

Электрические соединения Элементы коммутации

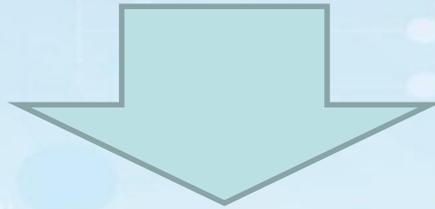
к.т.н. Никаноров А.В.

Содержание лекции

- Характеристики электрических соединителей
- Виды соединителей (неразъемные и разъемные)
- Проводной монтаж
- Разъемные соединители
- Печатные платы
- Волоконно-оптические линии связи

Элементы электрических соединений

- Тенденции ВТ – повышение:
 - сложности реализуемой схемы,
 - уровня интеграции элементной базы,
 - плотности компоновки конструктивных модулей



Возрастание числа выводов на единице площади и усложнение монтажа электрических соединений.

Электрические соединения должны иметь:

- высокую надежность;
- требуемые значения электрических параметров и их постоянство;
- минимальные габаритные размеры и массу;
- высокую ремонтпригодность;

обеспечивать:

- нормальную работу электронных схем в условиях механических и климатических воздействий;
- удобство и безопасность работы при ремонте и эксплуатации;
- помехоустойчивость конструктивной реализации схемы;
- высокую эксплуатационную надежность.

Исходный документ для выполнения электрических соединений - *электромонтажная (соединений) схема.*

Электрические соединения должны полностью соответствовать:

- принципиальным и электромонтажным схемам;
- монтажным таблицам;
- техническим условиям.

Электромонтажные работы проводят по соответствующим инструкциям, в которых указывается:

- метод монтажа;
- применяемое оборудование и оснастка;
- режимы работы оборудования;
- требования к элементам электромонтажа.

Метод монтажа должен быть технологичным и позволять автоматизировать его выполнение.

Виды электрических соединений



Способ электромонтажа и его элементы выбирают с учетом назначения ВТ, конструктивно-технологических и эксплуатационных требований.

По виду используемых проводников монтаж:

- *печатный*
- *проводной*

по способу организации:

- одиночными проводниками
- кабелями – *объемными и плоскими*

по уровню конструктивного элемента монтаж:

- межстоечный
- внутристойный
- внутриблочный
- внутримодульный

Проводной монтаж

Разъемные



Печатный монтаж

Неразъемные

Печатный монтаж

Повышает надежность соединения, снижает трудоемкость монтажно-сборочных работ и создает условия для их автоматизации.

Недостатки:

- низкая ремонтпригодность;
- плоское расположения проводников на печатной плате;
- высокая трудоемкость проектирования;
- снижение механической надежности МПП при больших размерах.

Проводной монтаж

Снижает трудоемкость и повышает скорость перемонтажа (реконфигурации).

Недостатки:

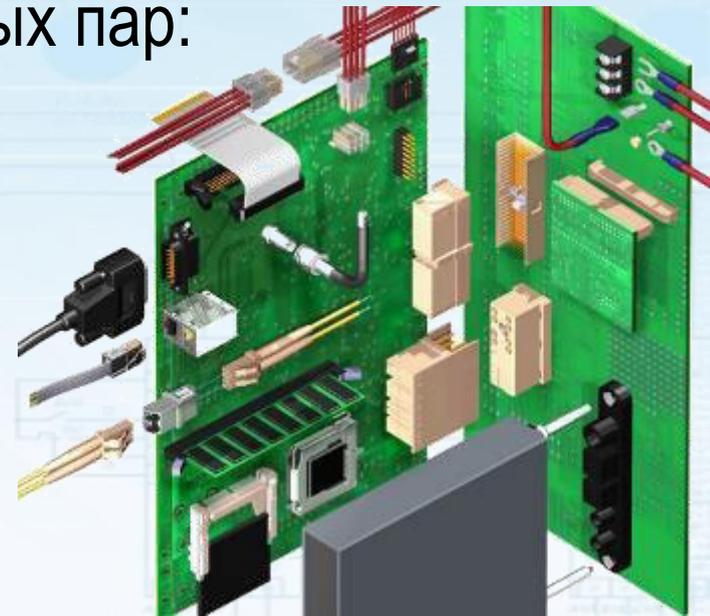
- сложность автоматизации монтажа;
- качество электрического соединения хуже, чем у печатного монтажа;
- недостаточная надежность при внешних воздействующих факторах.

Разъемные соединители

- **Контактные разъемные соединители** применяют для быстрого соединения и замены конструктивных модулей.
- **Электрическое соединение** в разъеме осуществляется за счет холодного контактирования пары штырь - гнездо.
- **Разъем состоит** из двух деталей: вилки и розетки.
- **Вилка (розетка)** - это совокупность штырей (гнезд) контактных пар, имеющая законченное конструктивное оформление.
- **Разъем** должен обеспечивать высокую надежность электрических соединений, иметь небольшие габариты, массу, ключи и элементы крепления.
- В некоторых конструкциях предусматриваются ловители, например отверстия и штыри в вилке и розетке.

Разъемные соединители

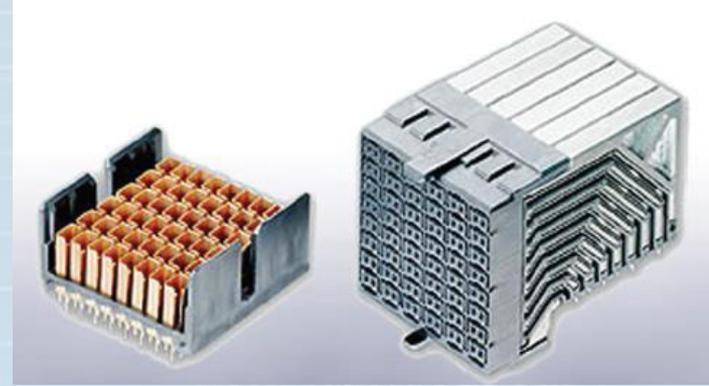
- Разъемы характеризуются:
 - ✓ интенсивностью **отказов**,
 - ✓ предельным **числом сочленений**,
 - ✓ **усилием сочленения** и расчленения,
 - ✓ **диапазоном** рабочего тока и напряжения,
 - ✓ степенью защиты от ВВФ.
- **Электрические параметры** контактных пар:
 - ✓ переходное сопротивление,
 - ✓ собственная индуктивность,
 - ✓ взаимные емкость,
 - ✓ индуктивность,
 - ✓ частотные характеристики.



Виды соединителей

Различают соединители:

- Цилиндрические резьбовые;
- Цилиндрические байонетные.
- Врубные;



Резьбовые соединители имеют круглое сечение и используются для кабельной и приборно-кабельной коммутации. Фиксация - резьбовой накидной гайкой, после завинчивания которой обеспечивается также коммутация пары штырь-гнездо.

Байонетные соединители используются для кабельной и приборно-кабельной коммутации. Фиксация - пазом и выступом, вводимыми в конструкцию вилки и розетки. При совмещении выступа и паза и определенной силе нажатия осуществляется скольжение выступа в пазе и западание его в углубление.

Врубные соединители - для коммутации субблоков – монтажная плата блока. Соединения - вставлением вилки в розетку (иногда с фиксацией замком).

Сравнительная характеристика соединителей

Резьбовые цилиндрические соединители обеспечивают

- **высокую надежность** электрических соединений в условиях жестких механических воздействий,
- могут обладать высокой защитой от климатических факторов

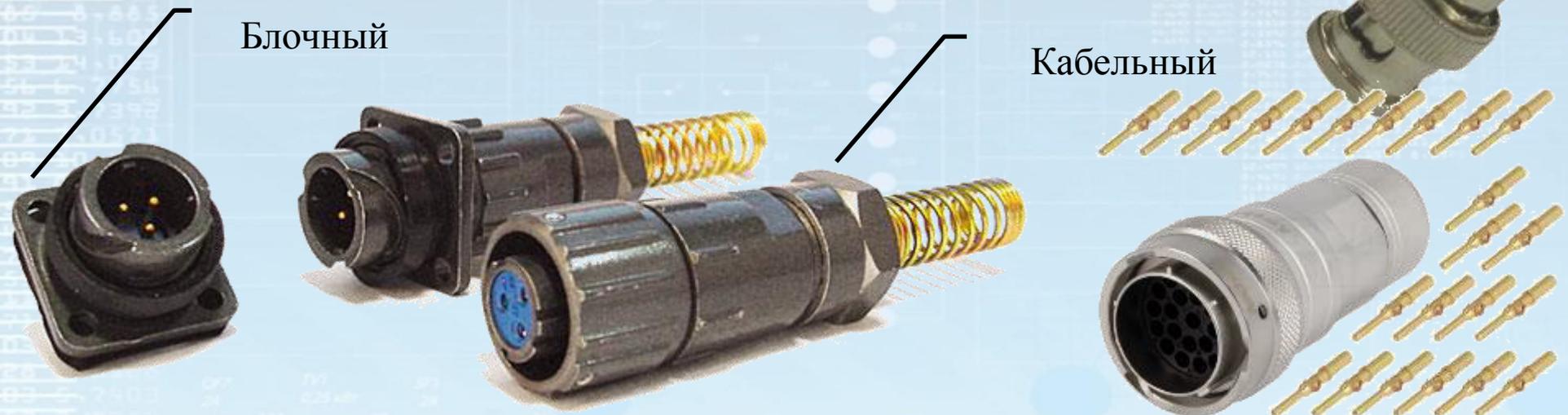


Сравнительная характеристика соединителей

Байонетные соединители занимают промежуточное положение между врубными и резьбовыми.

Блочный

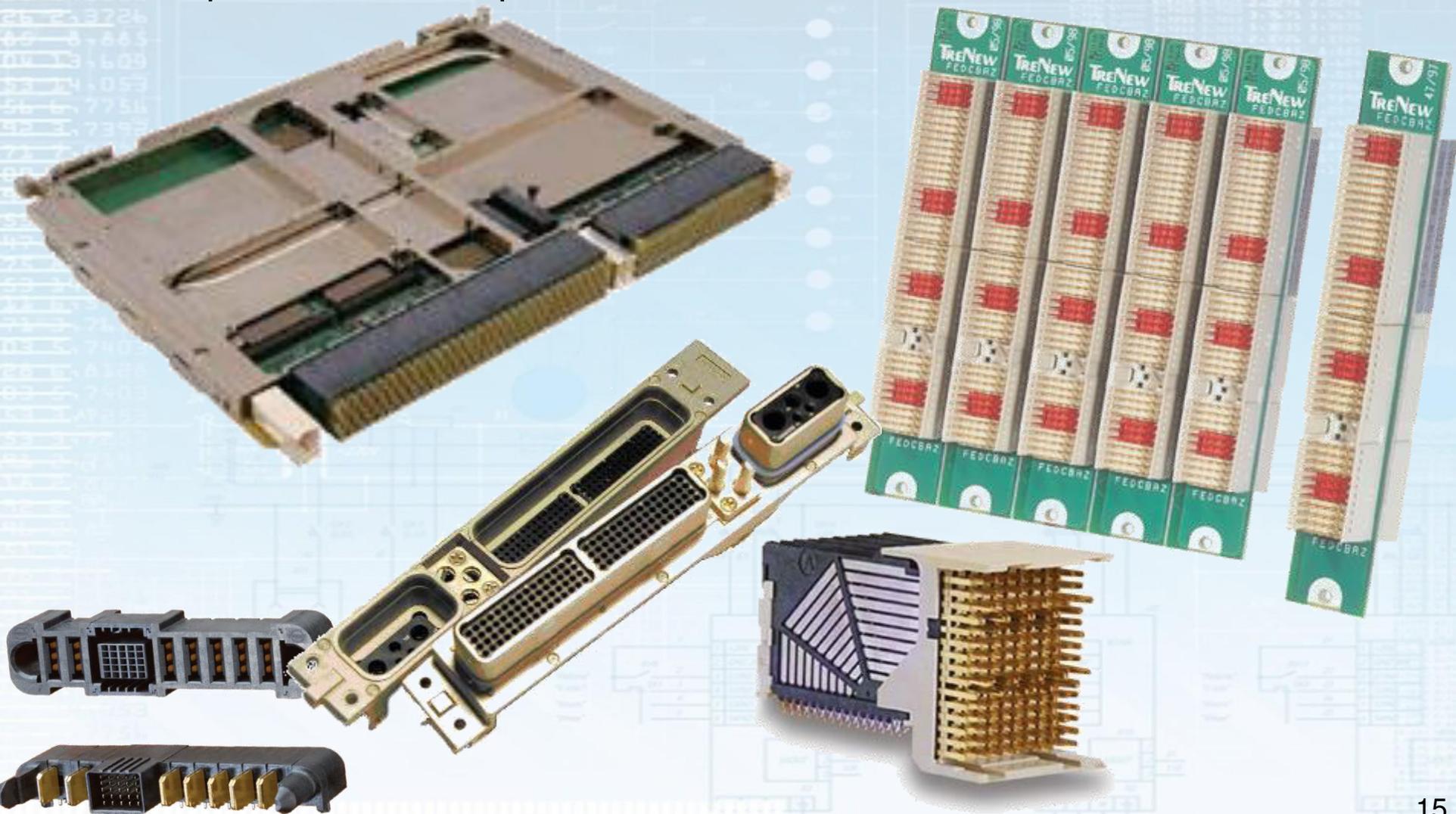
Кабельный



Сравнительная характеристика соединителей

Врубное соединение позволяет

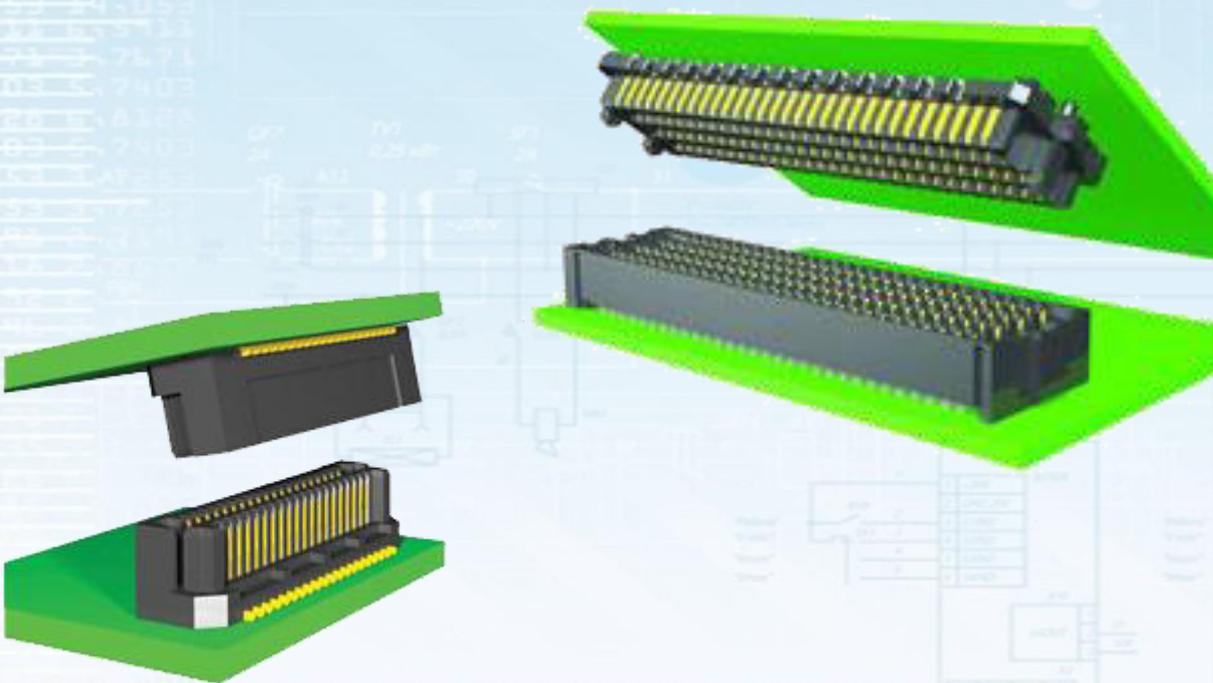
- быстро сочленять и расчленять соединитель.



Разъемные соединители с высокой плотностью контактов

Рост количества внешних выводов требует увеличения плотности контактов соединителей плат, на которых монтируют интегральные микросемы.

Для решения этой задачи разрабатывают разъемы с высокой плотностью выводов и соединители новых типов, причем те и другие должны позволять использование прогрессивных методов монтажа.



Прочие разъемы

- Силовые
- Наборные
- Интерфейсные
- Специального назначения
- Т.Д.

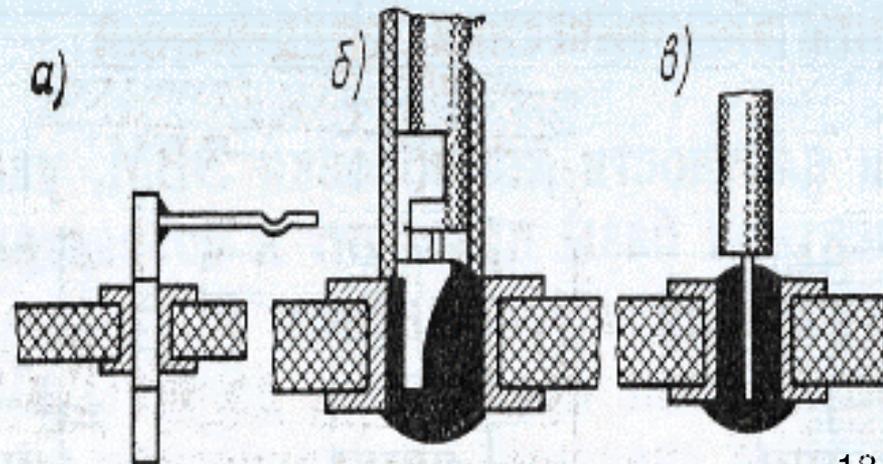


Неразъемные постоянные и полупостоянные

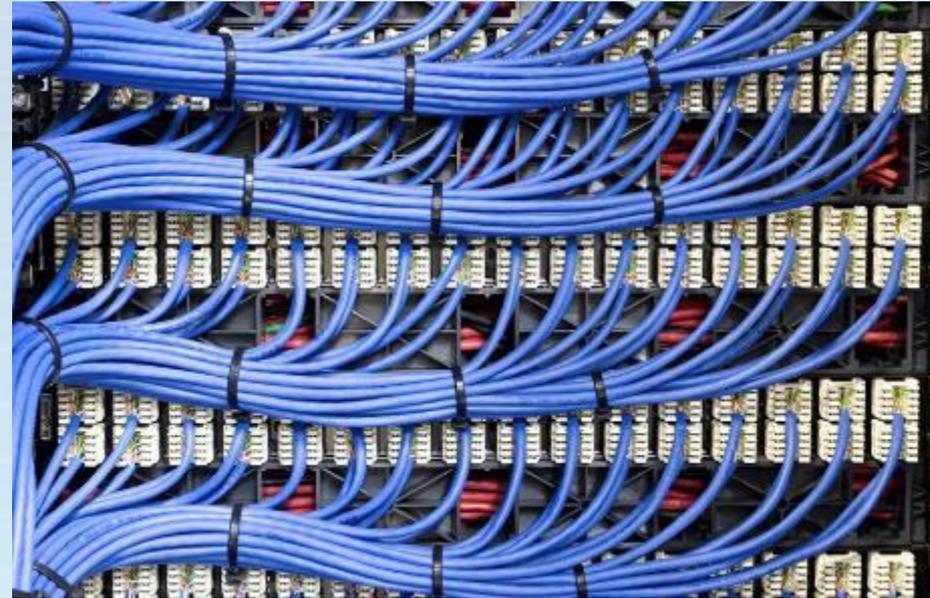
- Сварка
- Пайка, накрутка, обжимка, бандажирование

Проводник приваривают к запрессованному в плату металлическим штырям (а);

Пайка проводников к печатным платам осуществляется в металлизированное отверстие с использованием кабельного наконечника (б) и без него (в);



Межстоечный проводной монтаж

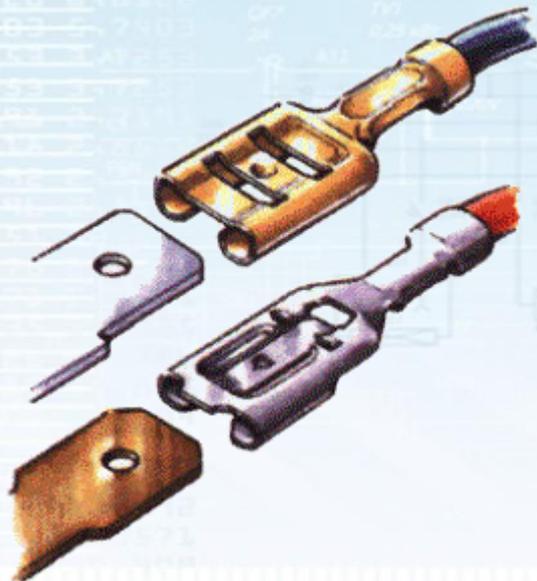


- Разъемные соединения
- Полупостоянные и временные неразъемные соединения (плинты, клеммы)



Неразъемные временные

- лепесток – винт, зажимы,
- клеммы



Клеммные соединения

- Функции клемм:
 - электрическое соединение,
 - фиксация провода
- Виды

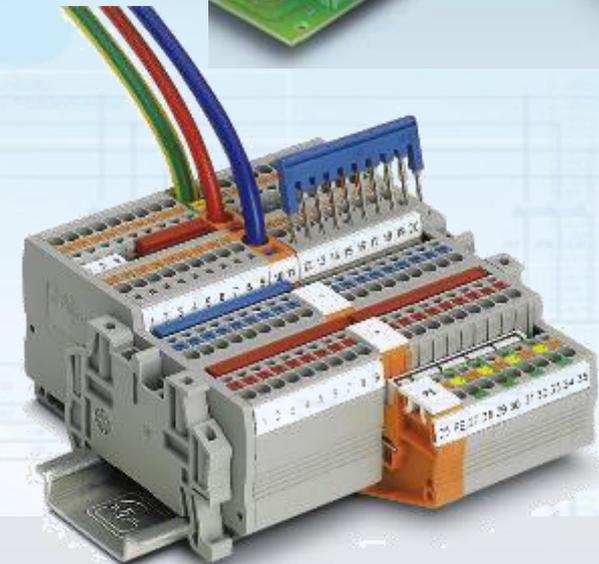
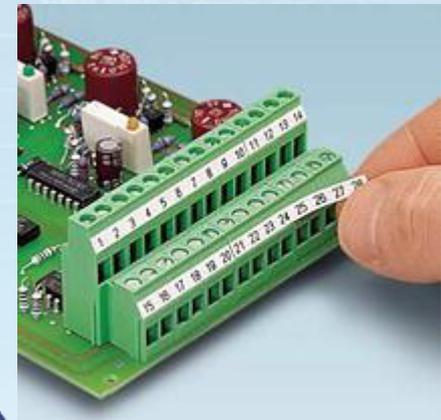
Клеммы

На бокс

На плату

На панель

На DIN рейку

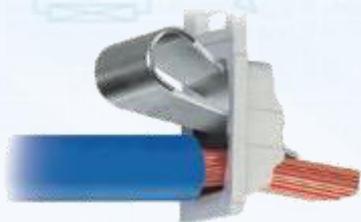
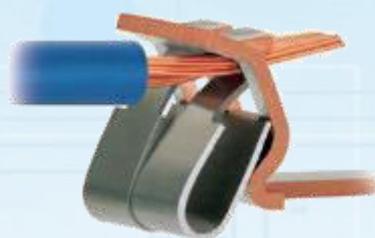
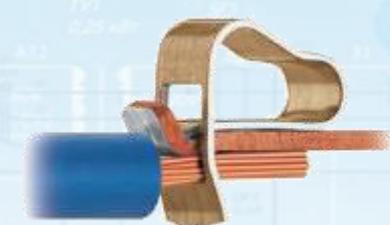
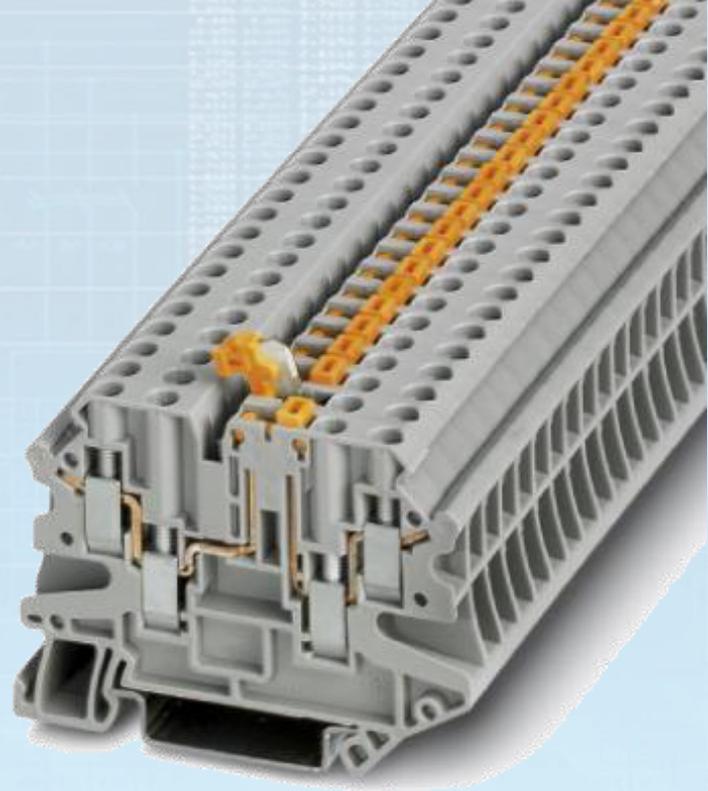


Клеммы

- Винтовые



- Пружинные



Определение размеров проводника

При выборе проводника необходимо учитывать:

- условия эксплуатации,
- нагрузку по току
- и допустимое падение напряжения.

Исходя из допустимого падения напряжения по постоянному току U_n диаметр сигнального провода (мм)

$$d_{\min} \geq \sqrt{4\rho l I_n / (\pi |U_n|)}$$

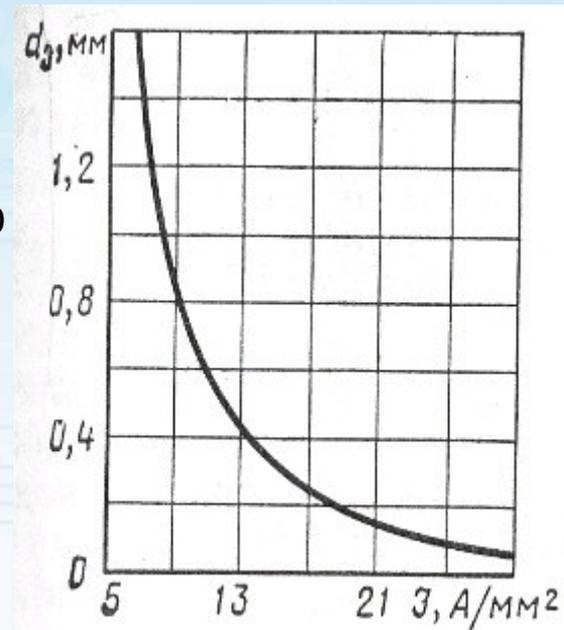
где ρ - удельное сопротивление материала проводника, Ом. мм²/м;
 l - длина проводника, м;
 I_n - ток через проводник, А.

Рассчитанное значение d_{\min} необходимо уточнить с учетом его допустимого перегрева.

На рис. - зависимость допустимого d проводника от проходящего по нему тока, вызывающего перегрев проводника на 20 К относительно температуры окружающей среды.

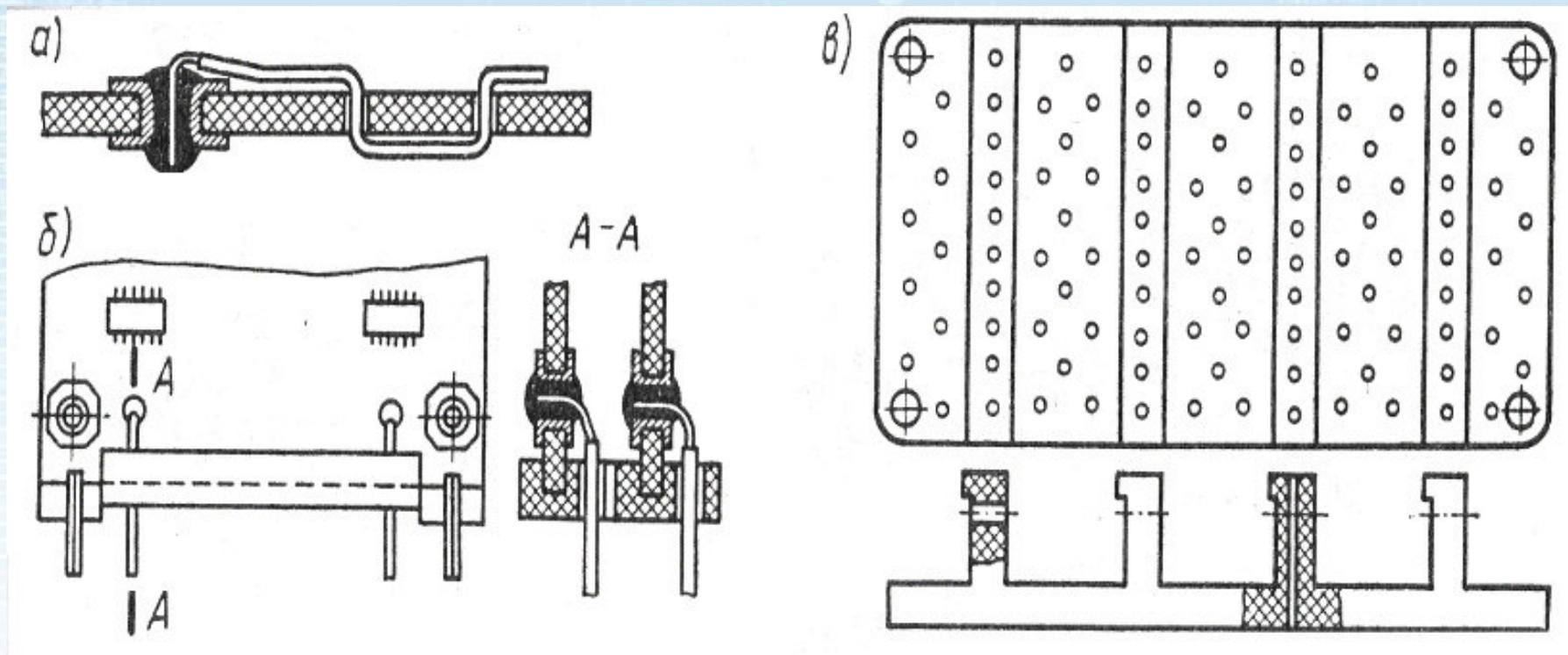
$$J = 4I_{\text{п}} / (\pi d_{\min}^2).$$

По графику находят значение диаметра d_0 , обеспечивающее допустимый перегрев. Если $d_0 > d_{\min}$, то в качестве требуемого принимают значение d_0 .



В специализированной ВТ, работающих при интенсивных механических воздействиях, целесообразно использовать **многожильные проводники** или принимать специальные меры их фиксации посредством пропускания проводников в неметаллизированные отверстия (а) или прижимом с помощью планки (б).

В **нестационарных блоках** для крепления проводников используются гибкие ремни с перфорированными отверстиями (в) или стяжки.



Монтаж запрессовкой проводников

Перспективным, в том числе и для межсоединений в субблоках, является метод монтажа запрессовкой проводников.

Суть метода:

- сторона платы, свободная от элементов, покрывается адгезионным слоем.
- устройство с программным управлением в соответствии с таблицей соединений раскладывает и фиксирует изолированные проводники, которые могут пересекаться.
- Затем проводники запрессовываются и заливаются компаундом.

Этот метод монтажа характеризуется:

- ✓ простотой проектирования,
- ✓ высокой плотностью и надежностью соединений,
- ✓ прочностью и устойчивостью к климатическим воздействиям.

Плоские кабели

В стационарной ВТ плоские кабели используют для связей между панелями, рамами и стойками.

В специализированных ЭВМ плоскими кабелями могут выполняться электрические соединения между субблоками.

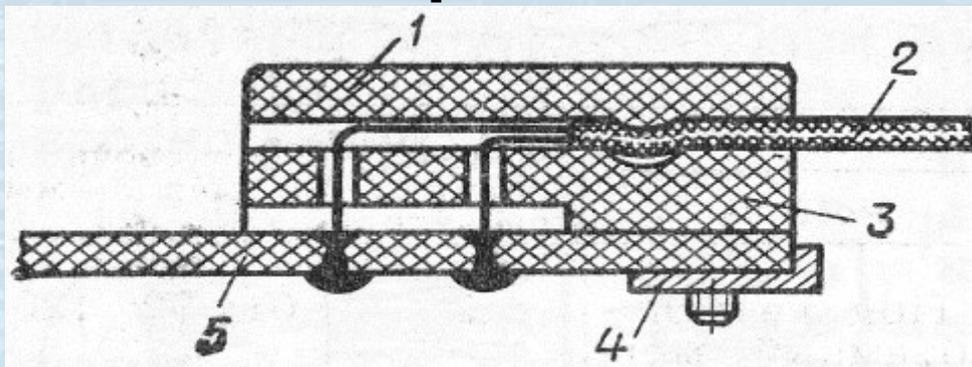
Применение плоских кабелей облегчает:

- сборочные операции,
- повышает надежность монтажных соединений и их устойчивость к климатическим воздействиям,
- приводит к снижению объема и веса ЭВМ,
- позволяет осуществлять монтаж в трех плоскостях за счет изгиба и скручивания.

В настоящее время существуют

- ✓ гибкие печатные,
- ✓ тканые
- ✓ и опрессованные кабели.

Гибкие опрессованный и тканый кабели

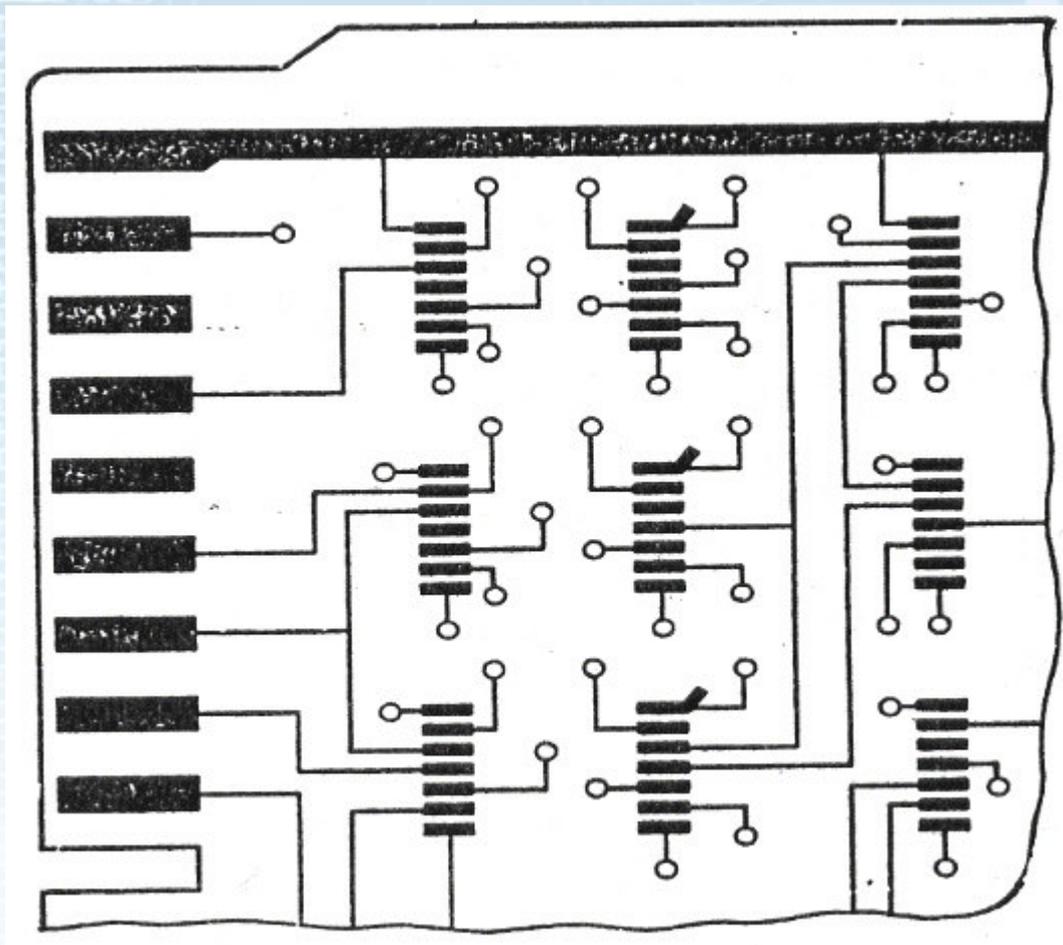


- 1 – крышка;
- 2 – опрессованный кабель;
- 3 – корпус колодки;
- 4 – захват;
- 5 – печатная плата

- ✓ Гибкий опрессованный кабель изготавливают запрессовкой проводов в гибкий диэлектрик.
- ✓ Тканые кабели получают переплетением проводов лавсановой или капроновой нитью.
- ✓ При необходимости тканые кабели могут составлять различные линии связи (одиночные провода, витые пары, коаксиальные кабели).
- ✓ В тканых кабелях легко делать ответвления в необходимых местах.
- ✓ Гибкие опрессованные и тканые кабели крепят к печатным платам колодками и прижимными скобами.
- ✓ Плоские кабели рекомендуется использовать при длине соединения более 40 мм.

Элементы печатного монтажа

Фрагмент топологии наружного слоя ДПП



Данная ПП предназначена для монтажа микросхем с планарными выводами (технология монтажа на поверхность).

Вилка соединителя выполнена в виде печатных ламелей на самой плате.

Подвод питания и земли выполняется печатными проводниками. Их ширина должна быть не менее 2 мм.

Повышение интеграции

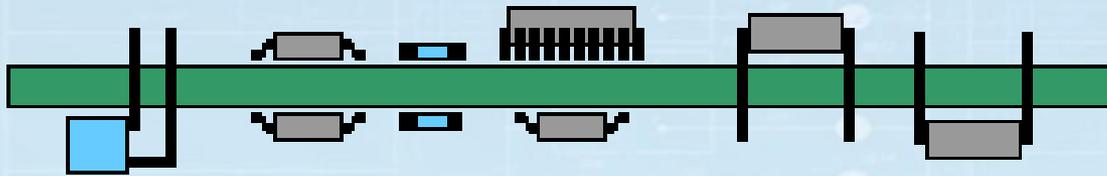
Рост плотности активных элементов на кристалле в 2 раза за 24 мес

Уменьшение площади монтажных площадок на ПП на 7% в год

Снижение физических размеров электронной аппаратуры на 10% в год

Конструкции корпусов элементов ПП

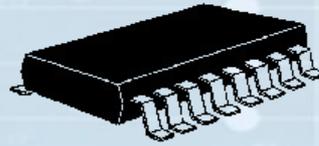
- РТН – Plated Through-hole (монтаж выводов в металлизированные отверстия)



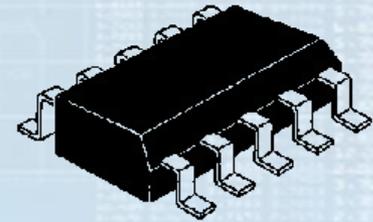
- SMT – Surface Mounting Technology (поверхностный монтаж)
- Расположение выводов микросхем
 - Периферийное расположение
 - Матричное расположение

Разновидности корпусов микросхем с двусторонним расположением выводов в форме крыла чайки

а – корпус типа **SOIC**
(*Small-Outline Integrated Circuit*)



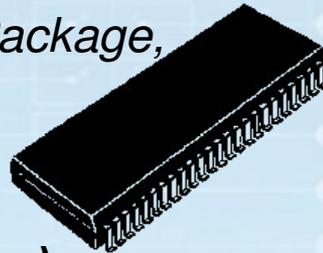
а



б

б – корпус типа **SOP**
(*Small Outline Package*)

в – **SSOP** (*Shrink Small Outline Package*,
"Сжатый" малый корпус)

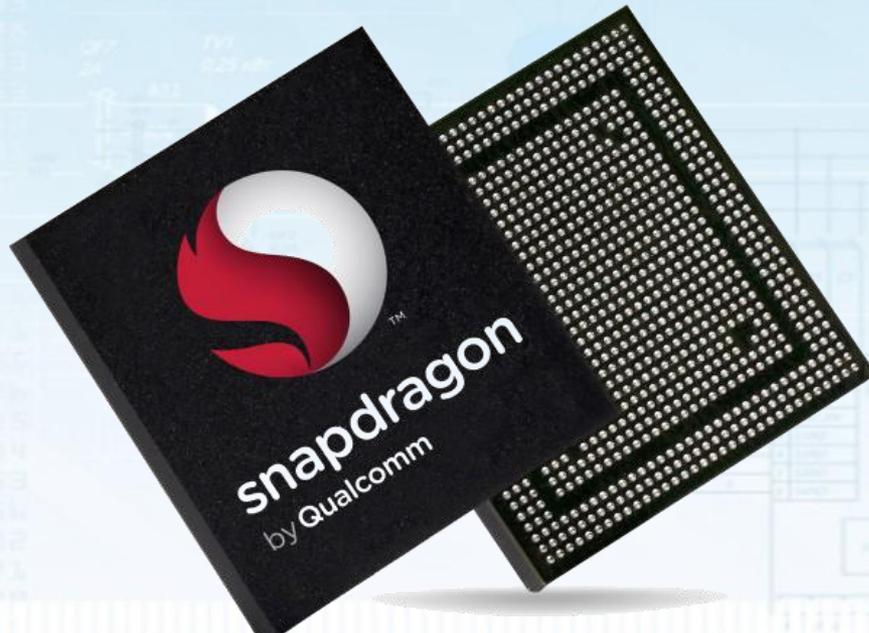
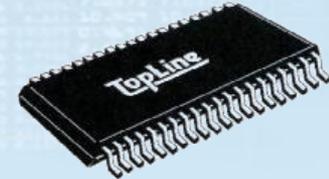


в



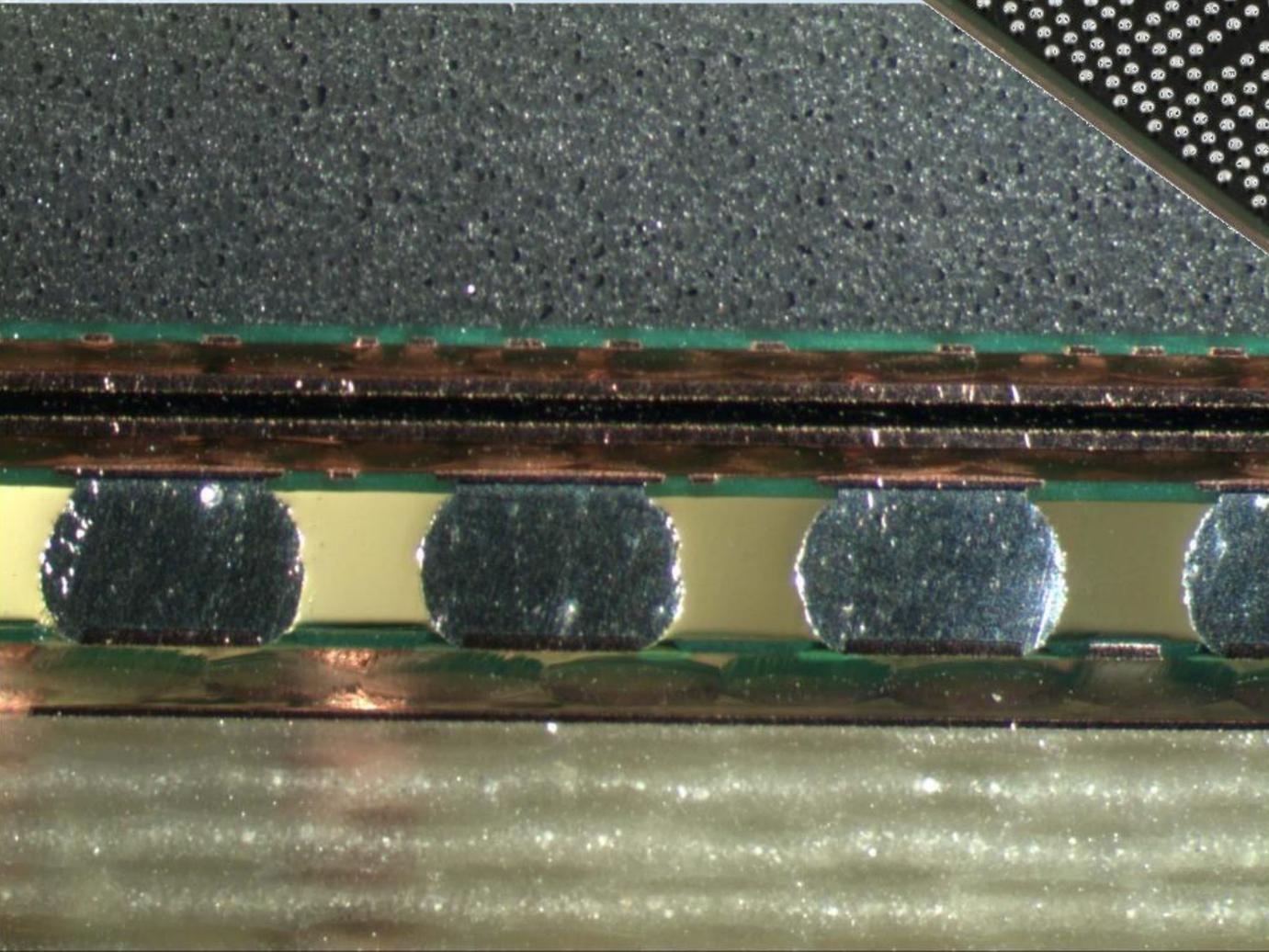
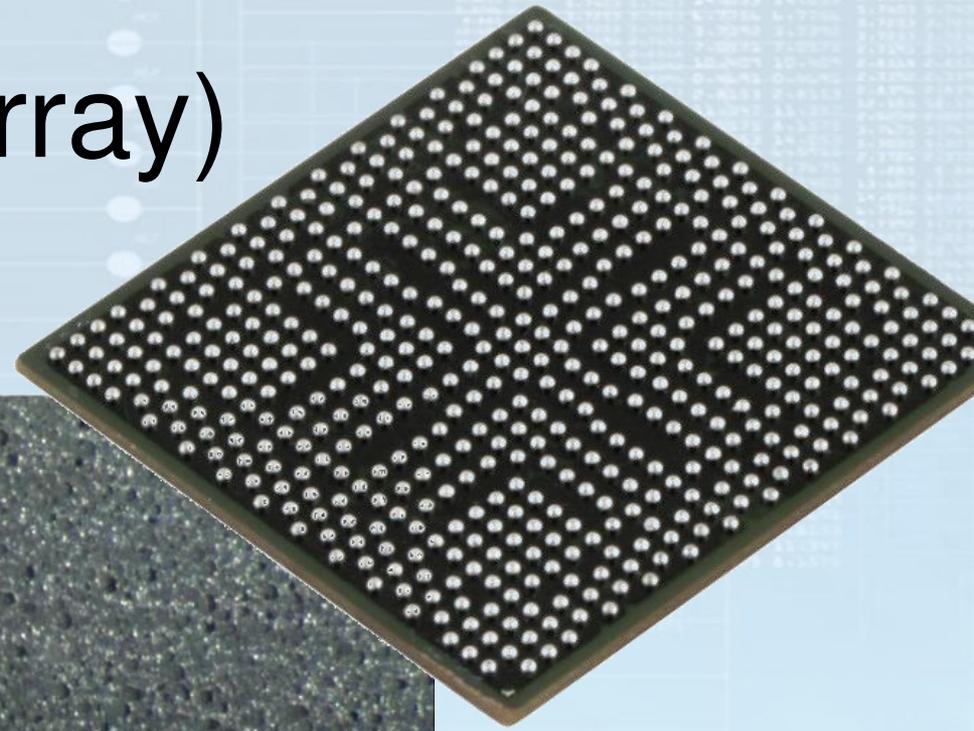
г

г – **TSSOP**
(*Thin Shrink Small Outline Package*)



Корпус BGA

BGA (ball grid array)



Корпуса микросхем с матричным расположением выводов

- CSP (Chip-scale Packages — корпус, соизмеримый с размером кристалла);
- PBGA (Plastic Ball Grid Array — пластмассовые корпуса с шариковыми матричными выводами);
- CBGA (Ceramic Ball Grid Array — керамические корпуса с шариковыми матричными выводами);
- PPGA (Plastic Pin Grid Array — пластмассовые корпуса с матричными контактными площадками);
- CCGA (Ceramic Column Grid Array — керамические корпуса со столбиковыми матричными выводами).

Преимущества матричного вывода

- Минимальная площадь монтажного поля подложки;
- наличие свободных мест для размещения элементов теплоотвода на подложку;
- лучшие условия обеспечения функциональной производительности электронных модулей за счет меньших паразитных эффектов на быстродействующих операциях;
- упрощение технологии поверхностного монтажа на печатную плату за счет использования процессов оплавления припоя при групповом нагреве;
- большой выход готовой продукции.

Интеграция электронных компонентов



Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС)

Достоинства ВОЛС:

- Малое затухание сигнала позволяет передавать информацию на большее расстояние без использования усилителей.
- малое поперечное сечение
- малая масса волокон;
- широкая полоса пропускания;
- невосприимчивость к внешним электромагнитным помехам;
- отсутствие воздействий на другие линии и коротких замыканий;
- более широкий температурный диапазон работы.



Недостатки ВОЛС

- Относительная хрупкость оптического волокна (нормируется минимально допустимый радиус изгиба).
- Сложность соединения в случае разрыва.
- Сложная технология изготовления, как самого волокна, так и компонентов ВОЛС.
- Сложность преобразования сигнала (в интерфейсном оборудовании).
- Относительная дороговизна оптического оконечного оборудования.

Основа волоконно-оптических линий связи

световод (волновод) или оптическое волокно - двухслойная конструкция, состоит из:

1. проводящей среды (сердцевины) и

2. оболочки,

с разными показателями коэффициентов преломления (n_1 и n_2).

Длина пути и время прохождения луча по световоду – функция угла падения луча. Разница между длинами пути и временем прохождения для различных составляющих луча (мод) приводит к уширению импульса и сокращению вследствие этого информационной емкости световода.

Для световода характерны следующие параметры:

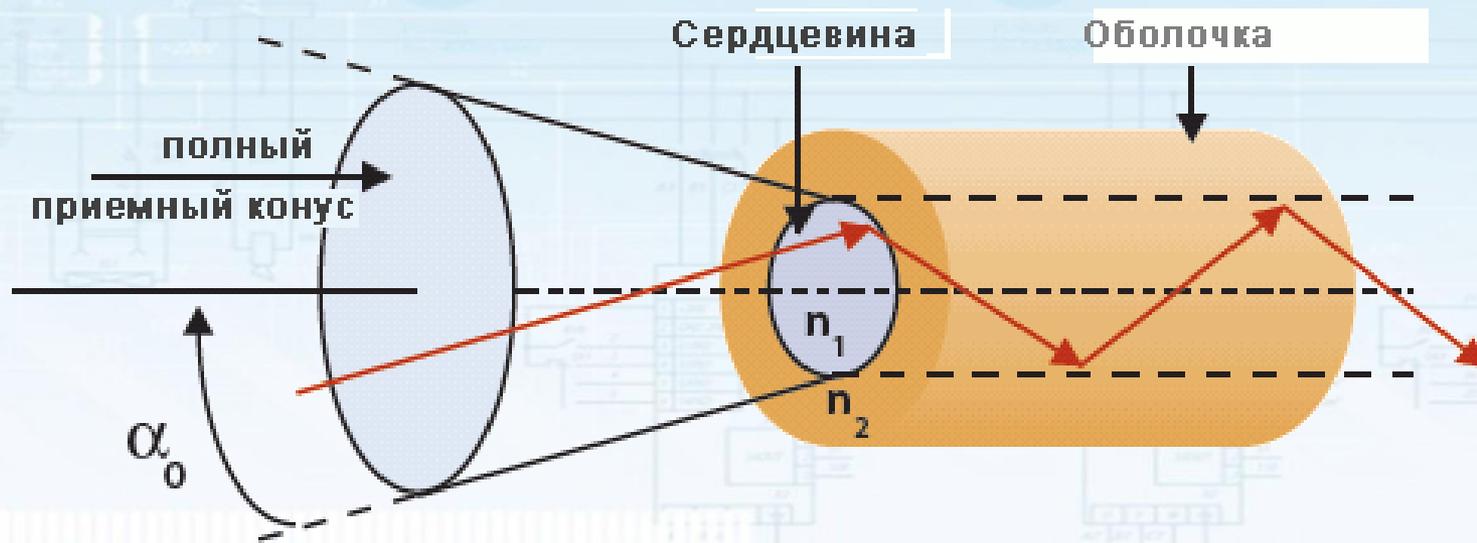
Угол полного отражения луча внутри волновода

$$\theta_{кр} = \arcsin (n_2/n_1)$$

Числовая апертура NA (степень эффективности использования излучения источника света и особенности применения световода)

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Где: n_1 - показатель преломления внутри волновода,
 n_2 - показатель преломления оболочки.



В световодах с малой числовой апертурой (NA) малая дисперсия импульса, но большие потери из-за микроизгибов.

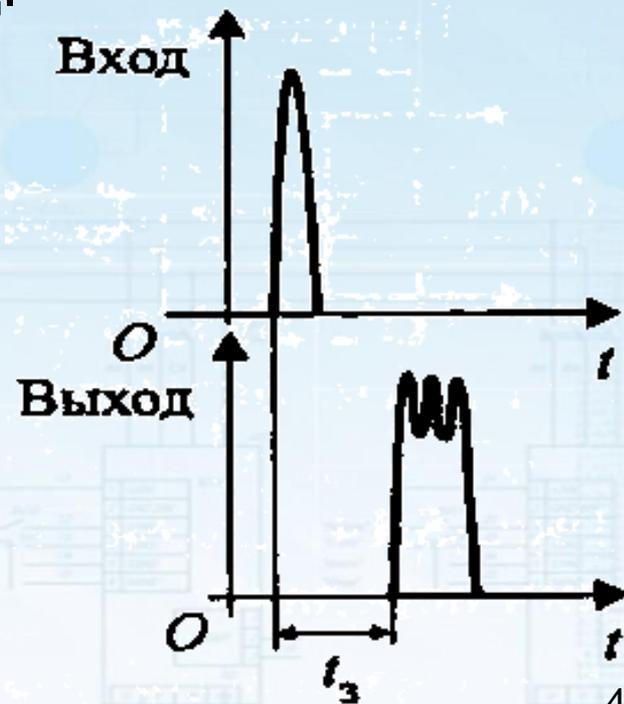
Для использования в линиях дальней связи подходят световоды со значением $NA=0,2$.

В коротких ВОЛС следует использовать световоды с большим значением NA.

Показатели преломления сердцевины и оболочки определяют эффективность ввода излучения в световод.

Чем больше между ними разница тем более эффективен световод.

Однако при этом увеличивается уширение импульса.



Структура ВОЛС

Конструктивно световод состоит из сердцевины, покрытой несколькими слоями защитных материалов.

Первичное покрытие – тонкая (5-10 мкм) лаковая пленка из ацетата целлюлозы, силикона или других материалов, защищающая материал сердцевины от воздействия атмосферы и увеличивающая его механическую прочность.

Назначение последующих слоев – устранение воздействий на световод поперечных сил и увеличение прочности на разрыв.

Группа световодов объединяется конструктивно в *оптический кабель*, в конструкцию которого кроме световодов включают силовые элементы, демпфирующие слои и специальные наружные защитные покрытия.

Оптические волокна - основной компонент ВОЛС.

Они представляют собой комбинацию материалов, имеющих различные оптические и механические свойства.

Материал сердцевины - сверхчистое кварцевое стекло.

Внешняя часть волокна изготавливается

из пластмасс или эпоксидных композиций, сочетающих высокую механическую прочность и большой коэффициент преломления света.

Этот слой обеспечивает механическую защиту световода и его устойчивость к воздействию внешних источников оптического излучения.

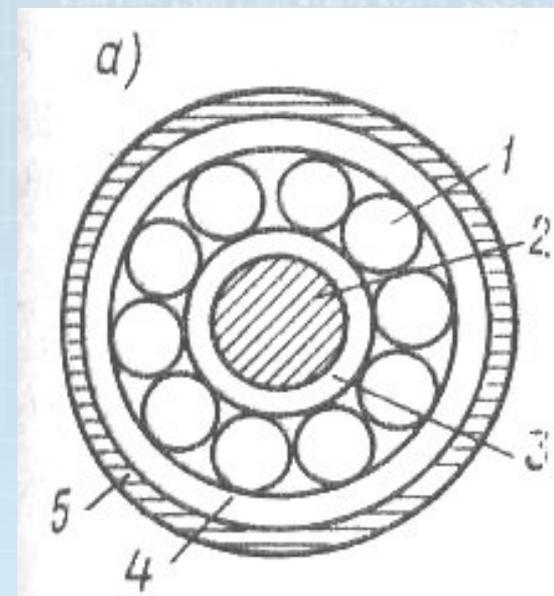


Варианты конструкций оптических кабелей

Оптический кабель (рис. а) имеет:

10 световодов 1,
располагающихся на цилиндрическом упрочняющем элементе 2,
защищенном покрытием 3.

Поверх световодов размещена полимерная демпфирующая прокладка 4,
которая помещается в полимерную оболочку 5.



В оптическом кабеле (рис. б)

4 световода 1 совместно с упрочняющим элементом образуют субкабель 2.

Восемь таких субкабелей с четырьмя коаксиальными фидерами 8

для электропитания, окруженные демпфирующим материалом размещаются на упрочняющих элементах 4 и 7,

которые защищены полимерным покрытием 3. Поверх конструкции нанесены демпфирующий слой 5 и защитный слой 6.

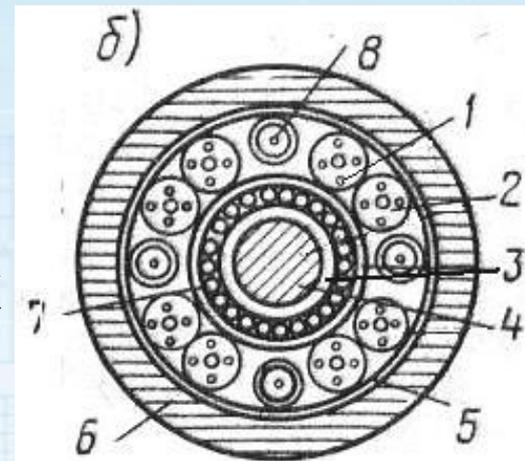


Схема передачи информации по ВОЛС



- Оптический кабель с источником и приемником излучения образуют волоконно-оптическую линию связи.