

Прикладная электроника

Практика. Теория надёжности. Монтаж.

Теория надёжности. Отказ единичного компонента. Методика оценки по слабому звену + параллелизм. Зависимость от параметров эксплуатации

Принципиальная схема. Способы монтажа. Печатные платы. EDA. CAD

Олег Уржумцев

Монтаж компонентов

- Расположение и связь между компонентами в пространстве
- Подвиды
 - Навесной
 - На “точках”
 - На монтажных платах
 - Печатный (в одной плоскости)
 - С помощью пайки (на гетинаксе, стеклотекстолите)
 - На керамике с помощью запекания
- Также решает задачу минимизации наводок (crosstalk), теплоотвода

Пайка

- Неразъёмное соединение металлических деталей путём введения третьего металла с более низкой $T_{пл}$ (припоя)
- Процесс требует полного расплавления припоя => температура деталей в месте пайки $> T_{пл}$
- Окисленная поверхность требует очистки

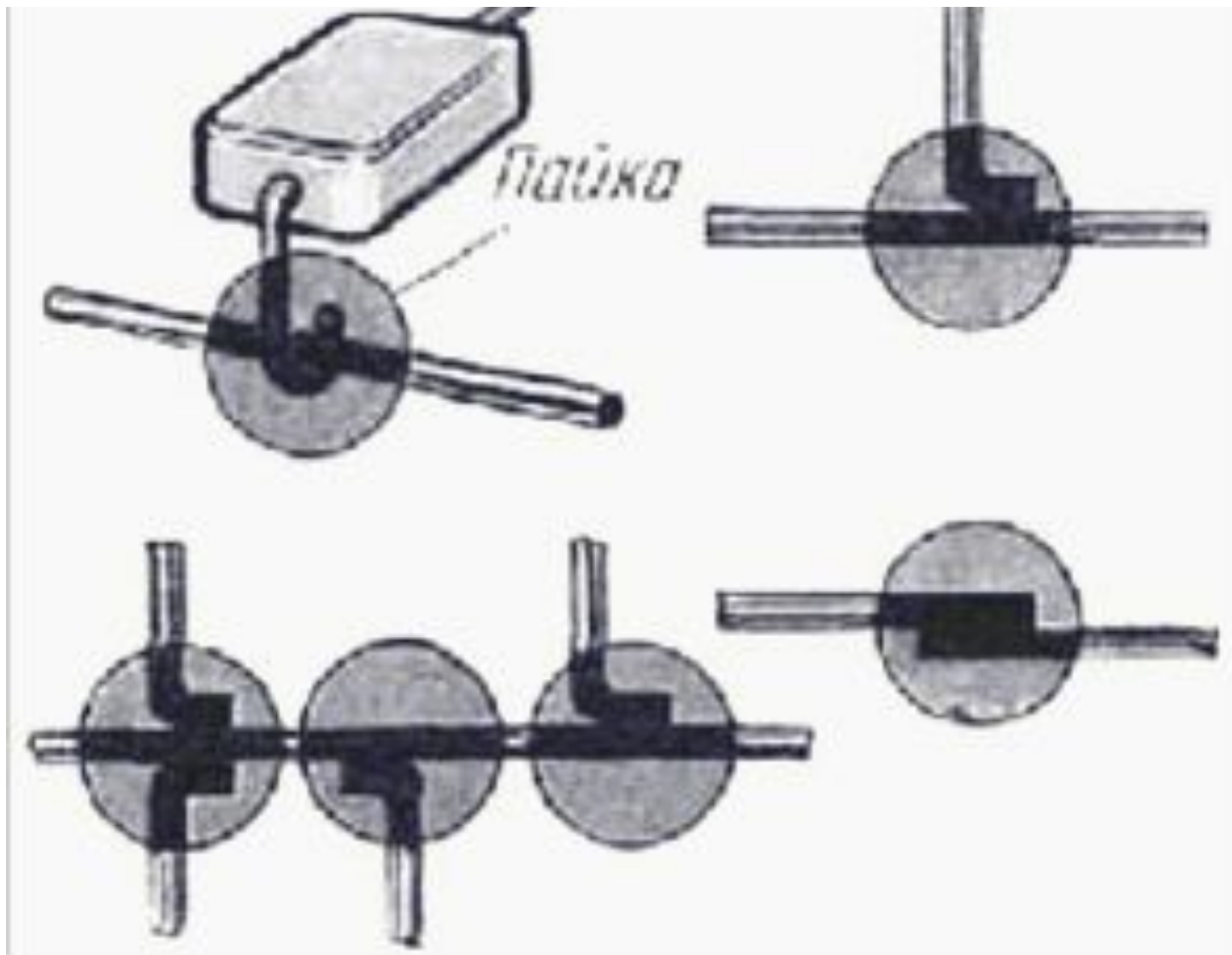
Пайка проводов

- Мы уже делали это!

Стыковка перед пайкой

- Прочность зависит от площади соединяемых деталей
- => имеет смысл повышать её
- Также влияет выбор припоя:
 - более твёрдые обычно имеют более высокую хрупкость
 - более мягкие более устойчивы
 - низкотемпературные имеют сниженную прочность

Увеличение площади контакта



Выбор температуры пайки

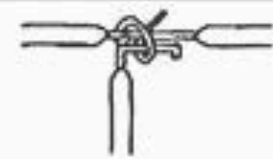
- Спаиваемая поверхность должна достичь температуры плавления припоя
- За вменяемое время
- Ограничения сверху:
 - Выгорание флюса
 - Деградация деталей

Время пайки

- Спаиваемая поверхность должна достичь температуры плавления припоя
- При правильно выбранной температуре для деталей на печатной плате не должна превышать 5 сек

Флюсы

- Необходимы для очистки точки пайки
- Нейтральные (бескислотные) – канифоль, СКФ — взаимодействуют только с оксидами и только в горячем состоянии
- Активные — ЛТИ-120, паяльный жир — работают и в холодном виде
- Заметно ускоряет облуживание нагретой детали
- Для монтажа удобны припой с флюсом внутри



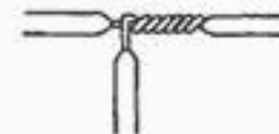
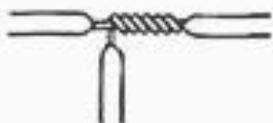
Ответвление бандажное



Ответвление желобком



Ответвление простое



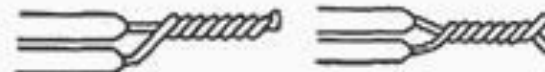
Параллельная бандажная



Параллельная желобком



Параллельная простая



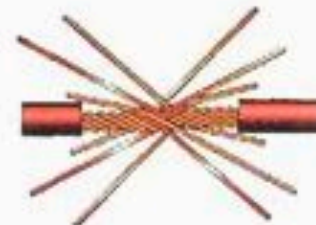
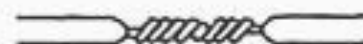
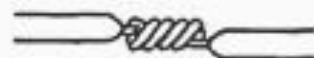
Последовательная бандажная



Последовательная желобком



Последовательная простая



Точечный монтаж (point-to-point, РТР)

Исторически первый

Оптимален для крупных компонентов

Минимизирует наводки
(минимум параллельно идущих проводов)

Сложен (исключительно ручная работа)

Допускает только работу с выводными компонентами

Механически прочен

Отлично работает на низких частотах, умеренно применим до 100-200 МГц



Монтаж на монтажных панелях

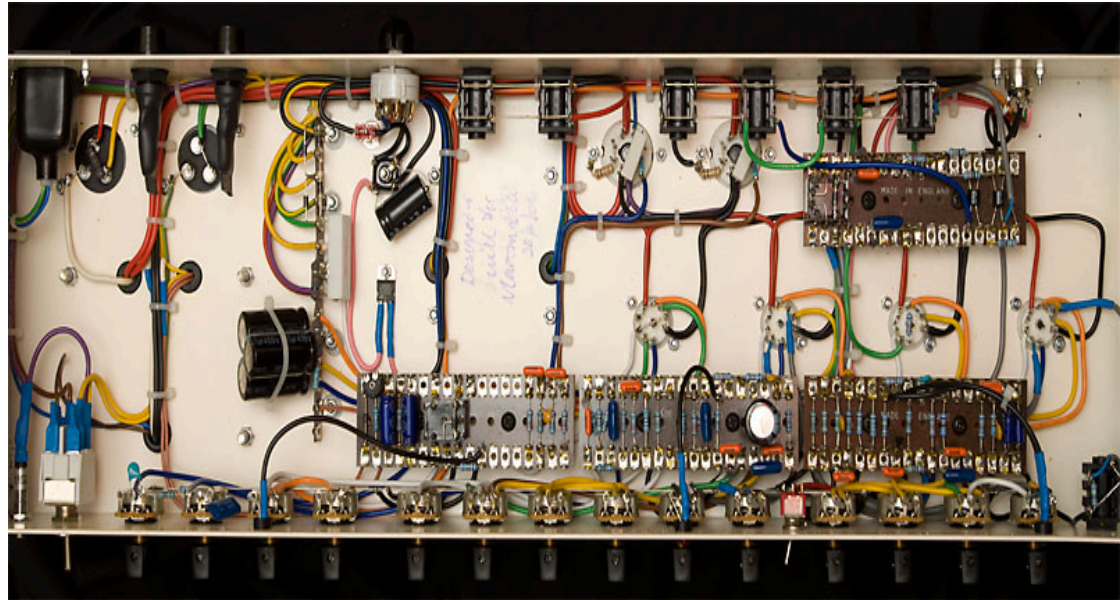
Развитие идеи РТР

Позволяет ставить
малогабаритные детали

Упрощает отладку и разводку

Механическая прочность зависит от прочности панелей

Частотные свойства ниже РТР - годится, в основном, для НЧ
(ниже 1 МГц)



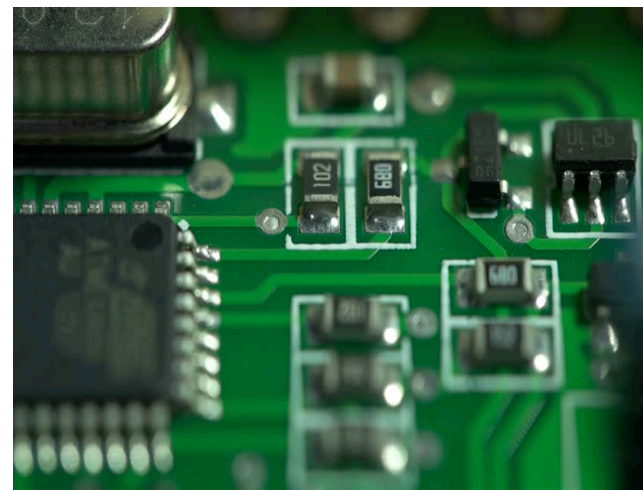
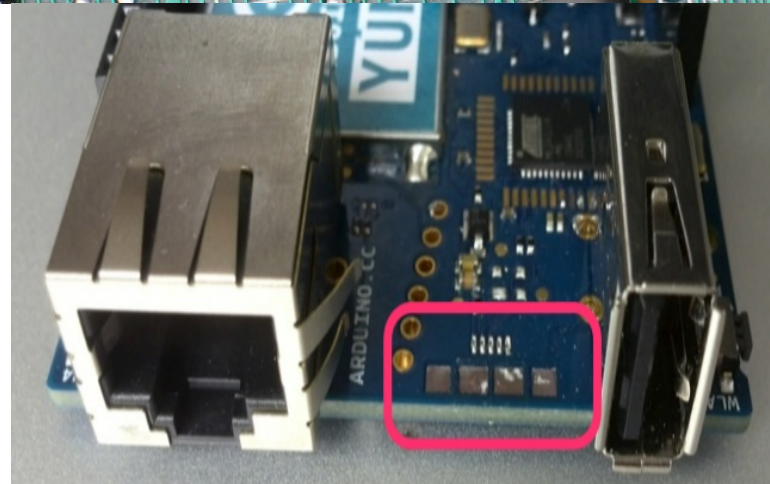
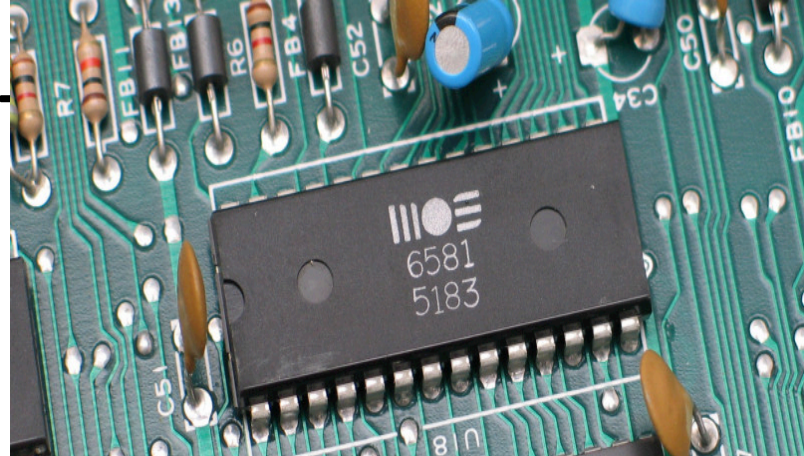
Монтаж на печатных платах

Позволяет монтировать любые компоненты
(DIP, SMD, выводные, сложные)

Имеет удовлетворительную прочность (в применениях с механическими нагрузками требует проектирования подпорок, применения защитного лака)

Позволяет автоматизировать процесс

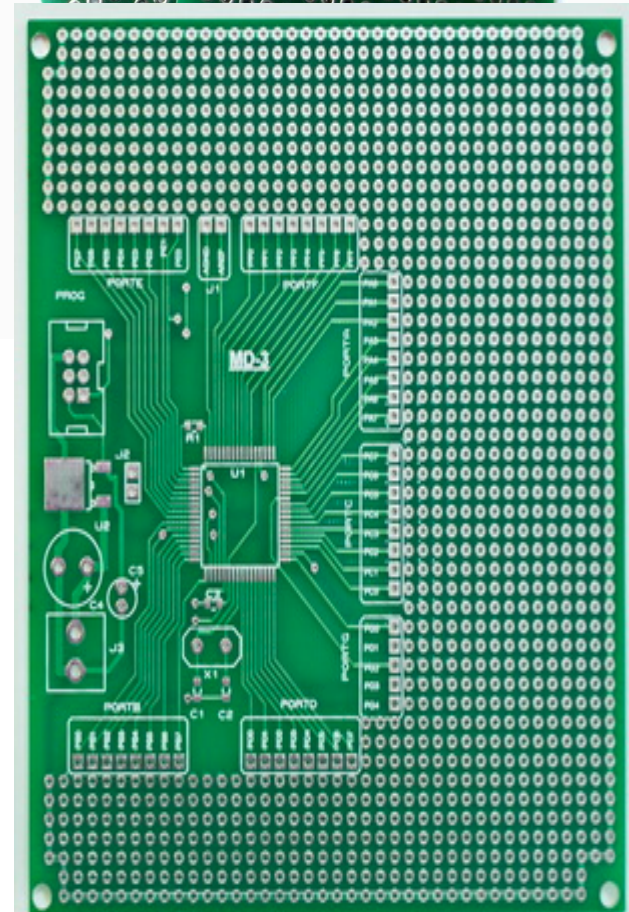
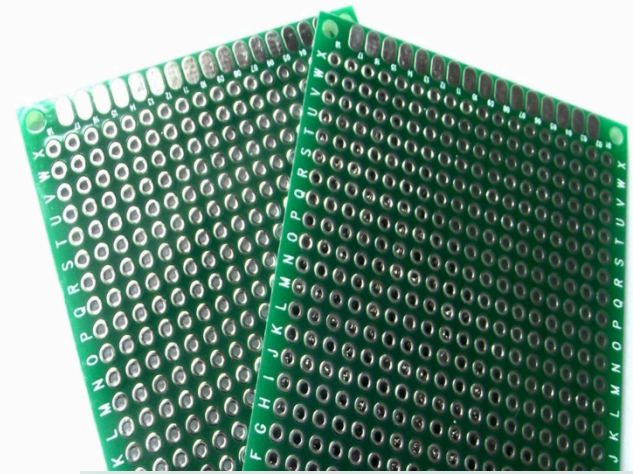
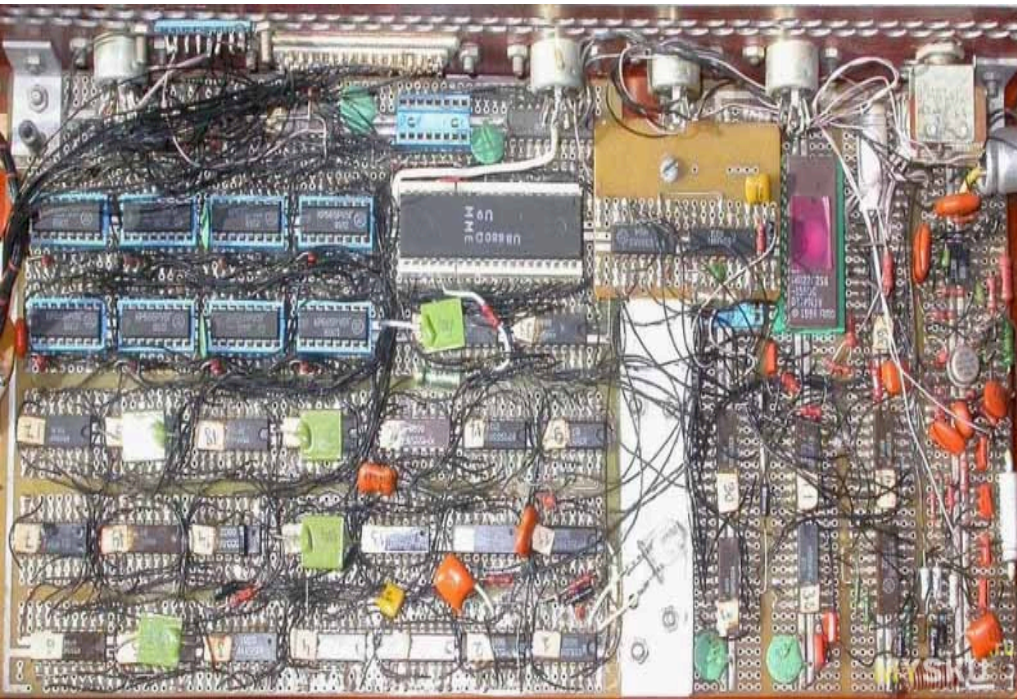
Ограниченно пригоден для отладки
(плату допускается перепаявать несколько раз)



Макетная плата

Удобна для прототипирования

Соединения выполняются руками
с помощью проводов
Бывают под SMD

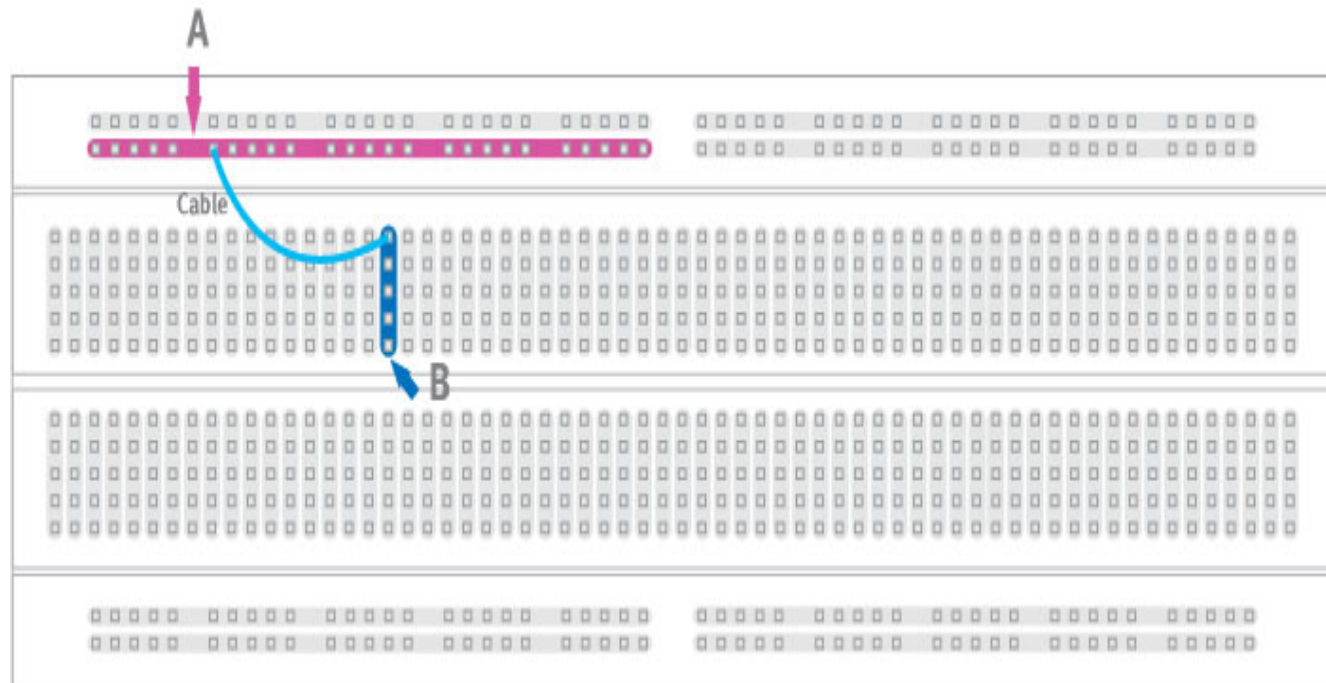


Breadboard (беспаячная макетка)

Удобны для быстрого прототипирования

Не годятся для ВЧ

Все столбцы соединены вертикально, шины питания горизонтально



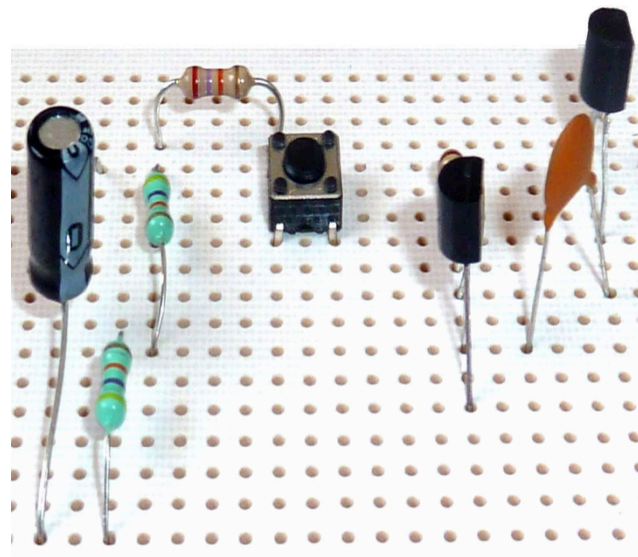
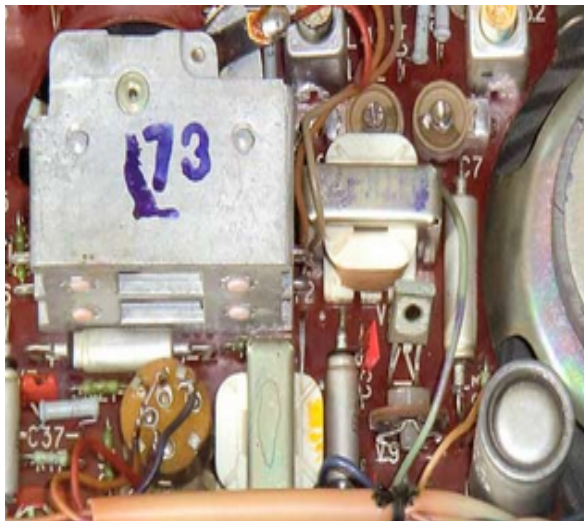
Типы корпусов компонентов

Планарные (монтаж на плате без отверстий)

Выводные (монтаж в отверстия)

С гибкими выводами

(требуют дополнительного крепления)



Выводные компоненты

- Имеют проволочные выводы

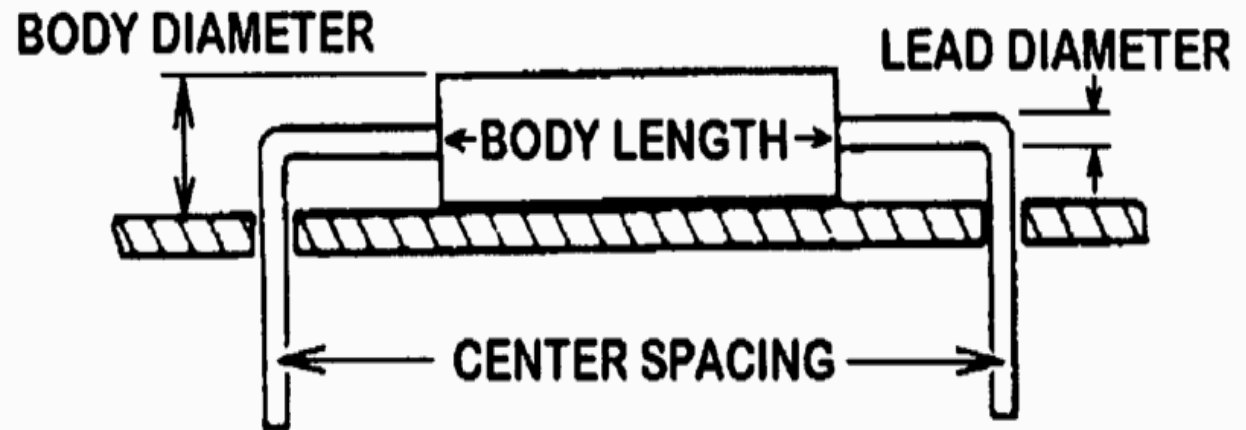
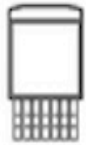


Figure 9-2 AXIAL COMPONENT

Типы корпусов компонентов



DPAK



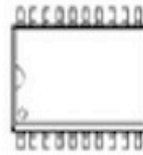
DPAK



DIP



SQP



SW



T7-T0220



FDIP



PDIP



PENTAWATT



T0220



T02205



T0220ISO



PLCC



QDIP



QFP



T0252



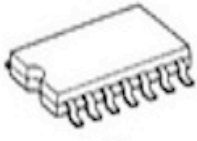
T0263



T0268



SIP



SO



SO8



T03



T052



T099



SOT223



SOT23



SQL



TSOP

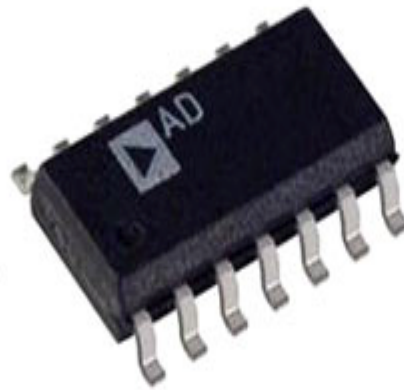


ZIP

Типы корпусов микросхем



SOIC-8



SOIC-14



TSSOP-8



SOT23-5



LCC-8



LFCSP-8

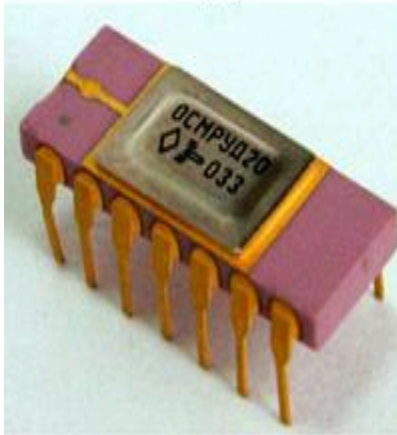
Типы корпусов микросхем: архаика



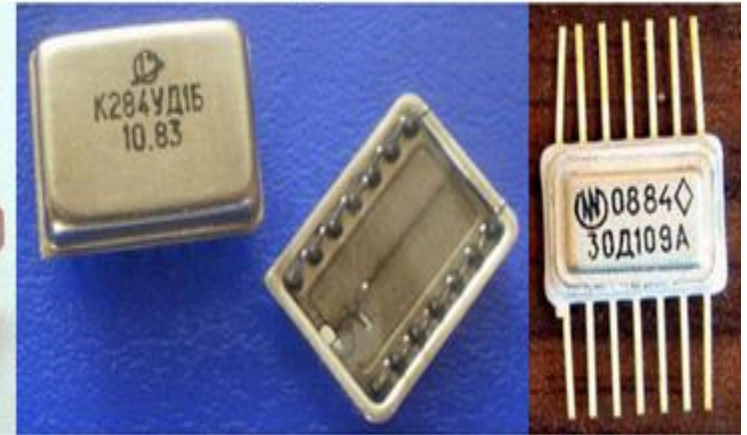
А



Б



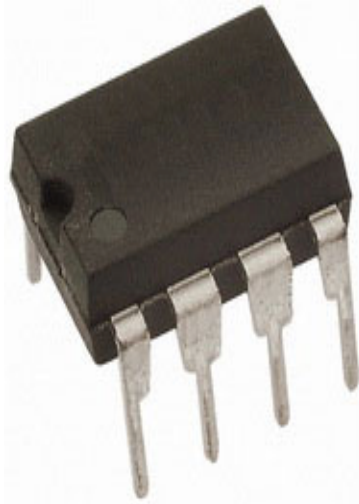
В



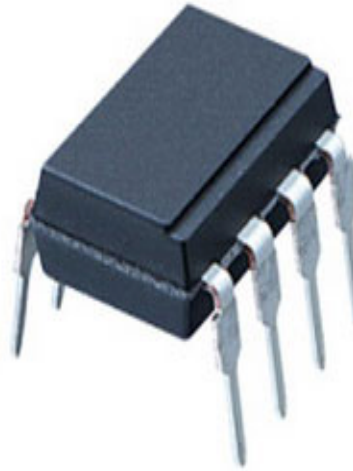
Г

Д

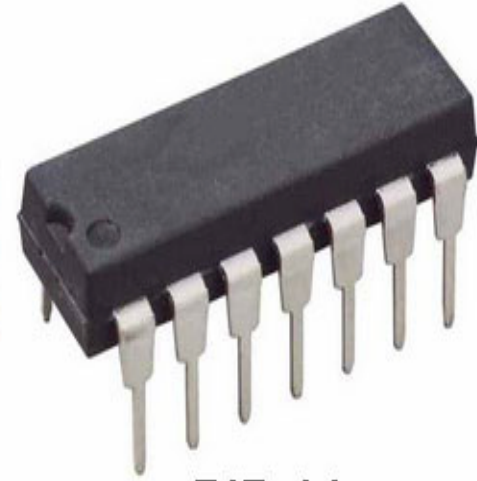
Типы корпусов микросхем



DIP-8



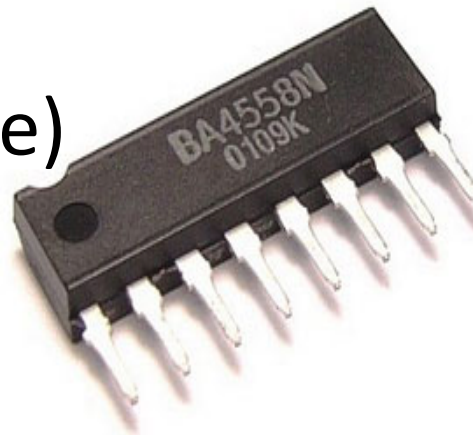
DIP-8



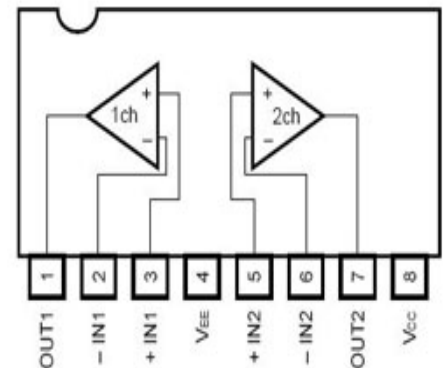
DIP-14

SIP (single inline pack)

DIP (dual inline package)



А



Б

Теория надёжности

Основные причины отказов электронного оборудования - проблемы в точках соединений, внешнее воздействие (влага, излучение, питание и входные сигналы), отказы единичных компонентов

Компоненты и точки соединения имеют известную надёжность (вероятность отказа)

MTTF и ВБР

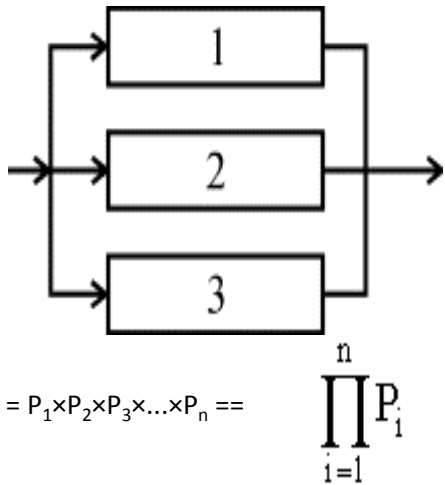
Mean Time To Failure (среднее время наработки на отказ): сколько (конечно, в среднем, поскольку подход вероятностный) прослужит изделие

Вероятность безотказной работы (ВБР) за определенный период (например, за год).

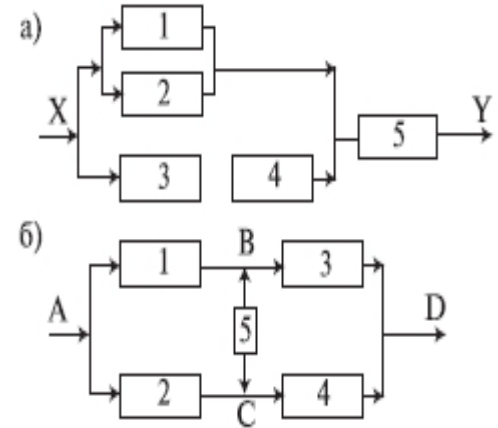
Вероятность поломки = $1 - \text{ВБР}$

Вероятность отказа устройства

Вероятность отказа зависит от структуры взаимодействий между компонентами



$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$



надежность (вероятность работоспособного состояния) простой системы, составленной из независимых по отказам, последовательно соединенных элементов, равна произведению надежностей ее элементов.

устройство работоспособно, если работоспособен элемент 1 или элемент 2, или элемент 3, или элементы 1 и 2, 1; и 3, 2; и 3, 1; и 2; и 3.

Пример реальной схемы взаимодействия

Вероятность отказа устройства

Точки отказа по убыванию вероятности:

- Механические детали (двигатели, щётки)
- Подвижные соединения (провода)
- Нагревающиеся детали (ТЭНы, нагреватели, мощные чипы, лампы)
- Разъёмные соединения (контакты, клеммники)
- Нагреваемая изоляция неподвижных соединений (кабелей)
- Механически нагруженные и “горячие” неразъёмные соединения
- Нагреваемые детали (в первую очередь, конденсаторы)
- Точки соединений (пайка, скрутка)
- Пассивные детали
- Платы и “холодная” изоляция

Развитие отказа

Чаще всего неработоспособность устройства происходит после цепи взаимосвязанных отказов

Отказ одного компонента может не ломать всё устройство, однако вывести его из режима (например, увеличить холостой нагрев, пульсации напряжения) и вызвать отказ других компонентов, уже фатальный

Пример с фильтрующим конденсатором и “гудящей” нагрузкой

Пример с защитным диодом

Пример с логическим отказом из-за высыхания переходного электролита

Полезные ссылки

<https://habrahabr.ru/company/nerepetitor/blog/254893/> - про МТТФ и вероятности отказа

<http://www.obzh.ru/nad/4-5.html> - расчёт вероятности отказа

<http://krasstroika.ru/pajka-osnovy-dlja-nachinajushhih-tehnologija-vidy/> - теория пайки