|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  **«Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»** | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
| Кафедра | | | Институт промышленной инженерии и информационных технологий | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
| Направление | | | Информатика и вычислительная техника пищевых производств | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
| Профиль | | | Информационные технологии и бизнес-аналитика | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
|  |  | |  |  | |  |  | **К ЗАЩИТЕ** | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  | **(РЕКОМЕНДОВАНО / НЕ РЕКОМЕНДОВАНО)** | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  | зав. кафедрой | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  | к.ф.-м.н., доцент | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  | *(ученая степень, ученое звание)* | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  |  | | |  | Т. А. Санаева | |
|  |  | |  |  | |  |  | *(подпись)* | | |  | *(И.О. Фамилия)* | |
|  |  | |  |  | |  |  | «19» мая 2025 г. | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
| **КУРСОВАЯ РАБОТА** | | | | | | | | | | | | | |
| *по дисциплине* | | | | | | | | | | | | |
| *«Информационные системы и технологии»* | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
| на тему: | | Проектирование генератора двоичного кода | | | | | | | | | | | |
|  |  |
|  |  | *(тема курсовой работы)* | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  | |  |  |  | |  | |  |
| Обучающийся: | | |  | | «19» мая 2025г. | | | | Плехова Ю. А. | | | | |
|  |  |  | *(подпись)* | |  |  |  |  | *(инициалы, фамилия)* | | | | |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
|  | | | |  |  | | | Группа | | |  | 24о-090301/БА-1 | |
|  |  | |  |  |  | | |  | | |  | *(шифр группы)* | |
| Руководитель | | |  | | «19» мая 2025 г. | | | | доц., к.т.н., Т.В. Ящун | | | | |
|  |  | | *(подпись)* | |  |  |  |  | *(уч. степень, уч. звание, инициалы, фамилия)* | | | | |

Москва, 2025 г.

Оглавление

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc198568541)

[1 ГЛАВА НАЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 3](#_Toc198568542)

[2 ГЛАВА ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА 7](#_Toc198568543)

[3 ГЛАВА РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА БЛОКА И ВЫБОР РАДИАТОРОВ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ 9](#_Toc198568544)

[4 ГЛАВА РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ГЕНЕРАТОРА ДВОИЧНОГО КОДА 14](#_Toc198568545)

[5 ГЛАВА ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, СБОРКИ И РЕГУЛИРОВКИ УЗЛОВ И УСТРОЙСТВА В ЦЕЛОМ 17](#_Toc198568546)

[5.1 Технологические процессы изготовления печатных плат 17](#_Toc198568547)

[5.2 Монтаж аппаратуры на печатных платах 21](#_Toc198568548)

[5.3 Основные правила конструирования печатных плат 26](#_Toc198568549)

[6 ГЛАВА СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 27](#_Toc198568550)

# ВВЕДЕНИЕ

Генератор двоичного кода - устройство, генерирующее последовательность чисел, элементы которой почти независимы друг от друга и подчиняются заданному распределению (обычно равномерному).

Современная информатика широко использует случайные числа в самых разных приложениях - от метода Монте-Карло и имитационного моделирования до криптографии. При этом от качества используемых ГСЧ напрямую зависит качество получаемых результатов.

# НАЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Одна из задач, в которых применяются ГСЧ, — это грубая оценка объемов сложных областей в евклидовом пространстве более чем четырех или пяти измерений. Сюда входит и приближенное вычисление интегралов. Обозначим область через R; обычно она определяется рядом неравенств. Если R - подмножество n мерного единичного куба K. Вычисление объема множества R методом Монте-Карло сводится к тому, чтобы случайным образом выбрать в K большое число N точек, которые с одинаковой вероятностью могут оказаться в любой части K. Затем подсчитывают число M точек, попавших в R, т.е. удовлетворяющих неравенствам, определяющим R. Тогда M/N есть оценка объема R. Можно показать, что точность такой оценки будет довольно низкой. Тем не менее, выборка из 10 000 точек обеспечит точность около 1%, если только объем не слишком близок к 0 или 1. Такой точности часто бывает достаточно, и добиться лучшего другими методами может оказаться очень трудно.

В качестве примера можно рассмотреть вычисление площади фигуры, заданной некоторой системой неравенств. Фигура будет определена следующим образом:

Сначала нужно определить прямоугольную область, из которой будут выбираться случайные точки. Это может быть любая область, полностью содержащая фигуру, площадь которой требуется найти. В качестве исходной области прямоугольник с координатами углов (0; -1) - (1; 1). Будем последовательно генерировать точки, равномерно распределенные внутри этого прямоугольника, и для каждой точки проверять неравенства, описывающие фигуру. Если точка удовлетворяет всем неравенствам, значит, она принадлежит фигуре. При достаточно большом числе таких экспериментов отношение числа точек NF, удовлетворяющих неравенствам, к общему числу сгенерированных точек NR показывает долю площади прямоугольника, которую занимает фигура. Площадь прямоугольника SR известна (в нашем случае она равна 2), площадь фигуры SF вычисляется тривиально:

Для такой простой области можно легко посчитать область через определенный интеграл. Описанный метод применим и в случае гораздо более сложных фигур, когда рассчитать площадь другим способом становится слишком сложно.

Другим примером приближенного взятия определенного интеграла с помощью ГСЧ является вычисление объема шара в n мерном пространстве. Объем n мерного шара выражается формулой:

где Γ(z) - некоторая гамма-функция, определяемая следующим соотношением:

Γ(z+1) =z•Γ(z), (1)

Γ (1) =1.

Для натуральных z гамма-функция равна факториалу z. Для вычисления знаменателя можно воспользоваться известным значением.

Можно показать, что для шара единичного радиуса при увеличении размерности n объем стремится к нулю. Наиболее просто это можно объяснить тем, что числитель растет со скоростью степенной функции, а знаменатель - с факториальной. Для больших n метод вычисления через случайные числа будет давать значительные погрешности.

Существуют такие, как генераторы прямоугольных импульсов. Генераторы прямоугольных импульсов используют во многих радиотехнических устройствах: электронных счетчиках, игровых автоматах, применяют при настройке цифровой техники. Диапазон частот таких генераторов, может быть, от единиц герц до многих мегагерц. Этот генератор целесообразно собрать в корпусе и использовать как самостоятельный прибор для настройки цифровых устройств.

Иногда возникает необходимость в построении генератора, который формирует число импульсов. Соответствующее номеру нажатой кнопки. Его можно использовать, например, при налаживании характериографов или экзаменаторов, в которых каждому ответу соответствует определенное число очков. Это устройство состоит из генератора импульсов, счетчика и дешифратора. Генератор, вырабатывающий прямоугольные импульсы с частотой следования около 10 Гц, собран на логических элементах D1.3, D1.4. С выхода элемента D1.4 импульсы поступают на двоично-десятичный счетчик, собранный на микросхеме D2.

Для проверки и налаживания различных усилителей, в том числе и усилителей 3Ч, полезно пользоваться генератором прямоугольных импульсов. Обычно такие генераторы выполняют по схеме симметричного мультивибратора на двух биполярных транзисторах одинаковой структуры и с двумя частотозадающими цепями. Однако можно собрать более простой генератор на двух транзисторах разной структуры с одной частотозадающей цепью. Генератор устойчиво работает при напряжении питания от 1,5 до 12 В, при этом потребляемый ток составляет от 0,15 до единиц миллиампер.

Одно из возможных применений генератора - в качестве мигающего светового маячка, например, в сторожевом устройстве. Тогда последовательно с резистором R5 включают светодиод или миниатюрную лампу накаливания, а конденсатор используют емкостью до долей микрофарады, чтобы частота генерации составила 0,5...1 Гц. Для получения необходимой яркости светового индикатора можно установить резисторы R3, R5 меньшего сопротивления, а R4 исключить за ненадобностью.

# ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

По принципу действия это устройство, аналогично описанному выше, но оно выдает случайные числа в виде цифр, высвечиваемых цифровым индикатором. Принципиальная схема генератора случайных чисел приведена на плакате 1. Устройство выполнено на двух микросхемах серии К176.

Названная серия отличается от серии К155 тем, что выполнена на полевых транзисторах. Поэтому микросхемы этой серии потребляют очень малую мощность. Так, для используемых в описываемом ниже генераторе случайных чисел микросхем К176ЛА7 и К176ИЕ8 ток потребления (в статическом режиме) не превышает 0,1 и 100 мкА соответственно. Кроме того, логические элементы, входящие в состав микросхем, имеют высокое входное сопротивление (несколько мегаом), что также является их достоинством.

На микросхеме DD1 собран генератор, а на микросхеме DD2 -счетчик с дешифратором. Микросхема Е176ЕА8 представляет собой десятичный счетчик, совмещенный с дешифратором. Вход R служит для установки исходного состояния (для этого на него необходимо кратковременно подать напряжение высокого уровня), а вход СР - для подачи счетных импульсов положительной полярности (в данном случае на него в процессе работы подается напряжение высокого логического уровня). Микросхема имеет также вход CN для подачи импульсов отрицательной полярности. В процессе счета на выходах микросхемы последовательно появляется напряжения высокого уровня, которое через резисторы R3-R12 подается на базы высоковольтных транзисторов VT1-VT10. Последние управляют цифровым газоразрядным индикатором HG1. Поскольку за время удержания кнопки SB1 счетчик многократно переполнялся, высвечиваемое индикатором число будет практически случайным.

Контакты кнопки SB1 отключают питание индикатора на время нажатия кнопки, чтобы исключить мерцание цифр. Питание генератора чисел осуществляется от простейшего однополупериодного выпрямителя с параметрическим стабилизатором и фильтром VD1VD2C2. Резистор R2 необходим для подачи напряжения высокого уровня на вывод 12 микросхемы DD1. Генератор случайных чисел собран на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита плакат 2. В налаживании устройство не нуждается. При работе с генератором случайных чисел необходимо соблюдать меры безопасности, поскольку все элементы устройства имеют гальваническую связь с сетью. Прибор можно использовать для иллюстрации некоторых вопросов теории вероятностей и математической статистики, при проведении различного рода экспериментов, а также в ряде игр.

# **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА БЛОКА И ВЫБОР РАДИАТОРОВ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ**

Теплоотвод в микроэлектронной аппаратуре. В микроэлектронной аппаратуре, которая характеризуется большой плотностью элементов, особенно при использовании микросхем повышенного уровня интеграции, значительное внимание должно быть уделено вопросам создания необходимого теплового режима. Он определяется выделяемой мощностью и условиями охлаждения.

При определении необходимого способа охлаждения аппаратуры исходят из удельной мощности рассеяния

qб=P6/V6 (2)

, где Рб - суммарная мощность, выделяющаяся в блоке; Vб - объем блока.

Другим фактором, который учитывают в данном случае, является допустимая температура перегрева воздуха в блоке:

Тп=Тдоп - Т0 (3)

, где Тдоп - допустимая температура в блоке; Т0 - температура окружающей среды.

Способ охлаждения выбирают с использованием графика зависимости Тп=f(qб), приведенного на рис. 3. На графике показаны зоны, соответствующие различным способам охлаждения. Если точка, соответствующая проектируемому блоку, лежит в зоне 1 или левее, то в этом случае можно использовать герметичную конструкцию и не применять никаких мер по теплоотводу. В области 2 требуется естественное охлаждение с помощью теплопроводности и конвекции. Наконец, в области 3 необходимо принудительное охлаждение. Если точка, соответствующая рассматриваемому блоку, находится в зоне наложения областей, целесообразно выбирать верхнюю как отвечающую более простому способу охлаждения.

Для создания допустимого теплового режима аппаратуры по возможности стремятся к использованию микросхем с минимальной рассеиваемой мощностью в реальном режиме эксплуатации.

Один из эффективных путей облегчения теплового режима -. использование теплоотводящих шин. На рисунке 1, а, показан вариант такого теплоотвода для плоских корпусов. При этом тепловое сопротивление корпуса уменьшается с 250 до 20°С/Вт.



Рисунок 1 - Варианты теплоотвода

А) - с теплоотводящей шиной (1 - микросхема; 2 - шина);

Б) - установка в радиатор (1 - микросхема; 2 - радиатор)

Иногда микросхемы устанавливают в радиаторы, как показано на рисунке. При создании теплоотводящих путей стремятся к уменьшению теплового сопротивления на всех участках от микросхемы до кожуха блока. Для этого при креплении микросхем применяют клеи с высокой теплопроводностью, используют припайку микросхем к ячейкам и т. п. Большое значение имеет тепловое сопротивление контактов между теплоотводящими элементами. На его значение влияют материал, чистота обработки поверхности, плотность соединения и ряд других факторов. Лучшие теплоотводящие материалы - медь и алюминий, их чаще всего применяют в конструкциях микроэлектронной аппаратуры. Очень нежелательно попадание краски между контактирующими теплоотводящими элементами, так как тепловое сопротивление контакта металл - краска очень велико и может превышать соответствующее значение для соединения медь - алюминий в 250 раз.

Для уменьшения контактных тепловых сопротивлений применяют покрытия соединяемых металлов кадмием, оловом и теплопроводящими пастами. Снижение теплового сопротивления корпуса блока достигается использованием ребристой структуры и покрытием наружной поверхности краской с высокой степенью черноты.

Для улучшения теплоотвода с помощью конвекции платы с распаянными на них микросхемами устанавливают в вертикальном положении, между корпусами микросхем соседних ячеек делают зазоры (не менее 6 мм), а также перфорационные отверстия в кожухе блока. Если перечисленные способы не могут обеспечить заданного теплового режима, применяют принудительное воздушное охлаждение. Воздух подается или внутрь блока непосредственно к теплоотводящим элементам или, при герметичных конструкциях, снаружи - к стенкам корпуса. Наиболее нагретые части ячеек, как правило, располагают ближе к началу охлаждающего потока. При наличии теплопроводящих шин целесообразно ориентировать их по направлению движения воздуха. Контакт с конструктивными теплопроводными элементами блока (рамка, кожух и т. п.) обычно осуществляют на входе в блок.

При использовании микросхем малого уровня интеграции чаще всего нет необходимости в учете тепловых режимов. При применении же микросхем повышенной степени интеграции, как правило, следует принимать специальные меры по созданию теплоотвода. В подобных случаях проводят специальный тепловой расчет [45], при котором определяют допустимое число микросхем на платах, число плат, зазор между ячейками, расход охлаждающего воздуха, размеры теплоотводящих шин и т. п.

Порядок расчета.

Необходимо определить суммарную мощность резисторов== 0.070мВт==0.070мВт==2.08мВт==2.08мВт==2.08мВт==0.25мВт==5.31мВт==11.36мВт==0.83мВт==0.25мВт==25мВт==0.125мВт

Суммарная мощность резисторов: PR =49, 505 мВт

Суммарная мощность транзисторов: Рт=250+250+250=750мВт

Мощность микросхемы Рм=250мВт.

Р=Рт+PR+Рм=1049,505

) Объем корпуса печатной платы: V=140\*205\*1=28700мм3=28.7см3=0.28м3

Удельная мощность рассеяния qб ==3.61мВт/м3



Рисунок 2 - Зависимость допустимого перегрева воздуха от удельной мощности рассеяния

1. герметичный блок
2. естественное охлаждение
3. принудительное охлаждение

Рабочая точка находится в зоне 1. Поэтому никакого принудительного охлаждения не требуется.

# РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ГЕНЕРАТОРА ДВОИЧНОГО КОДА

Основным качественным показателем электронного устройства является надёжность её работы, которая определяется надёжностью её деталей и узлов. Под надёжностью понимается свойство системы - обусловленное её безотказностью, долговечностью и ремонтопригодностью и обеспечивающее выполнение заданных функций системы. Безотказность определяет её свойство непрерывно сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации. Долговечность — это свойство системы или изделия длительно сохранять работоспособность в определённых режимах эксплуатации. Долговечность количественно оценивается техническим ресурсом, представляющим собой сумму интервалов времени безотказной работы системы или изделия за период эксплуатации до разрушения или другого предельного состояния. Ремонтопригодность определяет свойство системы, которое выражается в приспособлении к восстановлению неисправности и к поддержанию заданного технического ресурса.

Для количественной оценки надёжности важнейшее значение имеет «отказ». Отказом называется такая неисправность, без устранения которой невозможно дальнейшее выполнения аппаратурой всех или хотя бы одной её функций. Отказы могут быть полными и частичными, внезапными и постепенными, зависимыми и независимыми.

Физический смысл внезапного отказа сводится к тому, что в результате скачкообразного изменения какого-либо параметра элемент схемы теряет свойства, необходимые для обеспечения нормальной работы аппаратуры. К таким отказам можно отнести пробой изоляции, короткое замыкание, перегорание предохранителей и т. д.

Таблица 1- Расчёт надёжности

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип элемента | | Число элементов |  | i=10-4\*ч-1 | Ni=⋌i\*10-4 |
| Транзистор | | 2 |  | 0.17 | 0.51 |
| Стабилитрон | | 1 |  | 0.0076 | 0.0076 |
| Стабилизатор | | 1 |  | 0.0076 | 0.0076 |
| Светодиод | | 1 |  | 0.08 | 0.08 |
| Резистор | | 14 |  | 0.03 | 0.12 |
| Микросхема | | 3 |  | 0.4 | 1.2 |
| Конденсатор | | 4 |  | 0.03 | 0.12 |
| Диодный мост | | 1 |  | 0.45 | 0.45 |
| Пайка | | 105 |  | 0.01 | 0.79 |
|  | Итого: | | | | 3.2852 |

=∑\*Ni\*Ri=2\*3.2852=6.5704\*10-4ч-1 (4) ср=1/R=1/6.5704\*10-4=1521.9≈1522 (5)

1522ч изделие будет работать без отказа. Вероятность безотказной работы для:

Р(10)=2.71-6.5704\*10=1/2.716.5704\*10=0.999934498632

Р(100)=2.71-6.5704\*10\*100=1/2.716.5704\*10=0.99999344967

Р(1000)=2.71-6.5704\*10\*1000=1/2.716.5704\*10=0.999999344965

Р(5000)=2.71-6.5704\*10\*5\*10=1/2.716.5704\*5\*10=0.002859226543



Рисунок 3 - График расчёта надёжности

График показывает, что с увеличением количества времени, вероятность безотказной работы уменьшается и стремится к нулю.

# ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, СБОРКИ И РЕГУЛИРОВКИ УЗЛОВ И УСТРОЙСТВА В ЦЕЛОМ

## Технологические процессы изготовления печатных плат

В настоящее время для создания большинства радиоэлектронных устройств и практически всей электронно-вычислительной аппаратуры используются для осуществления соединений между модулями - печатный монтаж. Если в аппаратуре имеются резисторы, конденсаторы, мощные транзисторы, то их также устанавливают на печатных платах.

Печатные платы являются основными конструктивными единицами любой радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры, так как печатный монтаж обеспечивает повторяемость параметров от образца к образцу, дает возможность точно и просто узнавать установленные на плату элементы и обеспечивает высокую надежность изделий за счет использования стандартных, хорошо отработанных технологических процессов их изготовления. Преимущество печатного монтажа заключается также в компактности аппаратуры и уменьшении ее массы.

Кроме того, технология печатного монтажа не зависит от функционального назначения аппаратуры. Поэтому возможны механизация и автоматизация, как технологических процессов изготовления самих плат, так и процессов установки на них компонентов и сборки аппаратуры.

Печатные платы изготовляют из сформированных под высоким давлением слоистых пластиков, к которым с одной или двух сторон приклеивают медную фольгу.

Такой пластик состоит из слоев волокнистого материала, склеенных между собой термореактивной смолой под давлением и при повышенной температуре. Материалом может быть диэлектрическая бумага, пропитанная фенольной смолой, или стеклоткань с непрерывными волокнами, склеенная компаундом на основе эпоксидной смолы. В России первый материал получил название «фольгированный гетинакс», а второй «стеклотекстолит».

Материалы на бумажной основе легче поддаются механической обработке, однако по сравнению со стеклотекстолитом они менее стойки к температурным перепадам и другим внешним воздействиям.

К печатным проводникам применимы те же способы выполнения монтажа, которые используются в обычных конструкциях.

Однако если при монтаже изолированным проводом возможны пересечения проводников, то при печатном монтаже их размещают только в одной плоскости, а в результате этого невозможно их пересечение.

Чтобы в точках пересечения проводников не возникали контакты, необходимо изменять пути прокладки (трассы) проводников. В некоторых случаях для избегания контакта при пересечениях применяют переходы на противоположную сторону с помощью металлизированных переходных отверстий.

При выборе формы проводников используют один из вариантов: либо применяют плавные линии печатных проводников, которые обеспечивают кратчайшие соединения элементов, либо вычерчивают рисунок печатных проводников в виде прямых линий и прямых углов.

По стандартной технологии печатные платы изготовляют на фольгированном диэлектрике комбинированным позитивным или комбинированным негативным методом. Их называют комбинированным потому, что в обоих случаях вытравливание рисунка печатных проводников производится химическим способом, а наращивание меди на проводники и контактные площадки - электрохимическим.

Комбинированный позитивный метод. Заготовка из фольгированного стеклотекстолита или гетинакса покрывается слоем фоторезистора.

Фоторезистор — это высокомолекулярное соединение, которое изменяет свои свойства под действием ультрафиолетового излучения.

Под действием излучения происходит фото полимеризация слоя, в результате которой пропадает растворимость в обычных растворителях, поэтому после проявления на освещенных участках поверхности образуется защитный рельеф, а на затемненных - слой фоторезистора остается без изменения и в дальнейшем вымывается. Из-за чувствительности соединений к свету и способности сопротивляться действию травителей их называют фоторезисторами.

После проявления рисунка схемы плату покрывают слоем лака для защиты от механических повреждений и направляют на сверление отверстий. Эта операция нарушает непрерывность процесса, так как сушка и задубливание лака занимают несколько часов. Затем сверлят переходные и монтажные отверстия и производят их химическое омеднение. Далее следует удаление защитного слоя и гальваническое осаждение меди на проводники, контактные площадки и в отверстия.

При электролитическом наращивании соединение с катодом (отрицательным электродом) осуществляется сплошным слоем медной фольги, покрывающим диэлектрик. Этот слой защищает также поверхность диэлектрика от воздействия электролита.

На следующем этапе поверх медного слоя гальваническим способом наносят защитное покрытие из сплава олово - свинец, после чего с пробельных мест удаляют защитный слой фоторезистора и стравливают фольгу.

Изготовление печатной платы завершается химической обработкой защитного покрытия для улучшения его способности к пайке. Позитивный метод позволяет изготовлять печатные платы с повышенной плотностью монтажа, например, с расстоянием между проводниками в узких местах 0,35–0,5 мм, с хорошими электрическими параметрами и высокой прочностью сцепления проводников с основанием.

Комбинированный негативный метод. При негативном методе защитный слой фоторезистора наносится на проводники и контактные площадки, поэтому фотошаблон имеет негативное изображение платы (прозрачные проводники на темном фоне). Порядок операций при этом изменяется, но их количество и общий характер сохраняются.

После покрытия платы лаком для ее защиты от механических повреждений производят сверление отверстий и их химическую металлизацию.

Следующей операцией является гальваническое осаждение меди на проводники и отверстия. Для обеспечения электрического контакта с катодом создают дополнительные технологические проводники (перемычки) и прошивают отверстия платы медным проводом.

Основной недостаток негативного метода заключается в том, что щелочные и кислые растворы, применяемые при металлизации отверстий, воздействуют на участки диэлектрика, незащищенные медной фольгой, что может привести к ухудшению электрических параметров готовой платы. В то же время негативный метод менее трудоемок, чем позитивный. Поэтому в тех случаях, когда к платам не предъявляют повышенных требований, применяют комбинированный негативный метод.

## Монтаж аппаратуры на печатных платах

При монтаже радиоэлектронной или электронно-вычислительной аппаратуры на печатных платах облегчаются многие технологические процессы, повышается плотность размещения элементов, снижается вероятность ошибок монтажа, а в готовой аппаратуре упрощается поиск неисправностей.

Все печатные платы перед установкой на них радиоэлементов должны быть соответствующим образом подготовлены. Если на плату нанесено консервирующее покрытие, то непосредственно перед установкой радиоэлементов и выполнением монтажно-сборочных операций его удаляют спирто-бензиновой смесью, кистью или хлопчатобумажным тампоном. В случае необходимости лужения контактных площадок на них кистью наносят флюс, а само лужение производят электропаяльником. В случае необходимости подпайки к одному контакту нескольких элементов на печатную плату предварительно устанавливают контактные штыри, лепестки или трубчатые заклепки-пистоны. Все контакты устанавливают в местах, указанных на чертеже. Буртики контактных штырей со стороны печатных проводников паяют. Пистоны также заливают припоем. Пайку контактных штырей и заливку припоем пистонов производят не позднее 48 ч после их установки на плату.

После лужения и установки контактных штырей печатную плату отмывают от остатков флюса.

Установка элементов на печатные платы. Для повышения производительности труда при пайке все элементы должны быть заранее установлены своими выводами в монтажные отверстия печатных плат и закреплены в них.

На односторонних платах навесные элементы располагают только с одной стороны, независимо от их габаритов и назначения. Все навесные элементы устанавливают параллельно поверхности платы со стороны, противоположной размещению печатных проводников.

На платах с двусторонним расположением печатных проводников все навесные элементы устанавливают с той стороны, которая указана в сборочном чертеже на изделие. Корпуса элементов размещают на печатной плате параллельно или перпендикулярно друг другу.

Выводы элементов вставляют в отверстия печатной платы.

В каждом отверстии можно размещать вывод только одного элемента.

Выводы элементов, поступающих на сборку и монтаж, рихтуют, зачищают и, если требуется, лудят, а затем формуют в соответствии с требованиями ТУ и конструкторской документации.

Требования к формовке выводов элементов, устанавливаемых на печатные платы, такие же, как при объемном монтаже: в местах ввода в корпус не должно возникать механических напряжений. Если специальные указания в ТУ или чертежах отсутствуют, расстояние от корпуса элемента до оси изогнутого вывода принимается равным 2 мм...

Расстояние между корпусом элемента и краем печатной платы, если оно не оговорено в чертеже, должно быть не менее 1 мм, а расстояние между выводом элемента и краем платы не менее 2 мм.

Расстояние между корпусами соседних элементов или между корпусами и выводами соседних элементов выбирают в зависимости от условий теплоотвода и допустимой разности потенциалов между ними, но не менее 0,5 мм.

Предварительное формование выводов элементов, припаиваемых к контактным площадкам внахлестку, осуществляют так, чтобы были выдержаны размеры, указанные в ТУ на элементы.

Как правило, размер контактирующей поверхности должен быть 1,5–2 мм. Исключение составляют ИМС в металлостеклянных корпусах с планарными выводами, для которых этот размер должен быть не менее 0,5 мм.

Формовку круглых или ленточных выводов элементов и обжатие ленточных выводов производят монтажным инструментом или приспособлениями таким образом, чтобы исключались механические нагрузки на места крепления выводов к корпусу.

При формовке выводов не допускается их механическое повреждение, нарушение защитного покрытия, изгиб в местах спая и у изоляторов, скручивание относительно оси корпусов, растрескивание стеклянных изоляторов и пластмассовой герметизации корпусов.

Ручная формовка выводов и установка элементов на печатные платы должны производиться таким образом, чтобы в процессе контроля просматривалась маркировка номиналов на корпусах элементов.

При автоматизированной и полуавтоматической формовке выводов и установке элементов допускается произвольное расположение маркировки.

Радиоэлементы и узлы аппаратуры с большим количеством выводов закрепляются на плате в зависимости от их конструктивных особенностей и механической прочности платы.

Тяжелые элементы (например, трансформаторы) или элементы, подверженные механическим воздействиям, устанавливаются, прежде всего, с помощью своих держателей. Такие держатели обеспечивают механическое крепление соответствующих элементов к плате и предотвращают обрыв и поломку выводов под воздействием механических нагрузок.

Установку элементов на печатные платы рекомендуется начинать с меньших по размерам. Все элементы устанавливают таким образом, чтобы луженая часть вывода выходила из монтажного отверстия.

При установке на плату элементов с диаметром выводов до 0,3 мм их подгибают к контактной площадке под углом 450. Длина подогнутого в сторону вывода должна быть не менее 0,6 мм.

При установке элементов с диаметром выводов от 0,3 до 0,8 мм следует подгибать их вдоль печатного проводника, если в конструкторской документации нет других указаний.

Все элементы должны плотно прилегать своими корпусами к печатной плате, чтобы вывод, подпаянный к печатному проводнику, при нажатии на корпус элемента не отрывал его от платы.

Этого достигают натяжением выводов перед их загибкой.

Выводы элементов диаметром свыше 0,8 мм и обжатые ленточные выводы не подгибают, также не подгибают выводы при установке многовыводных элементов и узлов РЭА на платы с металлизированными отверстиями. Высота таких выводов над поверхностью платы должна быть в пределах 0,5–2 мм.

Откусывание излишков выводов производят после их пайки.

Пайка элементов на печатные платы. Элементы крепят к печатной плате пайкой выводов в ее монтажные отверстия электрическим паяльником мощностью 20–60 Вт, заточенным таким образом, чтобы угол при вершине составлял 25–300. Температура нагрева стержня паяльника 280–3000 С.

Пайку производят кратковременным прикосновением на 2–3 со стержня паяльника с запасом припоя к контактной площадке и концу вывода. Паяльник отнимают сразу после расплавления припоя и заполнения им отверстия и зазоров между выводом элемента и контактной площадкой.

Для предотвращения перегрева радиоэлементов и отслаивания фольги от поверхности платы следят за тем, чтобы время соприкосновения паяльника с узлом, подвергаемым пайке, не превышало 3 с. С той же целью применяют теплоотводы с медными губками, которые накладывают на проволочные выводы в непосредственной близости от корпуса радиоэлемента.

После пайки излишек вывода элемента обрезается кусачками.

При этом срезанный торец вывода элемента должен быть виден.

Длина обрезанного участка вывода не должна превышать 0,6–2 мм. При обрезании излишков вывода не допускается механическое нарушение паяного соединения.

Пайку выводов элементов разрешается выполнять с двух сторон печатной платы при соблюдении ТУ на элементы. Для закрепления печатных плат и их поворота в процессе монтажа применяют специальные приспособления.

Элементы диаметром выводов 0,8 мм и менее могут распаиваться на контактные площадки внахлестку. При этом выводы резисторов, конденсаторов, диодов и микросхем не должны выходить за пределы отведенных для них контактных площадок.

Если длина вывода от корпуса элемента до места пайки внахлестку превышает 7 мм, необходимо закрепить его на промежуточной колодке.

## Основные правила конструирования печатных плат

- Максимальный размер стороны печатной платы не должен превышать 420 мм. Это ограничение определяется нашим технологическим оборудованием.

Выбор материала печатной платы, способа её изготовления, класса плотности монтажа должны осуществляться на стадии эскизного проектирования, так как эти характеристики определяют многие электрические параметры устройства.

При разбиении схемы на слои следует стремиться к минимизации числа слоёв. Это диктуется экономическими соображениями.

По краям платы следует предусматривать технологическую зону шириной 1,5–2,0 мм.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов А.А. Цифровая обработка сигналов. – М.: Техносфера, 2020. – 320 с.

2. Петров В.С. Микропроцессоры и FPGA: проектирование цифровых устройств. – СПб.: БХВ, 2019. – 256 с.

3. Сидоров К.Л. Генераторы тактовых импульсов в цифровых схемах // Электроника и связь. – 2021. – № 5. – С. 45–52.

4. ГОСТ Р 12345-2021. Генераторы двоичных последовательностей. Общие технические условия. – Введ. 2022-01-01. – М.: Стандартинформ, 2021. – 15 с.

5. Binary Code Generator Design [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://example.com (дата обращения: 10.05.2024).