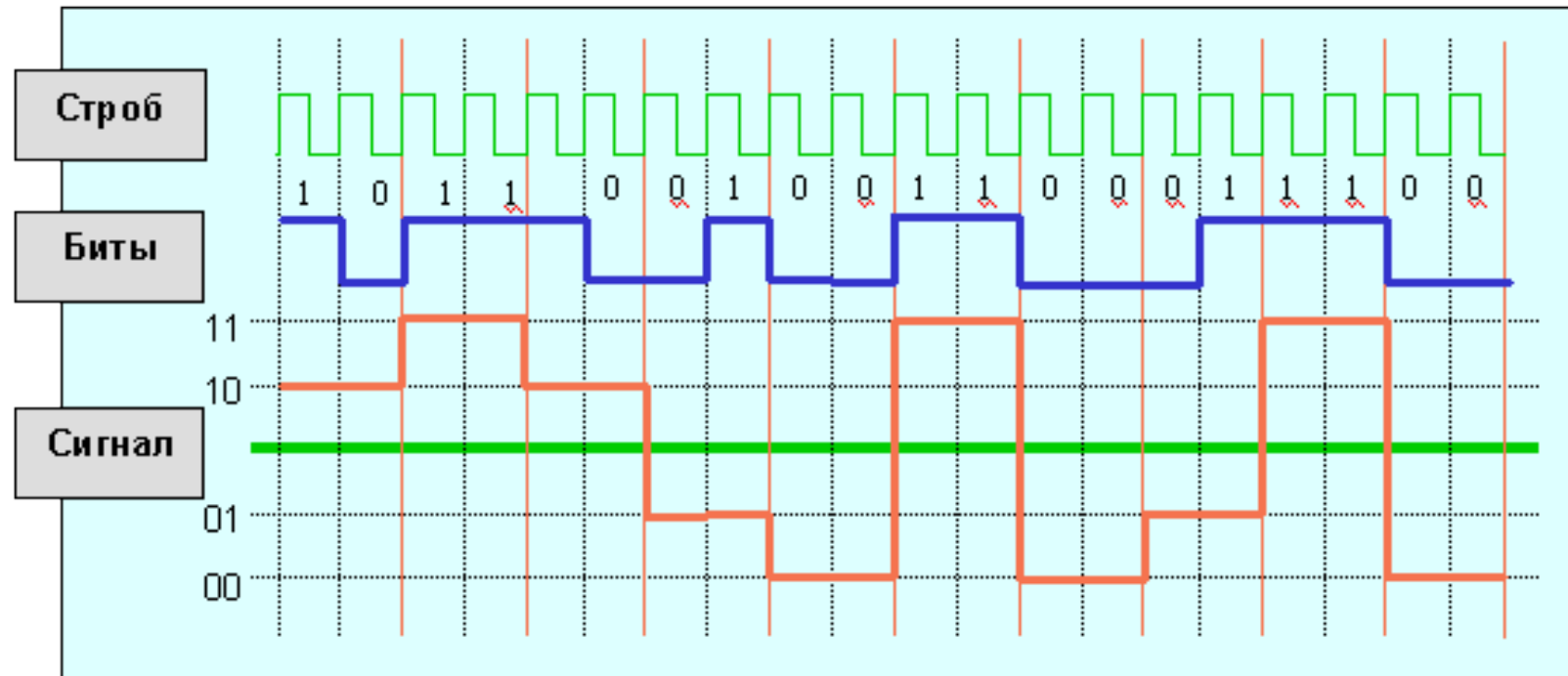


Код Манчестер-II



Самосинхронизация

РАМ-5



Логическое кодирование

А перед физическим кодированием можно
немного изменить данные для передачи.



Логическое кодирование (код 4В/5В)

Коды Данных

4В Код	5В Символ
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101

Управляющие и Недопустимые Коды

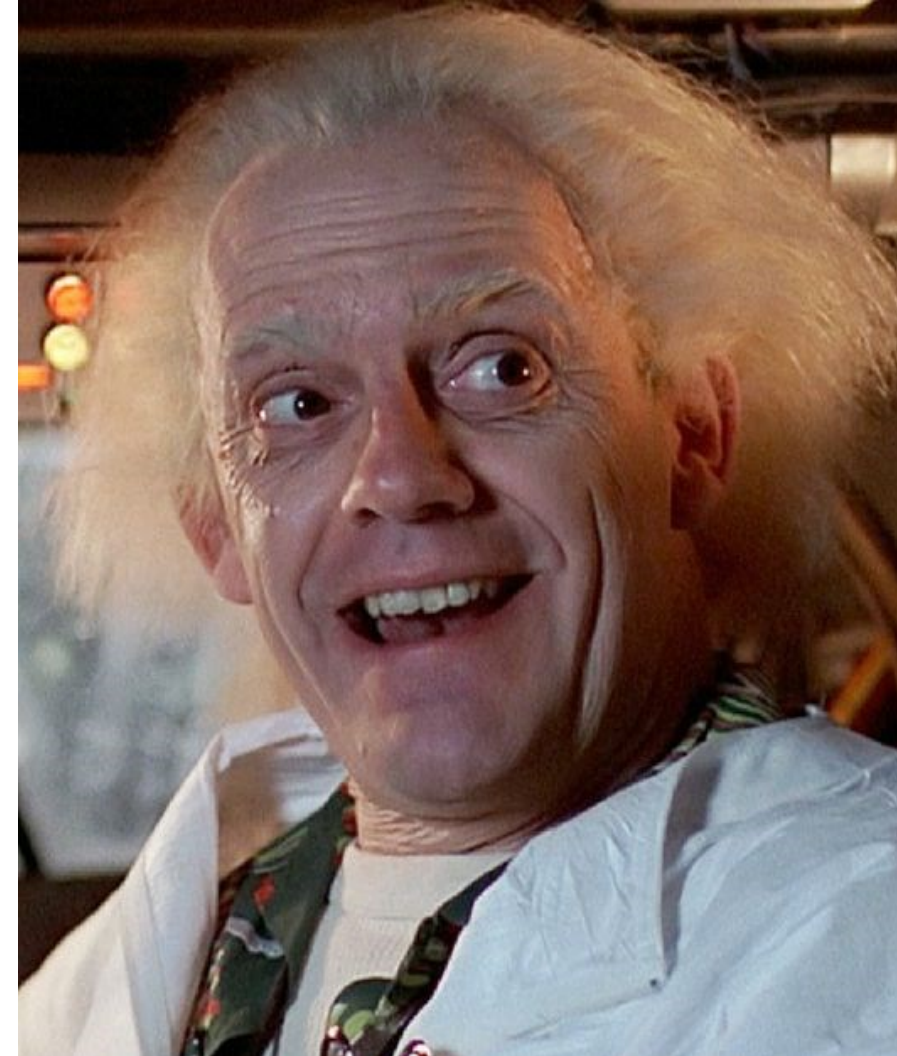
4В Код	5В Символ
Ожидание	11111
Начало потока	11000
Начало потока	10001
Конец потока	01101
Конец потока	00111
Ошибка передачи	00100
Недопустимый	00000
Недопустимый	00001
Недопустимый	00010
Недопустимый	00011
Недопустимый	00100
Недопустимый	00101
Недопустимый	00110
Недопустимый	01000
Недопустимый	10000
Недопустимый	11001

Логическое кодирование

- Обнаружение ошибок
- Улучшение условий передачи

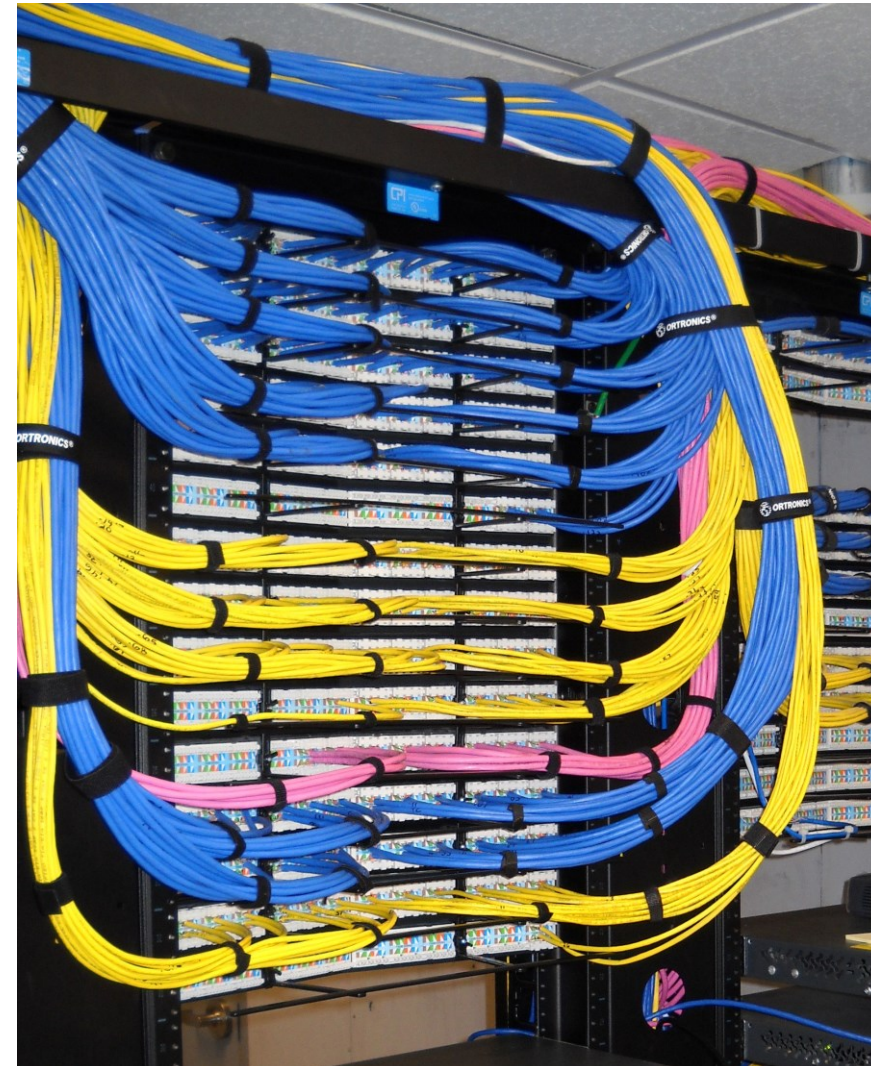
Как увеличить скорость?

- Увеличить частоту
- увеличить «сложность» сигнала
- обеспечить линию связи с большей полосой пропускания
- использовать логическое кодирование
- использовать мультиплексирование каналов
- и т.д.



Пассивное оборудование локальных сетей и СКС

Кабельная инфраструктура – это сложное и комплексное инженерное решение



Структурированные кабельные системы

Структурированная кабельная система (СКС) — универсальная кабельная система здания, объединяющая в себе множество информационных сервисов, таких как локально-вычислительные, телефонные сети, системы видеонаблюдения и т.д.

Структурированные кабельные системы

Отдельные кабельные
системы для различных
сервисов (LAN,
телефония и т.д.)



Универсальная
единая система

Цели:

- 1) Универсальность
- 2) Гарантированная полоса пропускания
- 3) Высокая избыточность сети
- 4) Модифицируемость
- 5) Простота эксплуатации

Стандарты СКС

- **TIA/EIA-568 и TIA/EIA-569.** Эти стандарты разработанный Ассоциацией телекоммуникационной промышленности (TIA) и Альянсом электронной промышленности (EIA), который определяет спецификации для построения структурированной кабельной системы. Он охватывает такие области, как типы кабелей, типы разъемов и технические характеристики кабелей.
- **ISO/IEC 11801.** Это международный стандарт, разработанный Международной организацией по стандартизации (ISO) и Международной электротехнической комиссией (IEC), который определяет спецификации для построения структурированной кабельной системы. Он охватывает такие области, как типы кабелей, типы разъемов и технические характеристики кабелей.
- **ANSI/TIA-606.** Это стандарт, разработанный Ассоциацией телекоммуникационной промышленности (TIA), который определяет администрирование структурированной кабельной системы. Он охватывает такие области, как маркировка, документация и процедуры администрирования структурированной кабельной системы.

Что определяют стандарты

- Характеристики линий связи (АЧХ, полосу пропускания, затухание и т.д.)
- Правила монтажа и эксплуатации
- Требования к проектированию и тестированию

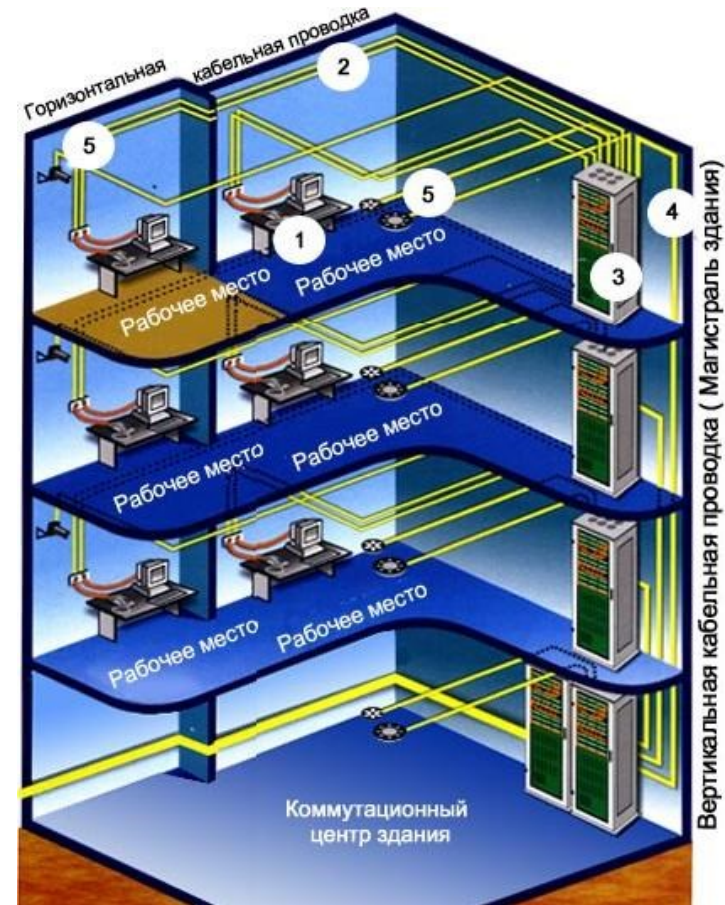
Эксплуатация СКС



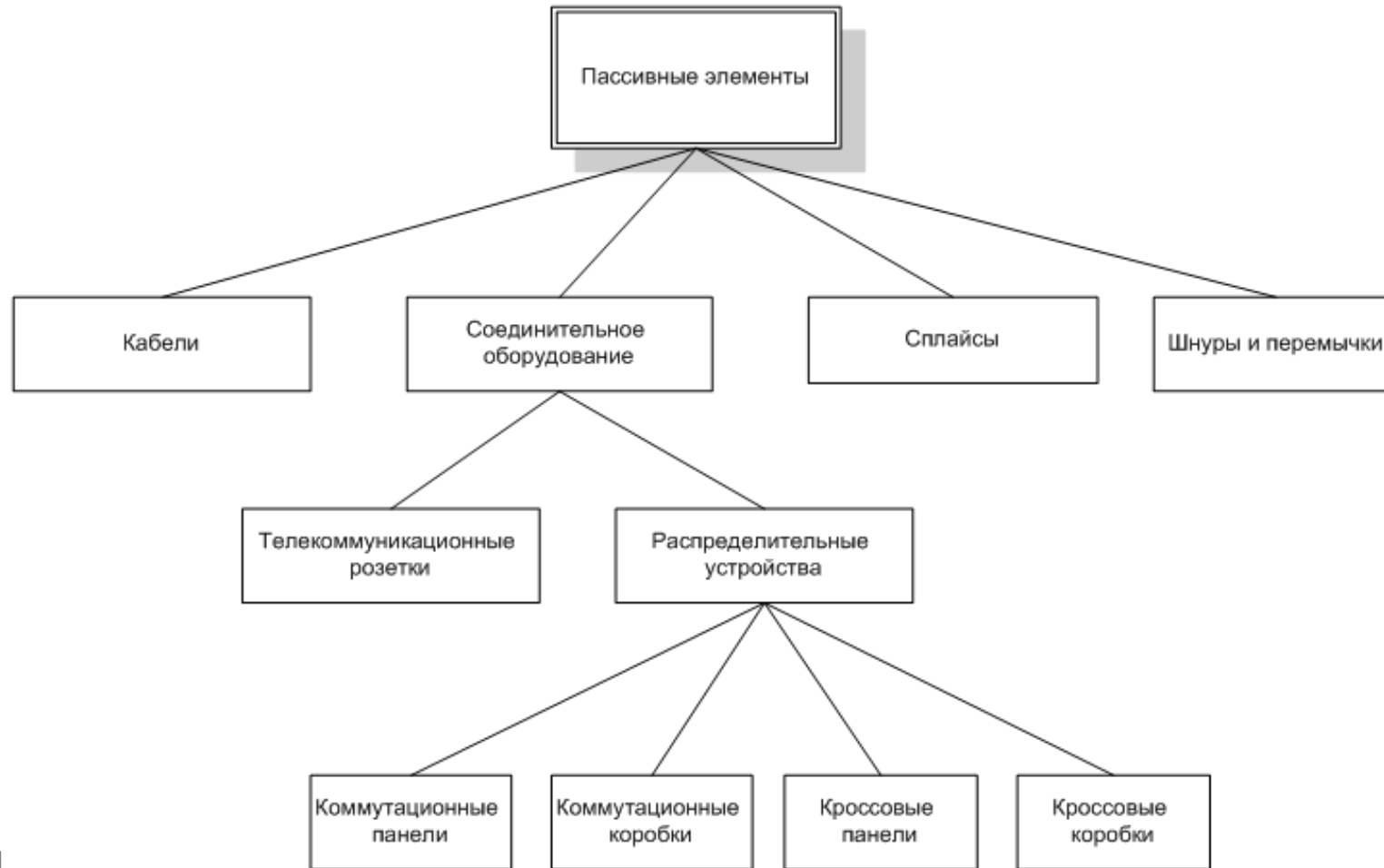
- Соблюдение стандартов
- Документирование
- Тестирование

Структура СКС

- **Рабочее место** - область, где установлены технические средства пользователя, подключенные к кабельной сети здания.
- **Горизонтальная кабельная проводка** – кабельные линии, соединяющие рабочее место с коммутационным узлом этажа.
- **Вертикальная кабельная проводка** - кабельные линии, соединяющие коммутационный узел этажа с коммутационным центром здания.
- **Магистральная подсистема** - подсистема комплекса зданий, которая может строиться из медного и/или оптоволоконного типов кабеля, и которая объединяет кабельные системы зданий.
- **Коммутационный узел этажа** - область, в которой сходятся линии горизонтальной кабельной проводки, размещается коммутационное оборудование и осуществляется администрирование кабельной системы этажа.

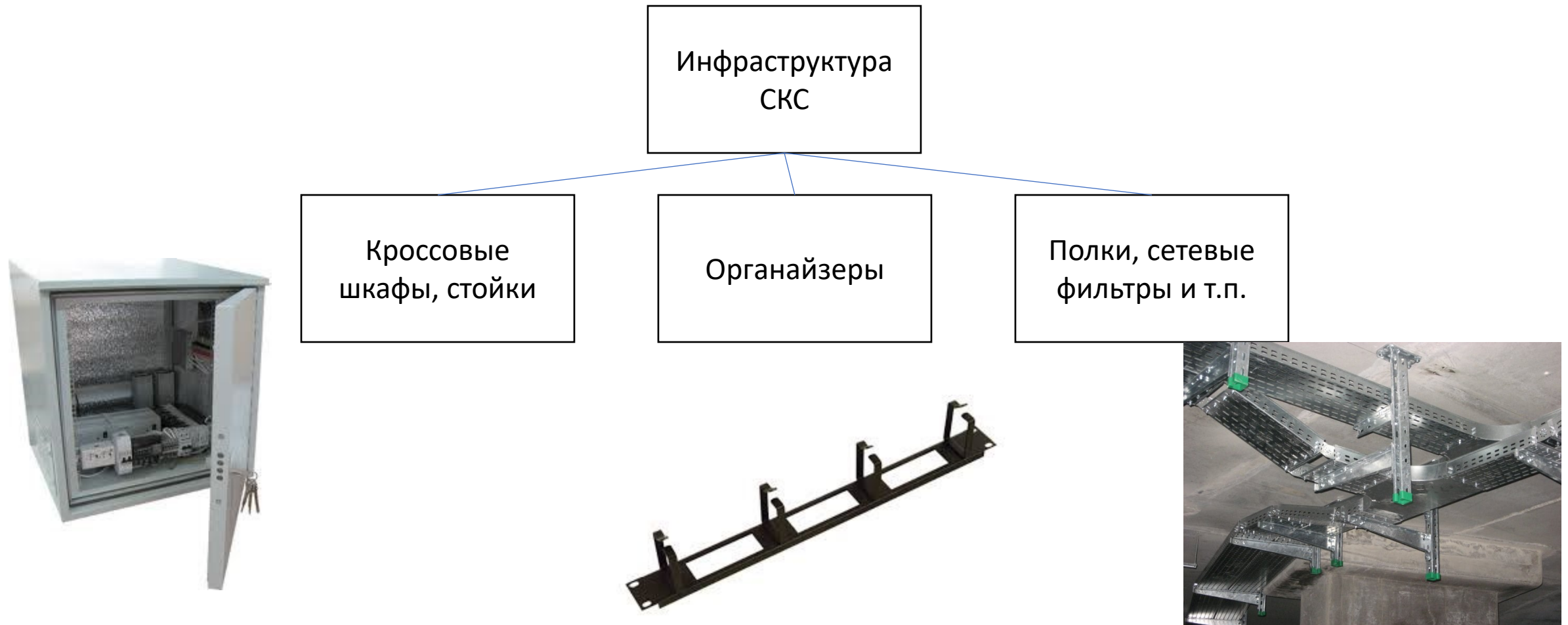


Пассивное оборудование СКС



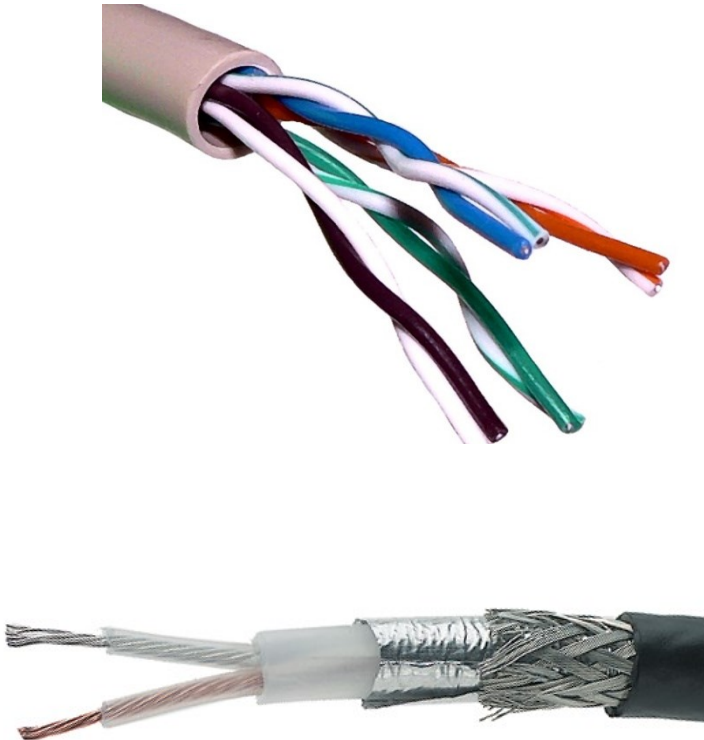
<http://ockc.ru>

Пассивное оборудование СКС



Кабельная инфраструктура

- Симметричные электрические кабели на основе витой пары с волновым сопротивлением 100, 120 и 150 Ом в экранированном и неэкранированном исполнении;
- одномодовые и многомодовые оптические кабели;
- Коаксиальные (твинкоаксиальные кабели) кабели.



Витая пара

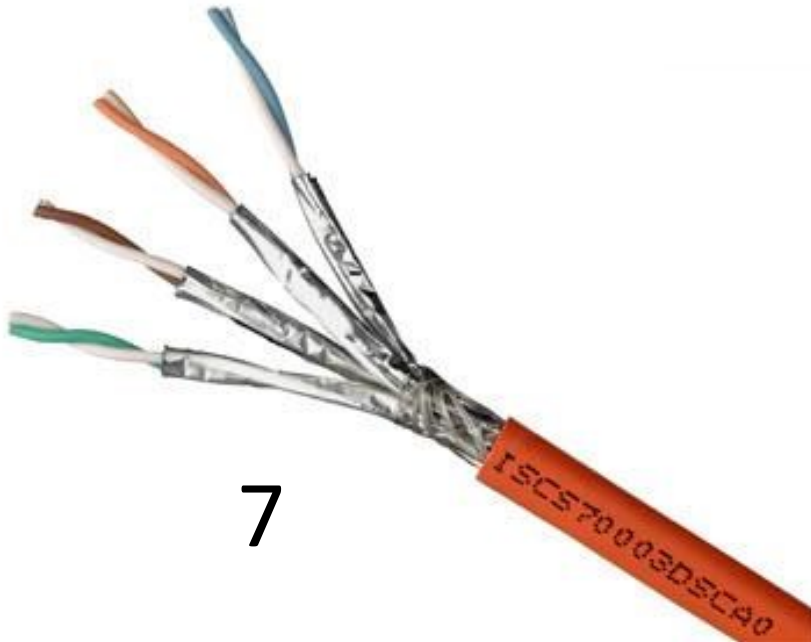
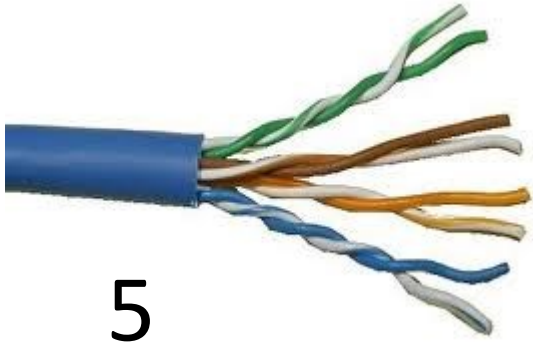
В зависимости от наличия защиты определяют данные виды витой пары

- незащищенная витая пара (UTP — Unshielded twisted pair) — отсутствует защитный экран вокруг отдельной пары;
- фольгированная витая пара (FTP — Foiled twisted pair) — также известна как F/UTP, присутствует один общий внешний экран в виде фольги;
- защищенная витая пара (STP — Shielded twisted pair) — присутствует защита в виде экрана для каждой пары и общий внешний экран в виде сетки;
- фольгированная экранированная витая пара (S/FTP — Screened Foiled twisted pair) — внешний экран из медной оплетки и каждая пара в фольгированной оплетке;
- незащищенная экранированная витая пара (SF/UTP — Screened Foiled Unshielded twisted pair) — двойной внешний экран из медной оплетки и фольги, каждая витая пара без защиты.

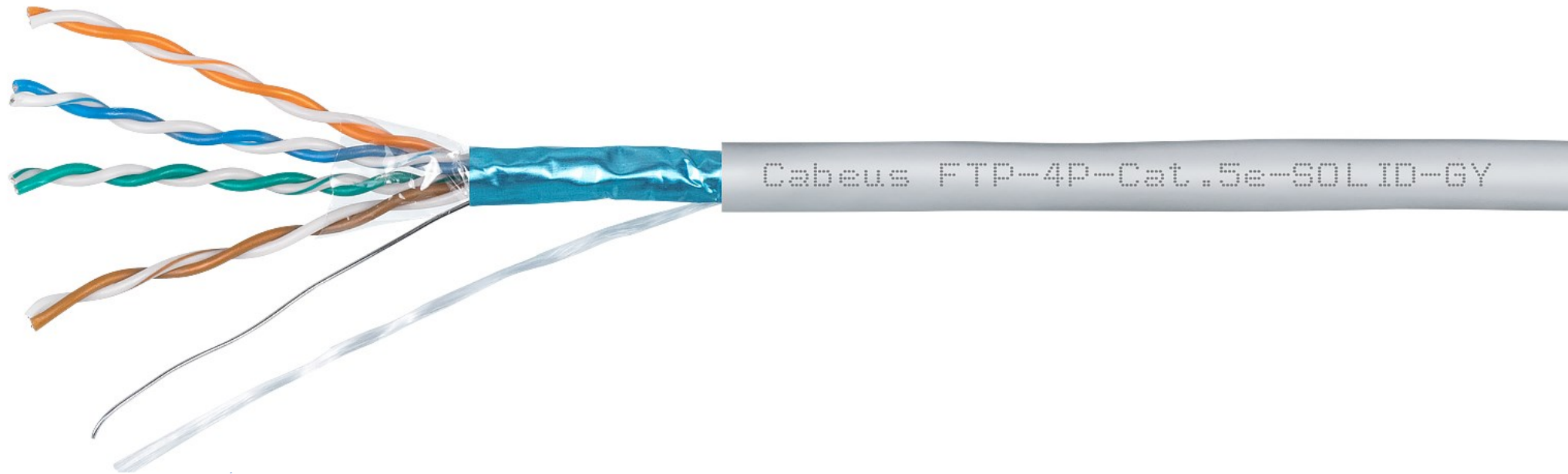
Категории витой пары

Категория кабеля	Полоса пропускания кабеля	Описание
cat.5	100 МГц	4 пары. Кабель использовался при построении сетей 100BASE-TX, а также для прокладки телефонных линий. Передача данных до 100 Мбит/с при использовании двух пар.
cat.5e	125 МГц	4 пары. Доработанная категория 5. Передача данных до 1000 Мбит/с при использовании всех 4 пар. Самый распространенный кабель для создания современных СКС. Иногда встречается 2-х парный кабель категории 5е, способный передавать данные на скорости до 100 Мбит/с - этот кабель тоньше и, разумеется, дешевле аналогичного 4-х парного.
cat.6	250 МГц	4 пары. используется в сетях Fast Ethernet и Gigabit Ethernet. Передача данных на скорости до 1000 Мбит/с или до 10 Гбит/с на расстоянии не более 50 метров.
cat.7	600-700 МГц	Спецификация утверждена по ISO 11801. 4 пары. Передача данных на скорости до 10 Гбит/с. Экранирование каждой пары и общий экран включены в стандарт, поэтому можно сказать что кабель категории 7, это практически то же самое, что S/FTP кабель категории 6а.

Категории витой пары



Маркировка витой пары

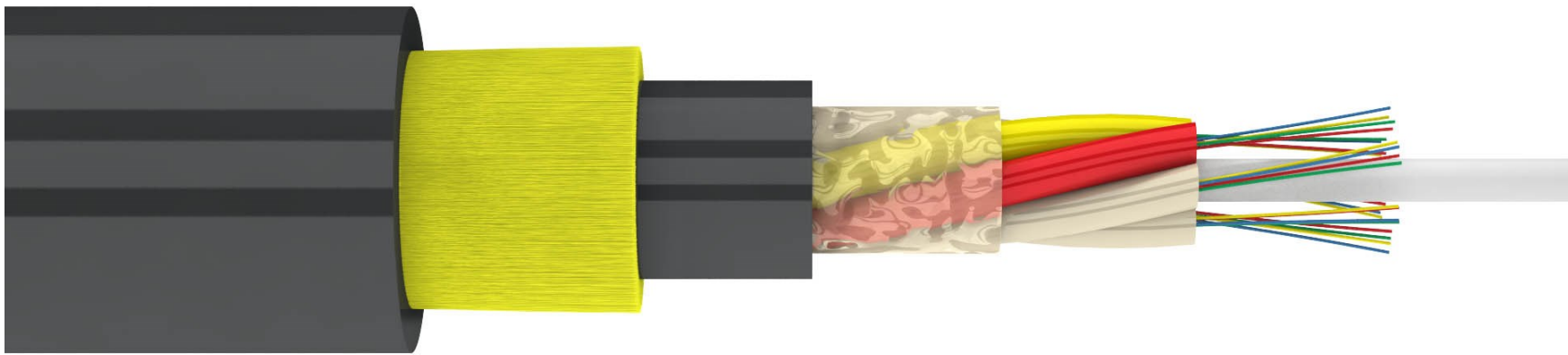


- ▶ Оболочка: PVC – пвх, LSZH – малодымный пластик, OUTDOOR
- ▶ Проводники: Solid или Patch
- ▶ AWG – диаметр проводника, чем меньше, тем толще. (23 AWG – 0,6 мм, 26 AWG – 0,4 мм)

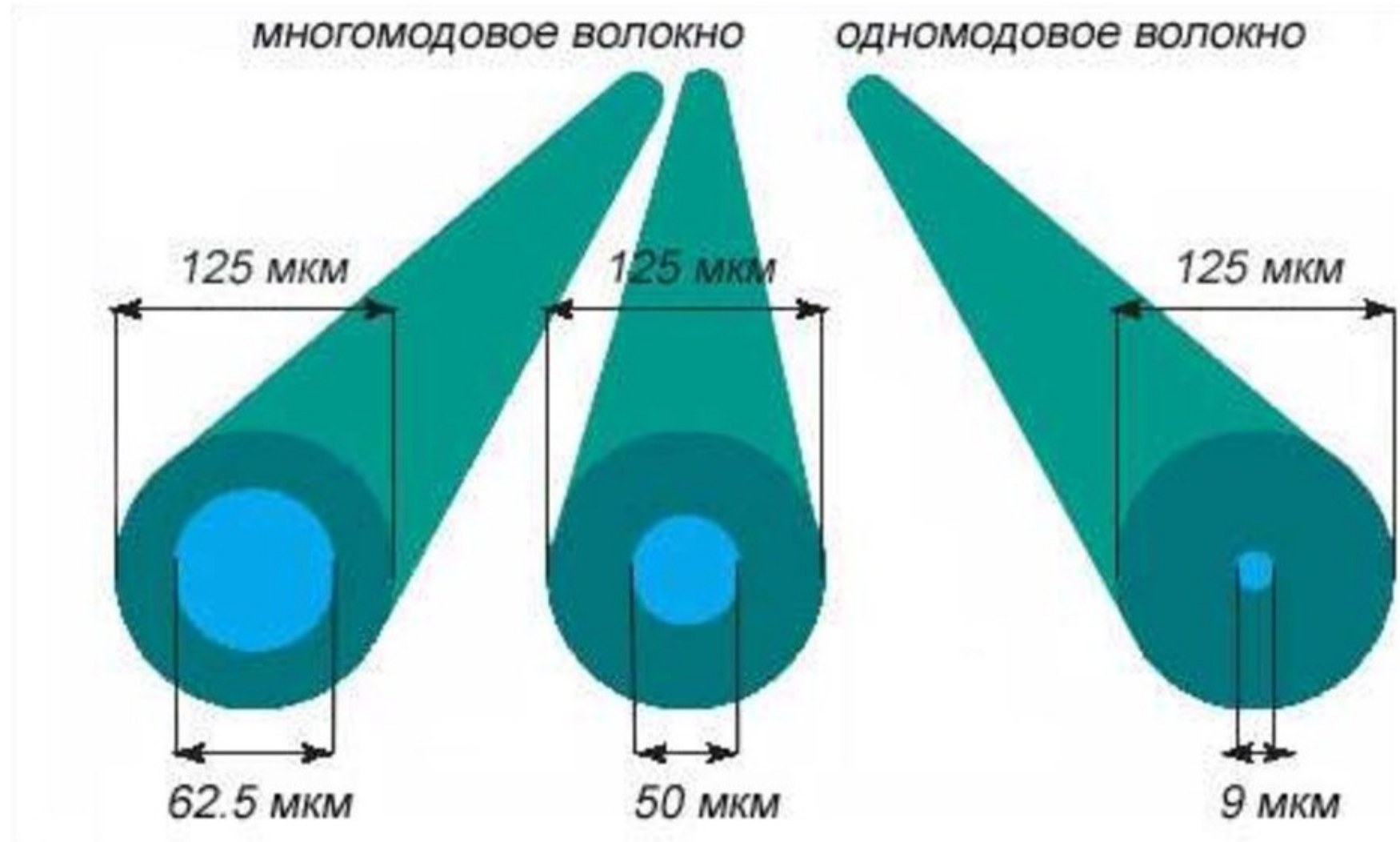
Твинкоаксиальный кабель



Оптический кабель



Оптический кабель



Сварка оптики



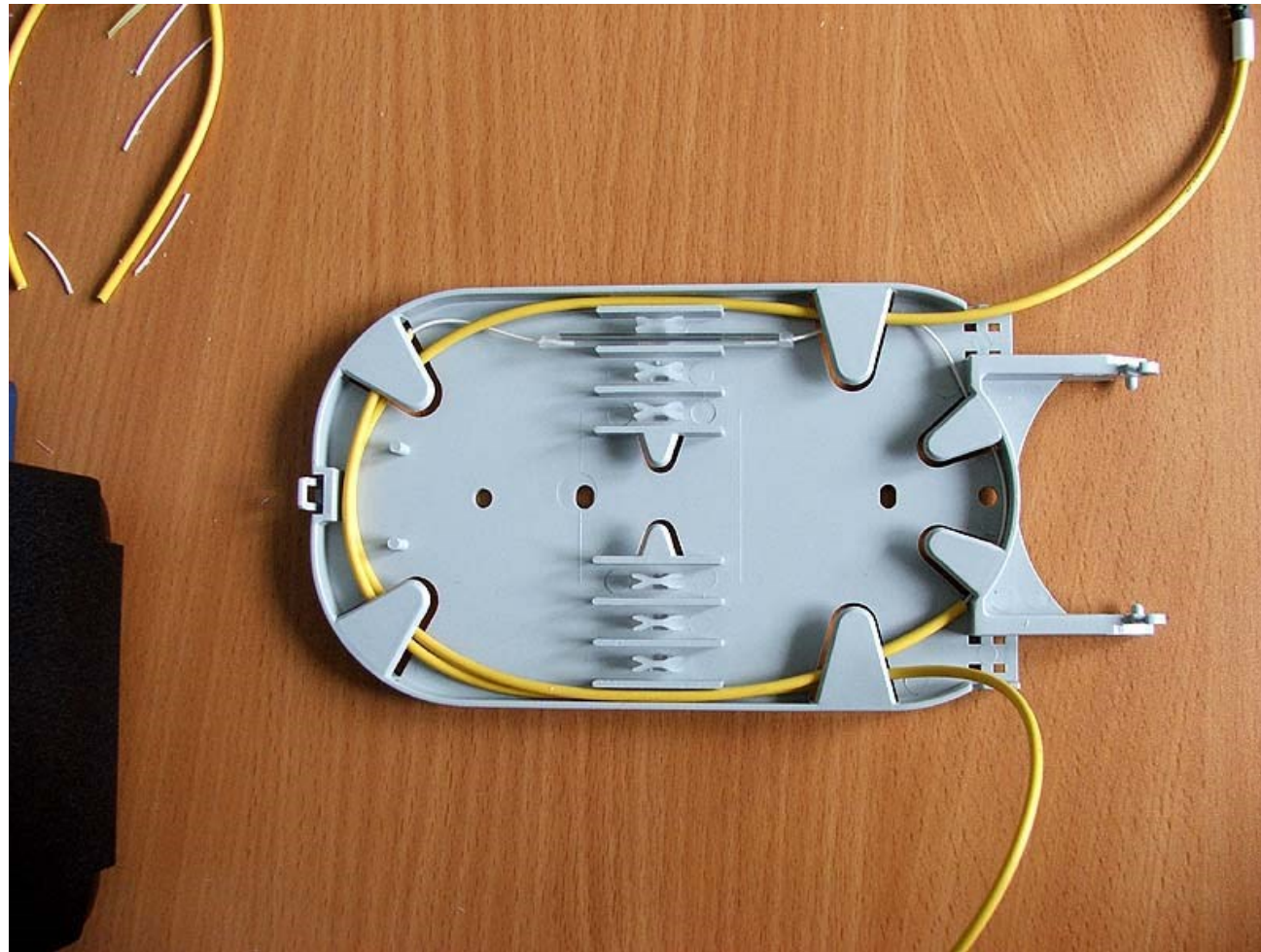
Инструмент



Коммутационная панель



Сплайсы и муфты



Сплайсы и муфты



Сплайсы и муфты



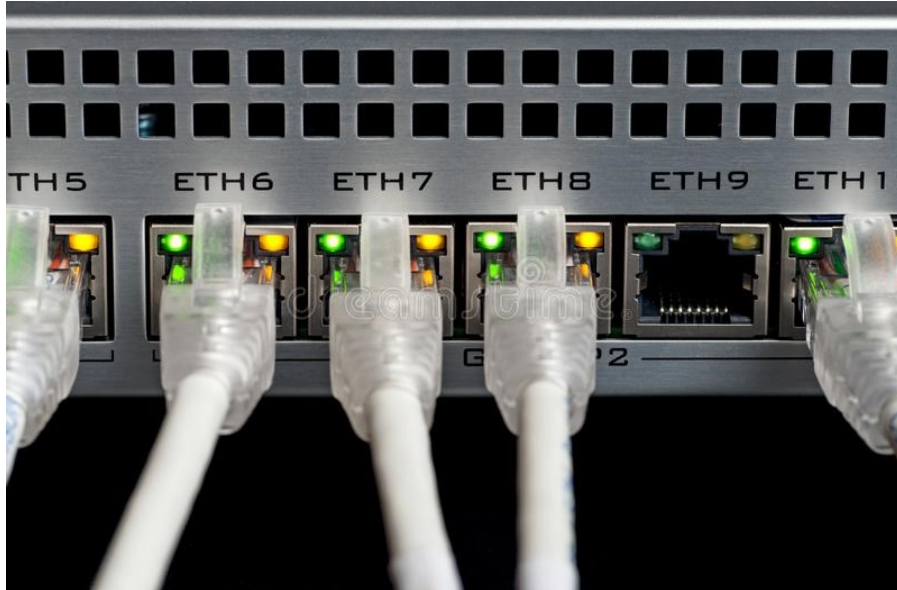
Коммуникационный колодец



Телекоммуникационная розетка



Шнуры (патч-корды)

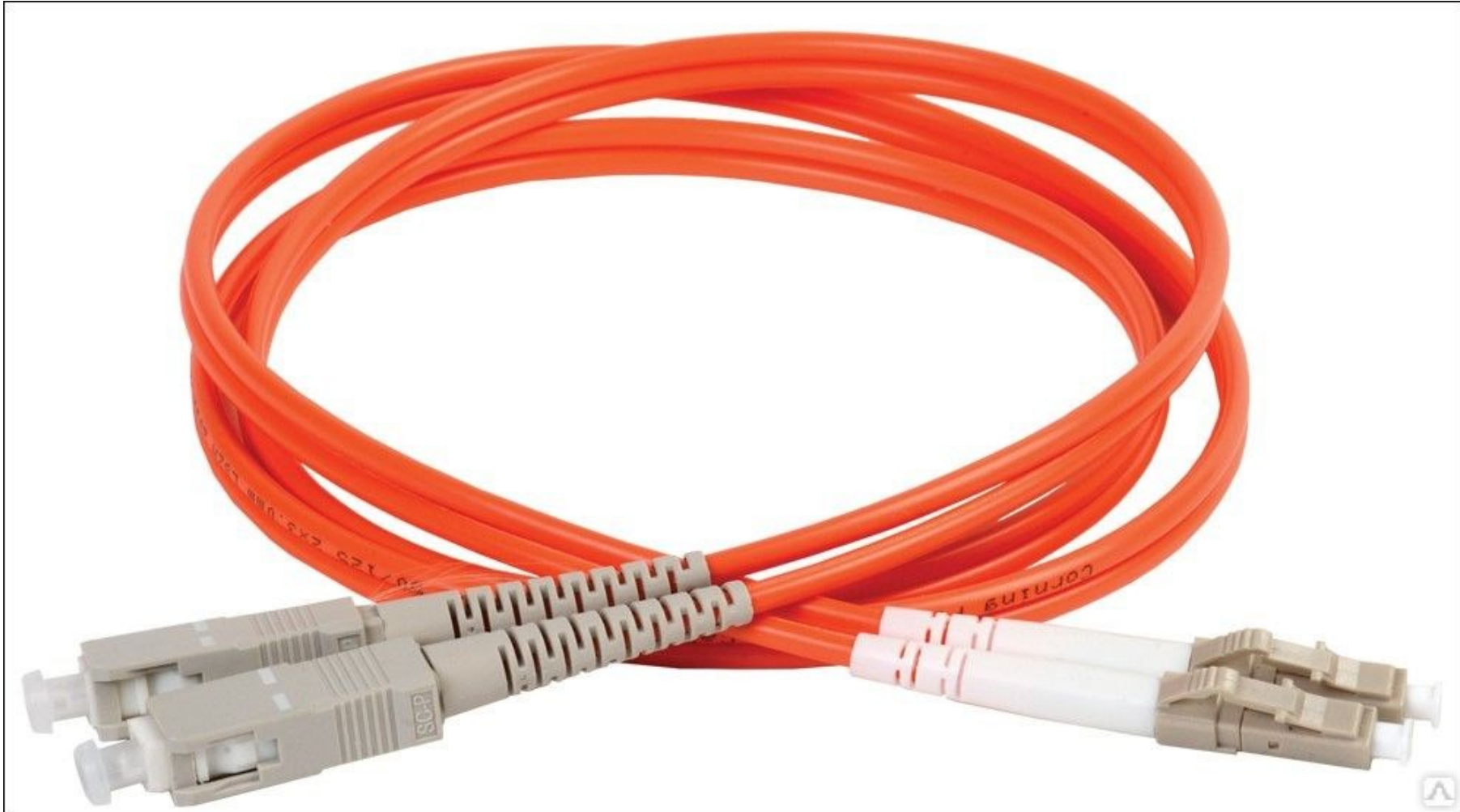


ЭТОТ НЕЛОВКИЙ МОМЕНТ
когда узнал что rj-45 называется 8p8c

Оптические разъемы



Оптические разъемы

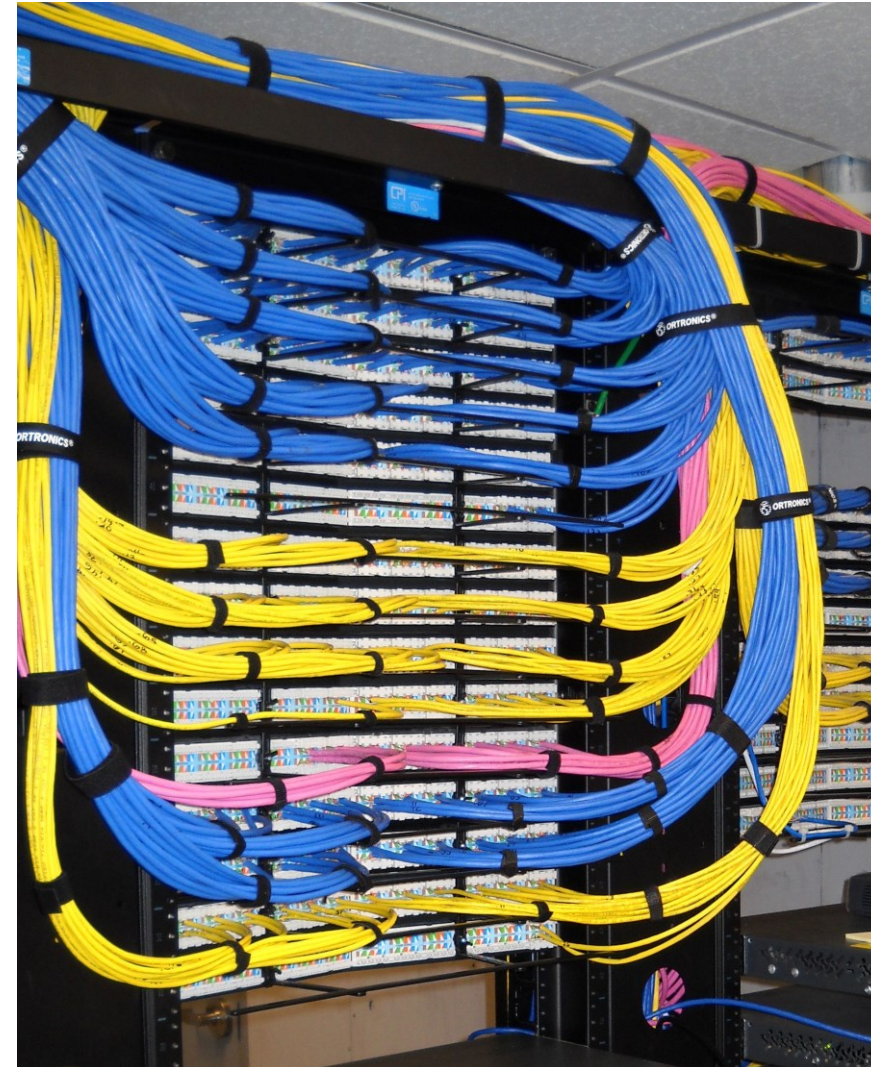


Медиаконвертер



Пару слов о проектировании

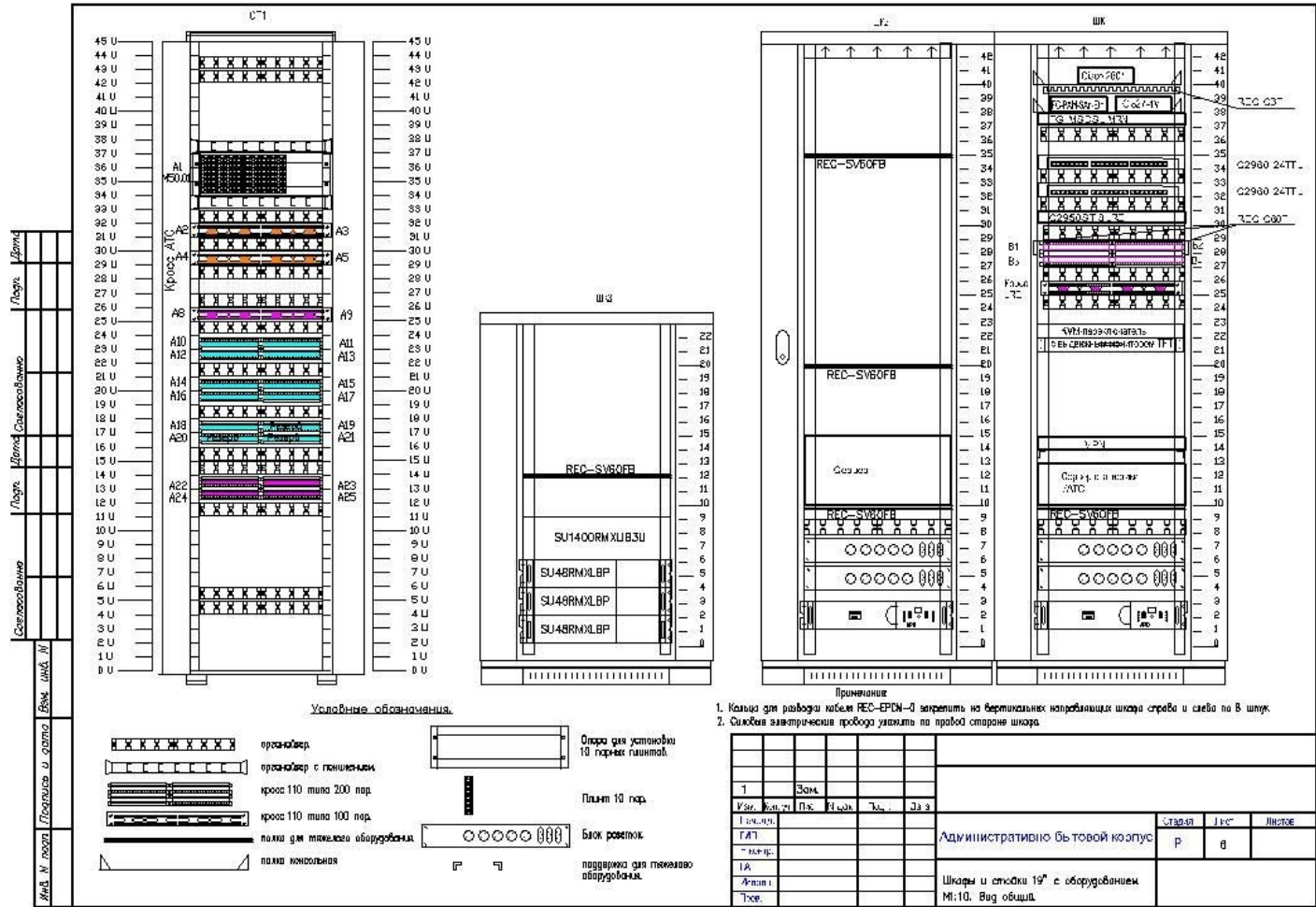
Кабельная инфраструктура – это сложное и комплексное инженерное решение и его нужно проектировать!



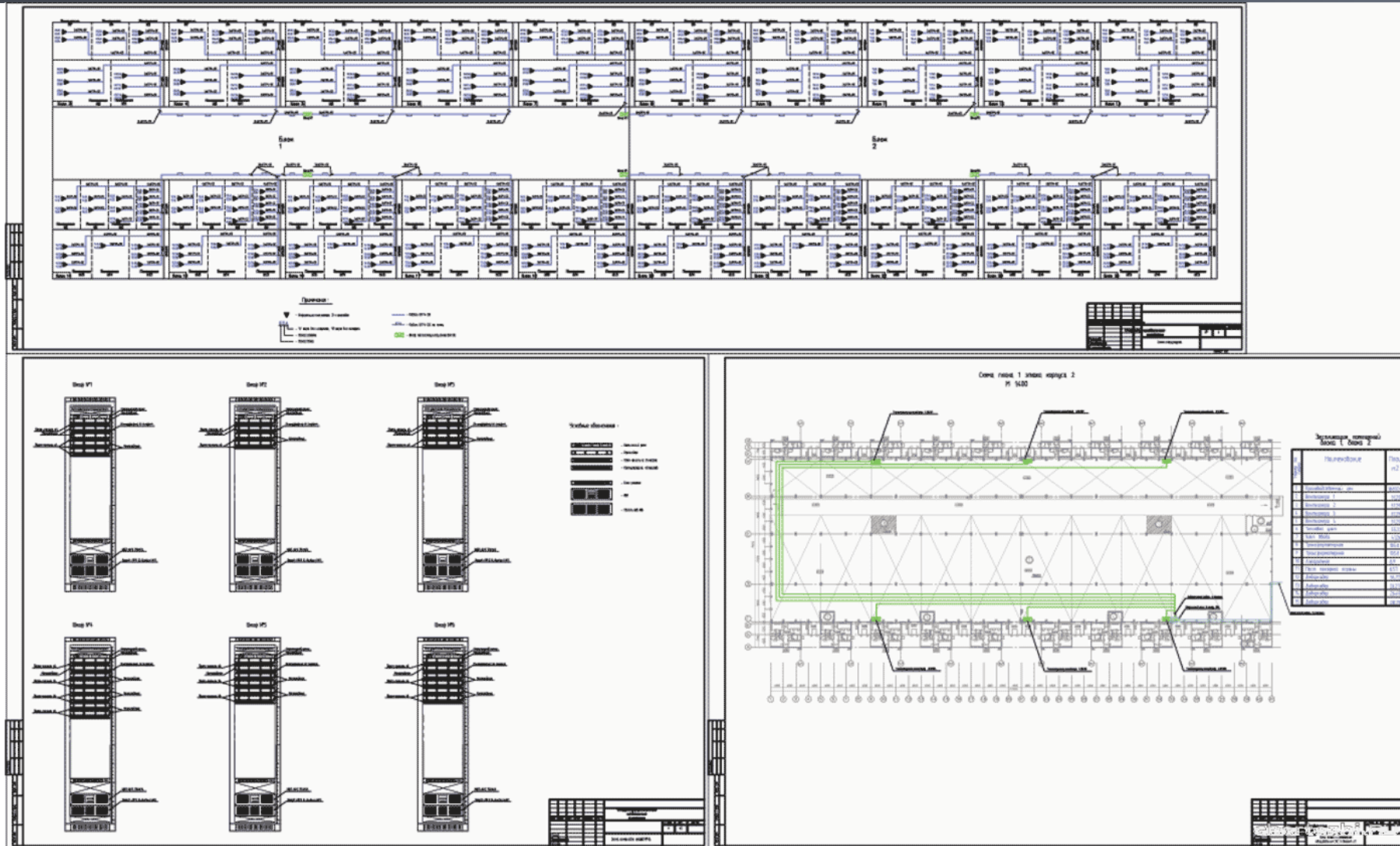
Разработка СКС

- Проектирование
- Реализация
- Тестирование
- Сертификация

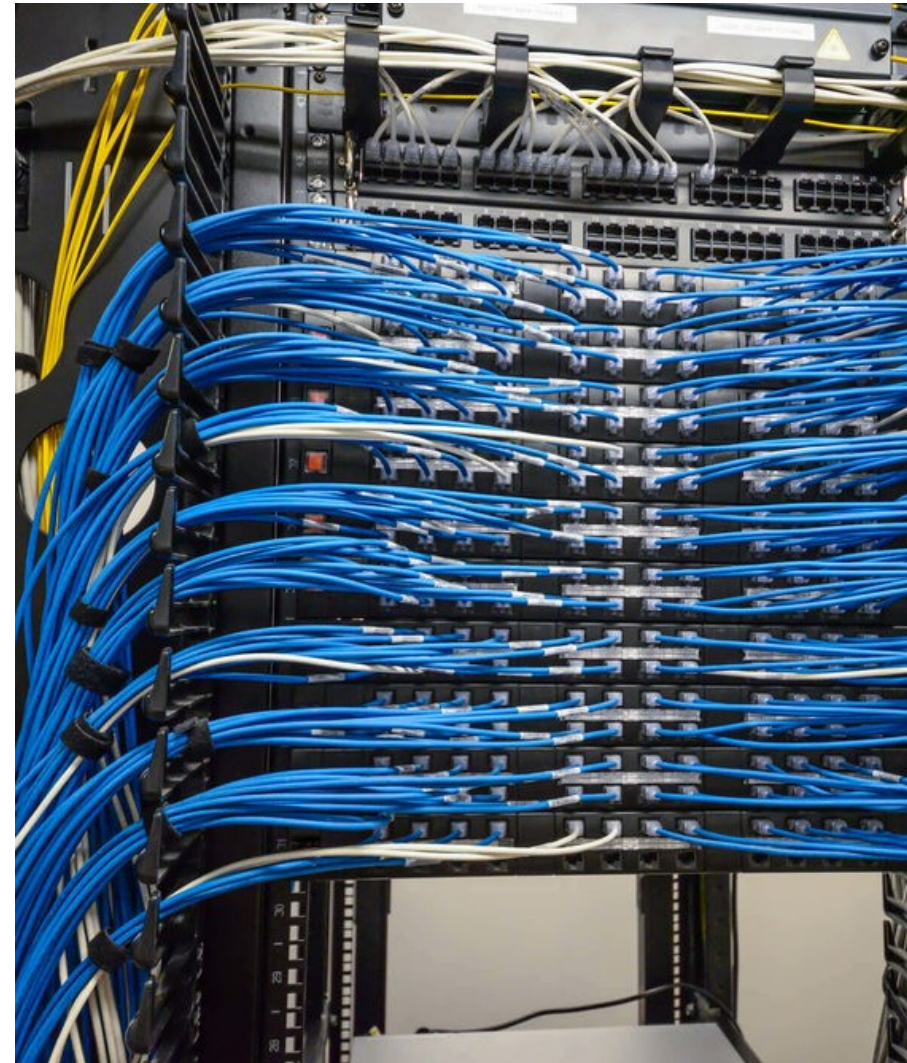
Проект СКС



Проект СКС



Выводы



Выводы

- Скорость передачи зависит не только от проводов
- Все ограничивает физика
- Увеличение скорости на физическом уровне комплексная задача
- Есть параметры, влияющие на канальную скорость
- Есть много разных проводов 😊