# Введение

Сегодня электронная автоматика оказывает огромное влияние на различные стороны жизни и деятельности человека.

С электронной автоматикой мы имеем дело практически на каждом шагу. В наших домах она управляет электронагревательными приборами, холодильниками аудио - и видеоаппаратурой, телефонными аппаратами, телевизорами и многими другими устройствами бытового назначения. Электронные и электронно-механические часы, калькуляторы и персональные компьютеры прочно вошли в наш быт. В универсамах электронные автоматы быстро и точно взвешивают и оценивают покупки, на перекрёстках городских улиц они управляют движением транспортных средств, включают освещение в вечерние время суток и выключают его с наступлением рассвета. Электронные автоматы выполняют ответственную работу на земле, в воздухе в космосе – управляют сложнейшими производственными процессами, реакторами атомных электростанций, бортовой аппаратуры современных самолётов, орбитальных и межпланетных станций.

О сущности электронной автоматики и многообразии её применения можно узнать из многочисленных популярных и специальных изданий.

Благодаря широкому развитию радиоэлектронной аппаратуры, стало возможным роботизировать производство. Электронные автоматы и станки с программным управлением значительно облегчают и ускоряют производство. К тому же они не устают и всегда точны в своей работе, человеку остаётся лишь дать команду машине и она будет её выполнять.

Значительную часть электронных автоматов образуют три взаимосвязанных компонента: датчик, усилитель и исполнительное устройство. Если автомат должен реагировать, скажем, на свет его датчиком может быть, например фотодиод, преобразующий свет или его интенсивность в электрически сигнал. Усилитель, функцию которого может выполнять, например транзистор или интегральная схема усиливает сигнал датчика до определённого, заранее обусловленного уровня, при котором срабатывает исполнительное устройство, включающее ту или иную внешнюю нагрузку.

Существует множество различных электронных устройств, используемых нами в повседневной жизни, пользуясь которыми мы часто недооцениваем их роль в нашей жизни, а просто используем их, не задумываясь о том, как они устроены.

Можно с уверенностью сказать, что в настоящее время современному человеку нельзя обойтись без электронной аппаратуры.

# 1. Общая часть

### 1.1. Анализ технического задания

Приёмники имеющихся в продажи радиоуправляемых игрушек азиатского производства не отличаются хорошими характеристиками и высокой надёжностью.

Между тем применяемые в таких игрушках специализированные микросхемы кодирования и декодирования команд обладают неплохим качеством и удобным алгоритмом работы.

Воспользовавшись подобной микросхемой, извлечённой из неисправного игрушечного автомобиля, можно изготовить на её основе значительно более надёжный в работе приёмник, оставшийся совместимым с фирменным передатчиком команд радиоуправления. Приёмник можно использовать как вместо отказавшего, так и для управления движущимися моделями собственной конструкции.

### 1.2. Описание схемы электрической принципиальной приёмника для радиоуправляемой игрушки

Сигнал с частотой 27,12 МГц принимает сверхрегенеративный детектор с принудительным гашением колебаний на транзисторе VT1. Генератор частоты гашения собран на КМОП микросхеме DD1. Она представляет собой экономичный мультивибратор с дополнительным D-триггером, делящим на два частоту колебаний мультивибратора, заданную элементами R1 и С2.

Далее следует декодер DA1, включённый по типовой схеме. Его чувствительность к сигналу, поданного на вход основного элемента DA1.2. (выход 3), равна 300 мВ. Усилитель DA1.1. и DA1.3. повышают её до 0,15 мВ. Тактовая частота декодера, которую устанавливают подборкой резистора R11, не должна отличаться от такой же частоты кодера более чем на 25%.

Вместо транзисторных усилителей тока для управления ходовым и рулевым электродвигателями применены специализированные микросхемы DA2 и DA3. Их максимальный выходной ток 0,7 А вполне достаточен для работы большинства электродвигателей, применяемых в игрушках.

# 2. Расчётная часть

### 2.1. Расчёт надёжности приёмника для радиоуправляемой игрушки

Расчёт надёжности производится на этапе проектирования. Для расчёта задаются ориентировочные данные. В качестве температуры окружающей среды может быть принято среднее значение температуры внутри блока. Для большинства маломощных полупроводниковых устройств она не превышает 40`C.

Для различных элементов при расчётах надёжности служат различные параметры. Для резисторов и транзисторов это допустимая мощность рассеивания, для конденсаторов допустимое напряжение, для диодов прямой ток.

Коэффициенты нагрузок для элементов каждого типа могут быть определены по величине напряжения источника питания. Так для конденсаторов номинальное напряжение рекомендуется брать в 1,5 – 2 раза выше напряжения источника питания. Рекомендуемые коэффициенты приведены в таблице № 1.

Таблица № 1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование  элемента | Контролируемые  параметры | Импульсный  режим | Статический  режим |
| Транзисторы | Ркдопkн = Рф/Ркдоп | 0,5 | 0,2 |
| Диоды | Iпрmaxkн = Iф/Iпрт | 0,5 | 0,2 |
| Конденсаторы | Uобклkн = Uф/Uобкл | 0,7 | 0,5 |
| Резисторы | Ртрасkн = Рф/Рдоп | 0,6 | 0,5 |
| Трансформаторы | Iнkн = Iф/Iндоп | 0,9 | 0,7 |
| Соединители | Iконтактаkн = Iф/Iкдоп | 0,8 | 0,5 |
| Микросхемы | Imax\_вх /Imax\_вых | - | - |

Допустимую мощность рассеивания резисторов можно определить по принятым обозначениям на схеме.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальная  мощность  (Вт) | 0,05 | 0,125 | 0,25 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 |
| Обозначение  на  схеме |  |  |  |  |  |  |  |  |

Допустимую мощность рассеивания следует брать в качестве номинального параметра. Фактическое значение параметра надо брать в половину меньше согласно таблице №1.

Для конденсаторов номинальным параметром в расчёте надежности считаются допустимые напряжения на обкладках конденсатора. В большинстве схем этот параметр не указывается. Его следует выбирать исходя из напряжения источника питания. Uн, для конденсатора следует брать в два раза больше (в полтора) напряжения источника питания. При этом следует учитывать, что согласно ГОСТу конденсаторы выпускаются на допустимое напряжение (в вольтах) 1; 1,6; 2,5; 3,2; 4; 6,3; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 350.

Конденсаторы на более высокое допустимое напряжение на обкладках, в схемах курсового и дипломного проектирования практически не применяются.

Фактическое значение (Uф) для конденсаторов в расчёте надежности следует брать в половину меньше выбранного.

Для транзисторов номинальный параметр Pк допустимое значение следует брать из справочников.

Для диодов контролируемый параметр величина прямого тока Iпр. Брать в справочниках.

Фактическое значение этих параметров следует брать исходя из рекомендации таблицы №1. При увеличении коэффициента нагрузки интенсивность отказов увеличивается. Она так же возрастает, если элемент эксплуатируется в более жестких условиях: при повышенной температуре, влажности, при ударах и вибрациях. В стационарной аппаратуре, работающей в отапливаемых помещениях, наибольшее влияние на надёжность аппаратуры оказывает температура. Определяя интенсивность отказов при t˚=20˚С, значения приведены в таблице №2. интенсивность отказов обозначается λо. Измеряется λо в (1/час)

Таблица № 2.

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование элемента | λо · 10‾6 1/час |
| Микросхемы средней степени интеграции  Большие интегральные схемы | 0,013  0,01 |
| Транзисторы германиевые:  Маломощные  Средней мощности  Мощностью более 200мВт | 0,7  0,6  1,91 |
| Кремневые транзисторы:  Мощностью до 150мВт  Мощностью до 1Вт  Мощностью до 4Вт | 0,84  0,5  0,74 |
| Транзисторы полевые: | 0,1 |
| Высокочастотные транзисторы:  Малой мощности  Средней мощности | 0,2  0,5 |
| Конденсаторы:  Бумажные  Керамические  Слюдяные  Стеклянные  Плёночные  Электролитические (алюминиевые)  Электролитические (танталовые)  Воздушные переменные | 0,05  0,15  0,075  0,06  0,05  0,5  0,035  0,034 |
| Резисторы:  Композиционные  Плёночные  Угольные  Проволочные | 0,043  0,03  0,047  0,087 |
| Диоды:  Кремниевые  Выпрямительные  Универсальные  Импульсные | 0,2  0,1  0,05  0,1 |
| Стабилитроны | 0,157 |
| Трансформаторы:  Силовые  Звуковой частоты  Высокочастотные  Автотрансформаторные | 0,25  0,02  0,045  0,06 |
| Дроссели  Катушки индуктивности  Реле | 0,34  0,02  0,08 |
| Антенны  Микрофоны  Громкоговорители  Оптические датчики | 0,36  20  4  4,7 |
| Переключатели, тумблеры, кнопки  Соединители  Гнёзда | 0,07n  0,06n  0,01n |
| Пайка навесного монтажа  Пайка печатного монтажа  Пайка объёмного монтажа | 0,01  0,03  0,02 |
| Предохранители | 0,5 |
| Волноводы гибкие  Волноводы жёсткие | 1,1  9,6 |
| Электродвигатели:  Асинхронные  Асинхронные вентиляторные | 0,359  2,25 |

Порядок расчёта.

В таблицу № 3 заносятся данные из принципиальной схемы. Таблица заполняется по колонкам. В первую колонку заносится наименование элемента, его тип определяется по схеме. Часто в схемах не указывается тип конденсаторов, а даётся только его ёмкость. В этом случае следует по емкости, и выбирать подходящий тип конденсатора в справочнике. Тип элемента заносится во вторую колонку.

Однотипные элементы записываются одной строкой, а их число заносится в колонку 4.

Микросхемы вне зависимости от типа объединяются в одну группу и записываются в одну строку. Это связанно с тем, что у них независимо от типа одинаковая интенсивность отказов, и они могут работать в достаточно широком диапазоне температур. (Большие интегральные схемы не применяются в курсовых и дипломных проектах).

В колонку 4 заносится температура окружающей среды. Её надо определять, исходя из назначения прибора или устройства. Если устройство работает в отапливаемом помещении и не имеет мощных транзисторов, температуру можно брать 40˚С.

Далее следует заполнить колонку 6, пользуясь теми рекомендациями, которые были даны выше.

Студенту, как правило, не известны фактические параметры элементов. Выбирать их надо, руководствуясь рекомендациями таблицы 1.

Коэффициенты нагрузок.

Для транзисторов: kн = Рф/Ркдоп = Рф/Рн (1)

Для диодов: kн = Iф/Iпрср = Iф/Iн (2)

Для конденсаторов: kн = Uф/Uн = Uф/(Uu·n) · 2 (3)

Для резисторов: kн = Рф/Рн (4)

Зная kн определяем фактическое значение параметра и заполняем колонки 5 и 8. Если kн в таблице для элемента не указанно, то следует ставить прочерк или брать kн = 0,5.

Колонка 7 заполняется по справочнику. Далее определяется коэффициент α, который показывает, как влияет на интенсивность отказов окружающая элемент температура в связи с коэффициентом нагрузки. Находят α по таблице № 4.

Таблица № 4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t˚С | Значение α при k равном | | | | |
| 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1 |
| Кремневые полупроводниковые приборы | | | | | |
| 20  40  70 | 0,02  0,05  0,15 | 0,05  0,15  0,35 | 0,15  0,30  0,75 | 0,5  1  1 | 1  -  - |
| Керамические конденсаторы | | | | | |
| 20  40  70 | 0,15  0,30  0,30 | 0,30  0,30  0,50 | 0,35  0,50  0,75 | 0,65  1,00  1,5 | 1  1,4  2,2 |
| Бумажные конденсаторы | | | | | |
| 20  40  70 | 0,35  0,50  0,7 | 0,55  0,60  1,0 | 0,70  0,80  1,4 | 0,85  1,00  1,8 | 1,0  1,2  2,3 |
| Электролитические конденсаторы | | | | | |
| 20  40  70 | 0,55  0,65  1,45 | 0,65  0,80  1,75 | 0,75  0,90  2,0 | 0,90  1,1  2,5 | 1,0  1,2  2,3 |
| Металлодиэлектрические или металлооксидные резисторы | | | | | |
| 20  40  70 | 0,40  0,45  0,50 | 0,50  0,60  0,75 | 0,65  0,80  1,0 | 0,85  1,1  1,5 | 1,0  1,35  2 |
| Силовые трансформаторы | | | | | |
| 20  40  70 | 0,40  0,42  1,5 | 0,43  0,50  2 | 0,45  0,60  3,1 | 0,55  0,90  6,0 | 1  1,5  10,0 |

Для германиевых полупроводниковых диодов α брать таким, как у кремневых. Если в таблице нет тех элементов, которые есть в конкретной схеме, следует спросить у преподавателя, как быть.

Колонка 10 заполняется из соответствующей таблицы №2 (интенсивность отказов λо для температуры +20˚С)

Колонка 11 λi = α · λо

Колонка 12 λс = λi · n, где n – количество элементов.

Если изделие испытывает воздействие ударных нагрузок или реагирует на влажность, атмосферное давление, следует учесть это влияние. В этом случае λi в колонке 11

λi = λо · α · α1 · α2 · α3

где α – коэффициент влияния температуры;

α1 – коэффициент влияния механических воздействий;

α2 - коэффициент влияния влажности;

α3 - коэффициент влияния атмосферного давления.

Значения α1, α2, α3 определяются по нижеследующим таблицам.

Таблица № 5.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Условия эксплуатации аппаратуры | Вибрация | Ударные нагрузки | Суммарное воздействие |
| Лабораторные | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Стационарные | 1,04 | 1,03 | 1,07 |
| Корабельные | 1,3 | 1,05 | 1,37 |
| Автофургонные | 1,35 | 1,08 | 1,46 |
| Железнодорожные | 1,4 | 1,1 | 1,54 |
| Самолётные | 1,4 | 1,13 | 1,65 |

Коэффициент влияния влажности.

Таблица № 6.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Температура ˚С | Влажность% | Поправочный коэффициент α2 |
| 20-40 | 6-70 | 1,0 |
| 20-25 | 90-98 | 2,0 |
| 30-40 | 90-98 | 2,5 |

Коэффициент влияния атмосферного давления.

Таблица № 7.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Давление кПа | Поправочный коэффициент α3 | Давление кПа | Поправочный коэффициент |
| 0,1-1,3 | 1,45 | 32,0-42,0 | 1,2 |
| 1,3-2,4 | 1,40 | 42,0-50,0 | 1,16 |
| 2,4-4,4 | 1,36 | 50,0-65,0 | 1,14 |
| 4,4-12,0 | 1,35 | 65,0-80,0 | 1,1 |
| 12,0-32,0 | 1,3 | 80,0-100,0 | 1,0 |

Когда колонка 12 заполнена, можно рассчитать среднее время наработки на отказ Тср. Для этого суммируют все значения колонки 12, получая Σ λс, тогда Тср = 1/ Σ λс (час)

Исходя из таблицы №3 получаем Σ λс = 9,747 · 10‾6, от сюда получаем

Тср = 1 · 10‾6 / 9,747 = 102595,7 часов.

По приведённому расчёту надёжности среднее время наработки на отказ приёмника для радиоуправляемой игрушки составляет 102595,7 часов.

# 3. Конструкторская часть

### 3.1. Обоснование выбора элементов

#### 3.1.1. Обоснование выбора резисторов

В моём приёмнике для радиоуправляемой игрушки используются резисторы типа МЛТ.

Металлопленочные резисторы (МЛТ) содержат резистивный элемент в виде очень тонкой (десятки доли микрометра) металлической плёнки, осаждённой на основании из керамики, стекла, слоистого пластика, ситалла или другого изоляционного материала. Металлоплёночные резисторы характеризуются высокой стабильностью параметров, слабой зависимостью сопротивления от частоты и напряжения. Обладают высокой надёжностью.

Недостатком некоторых металлоплёночных резисторов является пониженная надёжность при повышении номинальной мощности рассеивания.

Температурный коэффициент стабильности (ТКС) резисторов типа МЛТ и резисторов типа ОМЛТ не превышает 0,02% на 1˚С.

Уровень шумов резисторов группы А не более 1мкВ / В, группы Б не более 5 мкВ / В.

Опираясь на изученную литературу, приведённую выше, резисторы типа металлоплёночные (МЛТ), подходят для использования в приёмнике для радиоуправляемой игрушки.

#### 3.1.2. Обоснование выбора конденсаторов

Мною выбраны керамические конденсаторы серии КМ (конденсатор монолитный). Керамические конденсаторы представляют собой пластинки, трубки из керамики с нанесёнными на них электродами из металла.

Для зашиты от внешних воздействий эти конденсаторы окрашивают эмалями и герметизируют, покрывая эпоксидными компаундами, либо заключая в специальный корпус. Керамические конденсаторы широко применяются в качестве контурных, блокировочных, разделительных и других конденсаторов.

Керамические конденсаторы с диэлектриком из высококачественной керамики характеризуются высокой электрической надёжностью и сравнительно небольшой стоимостью. Сопротивление этих конденсаторов при 20˚С превышает 5….10 ГОм, тангенс угла потерь на частотах порядка 1 мГц равен 0,0012….0,0015.

Конденсаторы с диэлектриком из низкокачественной керамики отличаются большой удельной ёмкостью и малой стоимостью.

Основные параметры керамических конденсаторов серии КМ приведены в таблице №1.

Таблица № 1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Особенности конструкции | Пределы номинальной ёмкости Пф | Ряд номинальных ёмкостей | Допустимые отклонения% | Номинальное напряжение  В | Допустимая реактивная мощность В · А |
| Монолитные | 16…5600  680…680000  15000…150000 | Е24  Е6  Е6 | От+50 до-20  От+80 до-20  5; 10; 20 | 100; 160; 250  25; 50  25; 50 | 0,05…2  0,05…2  10…30 |

Так же в приёмнике применены электролитические конденсаторы типа К50-6.

Электролитические конденсаторы обладают большой удельной ёмкостью и энергией, запасаемой в сравнительно малых объёмах. К недостаткам конденсаторов этой группы относят нестабильность параметров, зависимость ёмкости от низких температур, резко ограниченный диапазон частот.

Алюминиевые фольговые конденсаторы К50-6 рассчитаны на широкий диапазон ёмкостей и рабочих напряжений. Имеют цилиндрическую форму и выпускаются в трёх конструктивных вариантах – с гибкими проволочными выводами одинаковой длины (неполярные), с выводами разной длинны (короткий вывод плюсовой) и с запрессованными в пластмассу лепестковыми выводами. В первых двух вариантах торцы заливают герметиком, в третьем вставляют пластмассовую крышку. Во всех случаях цилиндры у торцов закатывают по внешней поверхности. По сравнению с другими конденсаторами, конденсаторы типа К50-6, более низковольтные и имеют широкий диапазон номинальной ёмкости (до 4000мкФ).

Параметры электролитических конденсаторов типа К50-6 приведены в таблице № 2.

Таблица № 2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Номи-  нальная  ёмкость  мкФ. | Доп.  откл.  % | Откл. от ном. Ёмкости при крайних значениях температуры% | | Ном.  рабочее  напря-  жение  В. | Интервалы рабочих температур | Допустимые ускорения  при | | |
| t + | t - | вибрациях | ударах | Линейных  ускорениях |
| К50-6 | 1-4000 | +80  -20 | 30 | -50 | 12-450 | -40…+100 | 7,5 | 35 | 25 |

### 3.2. Обоснование трассировки печатной платы

Трассировка печатной платы – это проведение проводников, соединяющих площадки, так, чтобы они имели минимальную длину, и минимальное число переходов на другие слои с целью устранения пересечений.

Чертежи печатных плат выполняют на бумаге имеющей координатную сетку, нанесённую с определённым шагом. Наличие сетки позволяет не ставить на чертеже размеры на все элементы печатного проводника. При этом по сетке можно воспроизвести рисунок печатной платы при изготовлении фотооригиналов, с которых будут изготовлять шаблоны для нанесения рисунка платы на заготовку.

Координатную сетку наносят на чертёж с шагом 2,5 или 1,25 мм. Шаг 1,25 мм. Применяют в том случае, если на плату устанавливают многовыводные элементы с шагом расположения выводов 1,25 мм. Центры монтажных и переходных отверстий должны быть расположены в узлах (точках пересечений линий) координатной сетки. Если устанавливаемый на печатную плату элемент имеет два и более вывода, расстояние между которыми кратно шагу координатной сетки, то отверстия под все такие выводы должны быть расположены в узлах сетки.

Диаметр отверстий в печатной плате должен быть большего диаметра вставляемого в него вывода, что обеспечит возможность свободной установки электрорадиоэлемента. При диаметре вывода до 0,8 мм диаметр не металлизированного отверстия делают на 0,2 мм больше диаметра вывода; при диаметре вывода более 0,8 мм – на 0,3 мм больше.

Диаметр металлизированного отверстия зависит от диаметра вставляемого в него вывода и от толщины платы. Связанно это с тем, что при гальваническом осаждении металла на стенках отверстия малого диаметра, сделанного в толстой плате, толщина слоя металла получится неравномерной, а при большом отношении длинны к диаметру некоторые места могут остаться непокрытыми. Диаметр металлизированного отверстия должен составлять не менее половины толщины платы.

Отверстия на плате нужно располагать таким образом, чтобы расстояние между краями отверстий было не меньше толщины платы. В противном случае перемычка между отверстиями не будет иметь достаточно механической прочности.

Чтобы обеспечить надёжное соединение металлизированного отверстия с печатным проводником, вокруг отверстия делают контактную площадку. Контактные площадки отверстий рекомендуется делать в форме кольца.

Печатные проводники рекомендуется выполнять прямоугольной конфигурации, располагая их параллельно линиям координатной сетки.

Проводники на всём их протяжении должны иметь одинаковую ширину. Если один или несколько проводников проходят через узкое место, ширина проводников может быть уменьшена. При этом длинна участка, на котором уменьшена ширина, должна быть минимальной.

Следует иметь в виду, что узкие проводники (шириной 0,3 – 0,4 мм) могут отслаиваться от изоляционного основания при незначительных нагрузках. Если такие проводники имеют большую длину, то следует увеличивать прочность сцепления проводника с основанием, располагая через каждые 25 – 30 мм по длине проводника металлизированные отверстия или местные уширения типа контактной площадки с размером 1х1мм или более.

Если проводник проходит в узком месте между двумя отверстиями, то нужно прокладывать его так, чтобы он был перпендикулярен линии, соединяющей центры отверстий. При этом можно обеспечить максимальную ширину проводников и максимальное расстояние между ними.

Экраны и проводники шириной более 5 мм следует выполнять с вырезами. Связанно это с тем, что при нагревании плат в процессе из изоляционного основания могут выделяться газы. Если проводник или экран имеет большую ширину, то газы не находят выхода и могут вспучить фольгу.

Участки платы, по которым не должны проходить печатные проводники, обводят штрихпунктирной линией и соответствующие указание делают в технических требованиях. Зенковку на отверстиях графически не показывают.

Кроме перечисленных данных в технических требованиях чертежа должно быть указанно:

А) номер ГОСТа или ТУ, которым должна соответствовать плата;

Б) шаг координатной сетки;

В) предельное отклонение расстояний между центрами отверстий (кроме оговоренных особо на чертеже);

Г) суммарная площадь металлизации платы;

Д) указания о гальваническом покрытии проводников печатной платы, например: "Печатный монтаж серебрить Ср 9".

При необходимости в технических требованиях указывают способ изготовления печатной платы.

Для поверхностей печатной платы, которые в процессе изготовления подвергаются механической обработке (контур платы, отверстия, пазы, и т.п.), устанавливают норму на шероховатость.

Размеры на чертеже печатной платы указывают одним из следующих способов: с помощью размерных и выносных линий; нанесением координатной сетки в прямоугольной или в полярной системе координат; комбинированным способом.

При задании размеров координатной сетки её линии нумеруют.

Проводники шириной более 2,5 мм можно изображать двумя линиями, при этом, если они совпадают с линиями координатной сетки, числовое значение ширины на чертеже не указывают. Отдельные элементы рисунка печатной платы можно выделять штриховкой, чернением.

Круглые отверстия, имеющие зенковку, и круглые контактные площадки с круглыми отверстиями изображают одной окружностью.

### 3.3. Обоснование компоновки печатной платы

Компоновка печатной платы – это процесс, при котором находят оптимальное размещение навесных элементов на печатной плате.

Компоновку обычно выполняют с помощью шаблонов элементов, устанавливаемых на плате, изготовленных из бумаги или из другого материала. Шаблоны выполняют в том же масштабе, в котором оформлялся чертёж печатной платы. Эти шаблоны размещают на листе бумаги или другого материала с нанесённой координатной сеткой и ищут такое расположение элементов, при котором длина соединяющих их проводников минимальна.

В результате компоновки находят положение контактных площадок для подключения всех элементов.

Печатную плату с установленными на ней электрорадиоэлементами называют печатным узлом.

Если ЭРЭ имеют штыревые выводы, то их устанавливают в отверстия печатной платы и запаивают. Если корпус ЭРЭ имеет планарные выводы, то их припаивают к соответствующим контактным площадкам внахлест.

ЭРЭ со штыревыми выводами нужно устанавливать на плату с одной стороны (для плат с односторонней фольгой – на стороне где нет фольги). Это обеспечивает возможность использования высокопроизводительных процессов пайки, например пайку "волной". Для ЭРЭ с планарными выводами пайку "волной" применять нельзя. Поэтому их можно располагать с двух сторон печатной платы. При этом обеспечивается большая плотность монтажа, так как на одной и той же плате можно расположит большее количество элементов.

При размещении ЭРЭ на печатной плате необходимо учитывать следующие:

* полупроводниковые приборы и микросхемы не следует располагать близко к элементам, выделяющим большое количество теплоты, а также к источникам сильных магнитных полей (постоянным магнитам, трансформаторам и др.);
* должна быть предусмотрена возможность конвекции воздуха в зоне расположения элементов, выделяющих большое количество теплоты;
* должна быть предусмотрена возможность лёгкого доступа к элементам, которые подбирают при регулировании схемы.

Если элемент имеет электропроводной корпус и под корпусом проходит проводник, то необходимо предусмотреть изоляцию корпуса или проводника. Изоляцию можно осуществлять надеванием на корпус элемента трубок из изоляционного материала, нанесением тонкого слоя эпоксидной смолы на плату в зоне расположения корпуса (эпоксидная маска), наклеиванием на плату тонких изоляционных прокладок.

В зависимости от конструкции конкретного типа элемента и характера механических воздействий, действующих при эксплуатации (частота и амплитуда вибрации, значение и длительность ударных перегрузок и др.), ряд элементов нельзя закреплять только пайкой за выводы – их нужно крепить дополнительно за корпус.

Крепление за корпус в зависимости от конструкции и массы элементов можно производить приклейкой к плате специальными мастиками или клеями, прилакировкой в процессе влагозащиты печатного узла, заливкой компаундом, привязкой нитками или проводом, с помощью скоб, держателей и другими методами.

Если микросхема выделяет большое количество теплоты и находится при повышенной температуре, то существует опасность нагрева корпуса микросхемы, выше допустимой температуры. В этом случае под корпусами микросхемы устанавливают теплоотводящую медную шину, концы которой должны плотно прилегать к корпусу изделия или другому элементу конструкции, способному отводить выделяемую микросхемой теплоты в окружающее пространство. Медная шина должна быть изолирована изоляционной прокладкой от печатных проводников, проходящих под микросхемой. По тем же причинам изоляционные прокладки нужно применять при установке микросхем. Вместо прокладок можно покрывать нижнюю поверхность корпуса микросхемы эпоксидной смолой.

Зазор между корпусами должен быть не менее 1,5 мм (в одном из направлений). Указанный зазор необходим для возможности захвата микросхемы специальными устройствами при автоматической установке. Планарные корпуса нужно располагать длинной стороной вдоль направления конвекционного потока воздуха. При этом улучшается охлаждение микросхемы.

Так как печатные платы имеют малые расстояния между проводниками, то воздействие влаги может привести к таким ухудшениям сопротивлениям изоляции, при которых будет нарушаться нормальная работа схемы. Поэтому печатные узлы, которые будут работать в сложных климатических условиях, необходимо покрывать слоем лака.

Используемые для этого лаки должны иметь следующие свойства: а) хорошую адгезию к материалу платы и печатным проводникам; б) малую влагопоглощаемость; в) большое сопротивление изоляции; г) способность быстро высыхать при невысокой плюсовой температуре; д) отсутствие растрескивания в диапазоне рабочих температур.

Наиболее часто для покрытия печатных плат используют лак УР 231.

Однако следует отметись, что тонкая плёнка лака не способна надёжно защитить плату от влаги при длительном воздействии, так как абсолютно влагонепоглощающих лаков не существует.

# Литература

1. Пестриков В.М. Уроки радиотехники. – СПб.: КОРОНА Принт, 2000-592с.: ил.

2. Билибин К.И., Шахнов В.А. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учеб. для техн. Вузов.

3. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 528с.: ил.

4. Петухов. Транзисторы и их зарубежные аналоги. – М.: РадиоСофт, 2004. – 544с.

5. Радио № 3, 2005 год.