**Ограничительный перечень для *определенных* областей применений**

| **Наименование** | **Область применения** |
| --- | --- |
| *Резисторы* | |
| Р1-8В-0,125-120 Ом±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **свето**диоды от 5 В  (без защитных диодов) |
| Р1-8В-0,125-100 Ом±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **свето**диоды от 4,5 В  (5 В питание и защитный диод шоттки) |
| Р1-8В-0,125-36 Ом±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **свето**диоды от 3,3 В  (без защитных диодов) |
| Р1-8В-0,125-15 Ом±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **свето**диоды от 2,9 В  (3,3 В питание и защитный диод шоттки) |
| Р1-8В-0,5-470 Ом±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **свето**диоды от 12 В  (с защитным диодами и без них) |
| Р1-8В-0,5-620 Ом±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **свето**диоды от 15 В  (с защитным диодами и без них) |
| Р1-8В-1-1,3 кОм±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **свето**диоды от 24 В, 27 В |
| Р1-8В-0,125-200 Ом±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на се**мисегметные** индикаторы от 5 В |
| Р1-8В-0,125-20 Ом±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **семисегметные** индикаторы от 3,3 В |
|  |  |
| Р1-8В-0,125-160 Ом±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **МОП**-реле от 3,3 В |
| Р1-8В-0,125-275 Ом±5%-Т-К-М |  |
| Р1-8В-0,125-300 Ом±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **МОП**-реле от 5 В  (5 В питание и защитный диод шоттки) |
|  |  |
| Р1-8В-0,5-1,8 кОм±5%-Т-К-М | Ограничительный резистор на **МОП**-реле от 24 В, 27 В |
| Р1-8В-0,125-240 Ом±5%-Т-К-М | Развязка микросхем и микросборок между собой по сигнальным линиям от короткого замыкания пробоя. |
| Р1-8В-0,25-20 кОм±5%-Т-К-М | Резистор в RC-фильтре на 50 Гц. Подтяжка цифровых входов к низкому или высокому потенциалу питания, подтяжка выхода МК RESET к высокому потенциалу питания. |
| Р1-8В-0,5-100 кОм±5%-Т-К-М | Резистор уравнивания потенциалов интерфейсов (эфирный ноль интерфейсов «GND»). |
| Р1-8В-0,125-100 кОм±0,5%-Л-К-М | Подтяжка аналогового входа к низкому потенциалу питания. |
| Р1-8В-0,5-100 Ом±5%-Т-К-М | Заземление экрана |
| *Светодиоды (Индикатор по КД)* | |
| Индикатор ИПД156А9-Л АЕЯР.432220.596 ТУ | Зеленый. Индикация питания, индикация работы. (2,5В мин.) |
| Индикатор ИПД156А9-С АЕЯР.432220.596 ТУ | Синий. Индикация дискретных входов. (2,5В мин.) |
| Индикатор ИПД156А9-К АЕЯР.432220.596 ТУ | Красно-оранжевый. Индикация дискретных выходов. Сигнальные линии интерфейсов. (2,6В макс.) |
| Индикатор ИПЦ52А91-1/7-Ж АЕЯР.432220.699ТУ | Семисегментный индикатор желто-зеленый с общим катодом |
| *Диоды Шоттки* | |
| 2Д663А95 АЕЯР.432120.566ТУ | Защита от переполюсовки, напряжение от 16 до 400 В, ток до 1 А, прямое падение от 0,78 В (+125 ̊С) до 0,93 В (-60 ̊С), среднее 0,72 В (25 ̊С) |
| 2ДШ2123А95 АЕЯР.432120.567ТУ | Защита от переполюсовки, напряжение до 16 В, ток до 1 А, прямое падение от 0,4 В (+125 ̊С) до 0,6 В (-60 ̊С),  среднее 0,45 В (25 ̊С) |
| Диодные матрицы | |
| 2Д906А1 АЕЯР.432120.185ТУ | Диодный мост под формовку и DIP-монтаж. Uобр = 75 В,  Iпр = 1 А. **Распиновка не совпадает с 2Д906А2!** |
| 2Д906А2 АЕЯР.432120.185ТУ | Диодный мост под формовку и SMD-монтаж. То же. **Распиновка не совпадает с 2Д906А1!** |
| *Конденсаторы* | |
| Конденсатор К10-83-50В-1,5мкФ±20%-Н30 АЖЯР.673511.008 ТУ | Корпус 2220. Вход DC-DC до 35 В, мощность больше 5 Вт |
| Конденсатор К10-83-50В-1,0мкФ±20%-Н30 АЖЯР.673511.008 ТУ | Корпус 1812. Вход DC-DC до 35 В, мощность 5 Вт и меньше |
| Конденсатор К10-83-25В-4,7мкФ±20%-Н30 АЖЯР.673511.008 ТУ | Корпус 2220. Выход DC-DC до 18 В |
| Стабилизация питание микроконтроллеров (добрать необходимую емкость ~20мкФ) – на модулях стабилизация питания должна быть своя! |
| Стабилизация опорного напряжения МК |
| Конденсатор в RC-фильтре на 50 Гц |
| Конденсатор К10-83-25В-1,5мкФ±20%-Н30 АЖЯР.673511.008 ТУ | Корпус 1812. Стабилизация питание **не** микроконтроллеров (интерфейсы, драйверы и т.п.) |
| Конденсатор К10-83-50В-12пФ±10%-МП0 АЖЯР.673511.008 ТУ | Корпус 0603. Конденсаторы на кварцевый резонатор |
| *Кварцевые резонаторы* | |
| Резонатор РК 456МДУ(ТМП)-6ДС-16 М-1 ТУ 6321-006-07604008-04 | SMD-резонатор на МК |
| Резонатор РК 456МДУ-6ДС-16 М-1  ТУ 6321-006-07604008-04 | DIP-резонатор на МК |
| *МОП-реле сигнальные* | |
| 249КП10АР АЕЯР.431160.609 ТУ | 2-хканальное оптореле, частота сигнала до 20 кГц.  DIP-корпус |
| 249КП25БТ АЕНВ.431160.078 ТУ | 4-хканальное оптореле, частота сигнала до 500 Гц.  SMD-корпус |
|  |  |
|  |  |
| *МОП-реле силовые* | |
| МОП-реле 2М419А2  АЕЯР.432170.563 ТУ | Коммутация постоянного тока до 3 А, напряжением до 60 В **(только для действительно мощной нагрузки!)** |
| МОП-реле 2М420А4  АЕЯР.432170.564 ТУ | Коммутация постоянного тока до 2 А, напряжением до 90 В **(предпочтительно!)** |
| МОП-реле |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Этапы разработки печатных плат. Оформление схем и чертежей согласно ЕСКД**

**Ограничения, предъявляемые к отдельным этапам**

**Разработка схемы Э3 и перечня ПЭ3 по ЕСКД**

Разработка схемы Э3 ведется в САПР Компас 3D. Схема выполняется в одном виде, масштаб 1:1. Графы «масштаб» и «масса» основной надписи должны быть заполнены одиночным дефисом «–». При работе в САПР Компас 3D необходимо включить сетку (CTRL+G) и включить привязку элементов «по сетке». УГО элементов должны соответствовать требованиям ЕСКД, габариты УГО должны быть кратны сетки, выводы и контакты УГО должны располагаться в узлах сетки. УГО формировать в макроэлемент.

УГО резисторов должно содержать условное обозначение рассеивающей мощности и номинал сопротивления согласно ЕСКД. УГО конденсаторов должно содержать номинал емкости согласно ЕСКД.

УГО на логических микросхемы выполнять в тонких линиях в виде прямоугольников согласно ЕСКД. Маркировка логических микросхем наносить внутри снизу основного тела УГО. Порядковое обозначение (DD1, DA2 т.д.) логических микросхем наносить над УГО справа.

УГО на аналоговых микросхемы выполнять в тонких линиях в виде прямоугольников. Внутри тела УГО упрощенно показать структуру микросхемы. Маркировка аналоговых микросхем наносить внутри снизу основного тела УГО. Порядковое обозначение (DA1, DA2 т.д.) аналоговых микросхем наносить над УГО справа.

Номера контактов и порядковое обозначение выводов логических и аналоговых микросхем выполнять шрифтом 3,5 курсивом под соответствующим выводом.

*Тут про УГО модулей на платах расширения*

*Тут про объединение в шины*

Перечень элементов выполнять на листе схемы Э3 согласно ЕСКД. Обозначения элементов в перечне расставляется в алфавитном порядке по возрастанию порядкового номера. Перечень элементов располагать над основной надписью и техническими требованиями (ТТ). Выносить перечень элементов (ПЭ3) в отдельный документ в случае, если его размер не позволяет уместить над основной надписью и ТТ в один столбец. Между различными типами элементов в перечне (например R1...R8 и ZQ1) отступить 2 резервные строки. Элементы разных исполнений или номиналов, выпускаемые под одним ТУ объединять в группы:

Резисторы по АБВГ.123456.789ТУ

R1 Р1-8В-0,125-1 кОм

R2…R7 Р1-8В-0,125-2 кОм.

После группы элементов в перечне отступить 2 резервные строки. После записи последнего элемента в перечне до завершения таблицы отступить 2 резервных строки. Первую строку перечня не занимать.

При выполнении ПЭ3 в виде отдельного документа, первую и последнюю строки листа не занимать.

**Разработка схемы в САПР KiCAD**

**Трассировка платы в САПР KiCAD**

**Типовые конструкции трассировки (стили)**

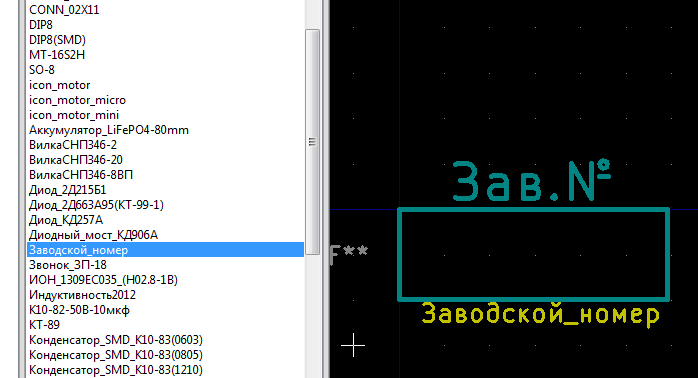
1. Компоненты с установкой в отверстие (DIP, SIP и т.п.), средства индикации, микросборки (по возможности) размещать на лицевой стороне печатной платы.
2. SMD-компоненты (кроме индикации) предпочтительно размещать на обратной стороне печатной платы. Исключение – односторонние печатные платы.
3. Минимальную толщину проводника и зазора между проводниками установить равную 0,25 мм.
4. **Все** отверстия металлизировать.
5. Толщина линии **маркировки методом шелкографии** – **0,2 мм**. Высота и ширина шрифта **маркировки методом шелкографии – 1 мм.**
6. Толщина линии **маркировки методом трафления** – **0,3 мм**. Высота и ширина шрифта **маркировки методом шелкографии – 1,5 мм.**
7. На слое маркировки (методом шелкографии) **каждому** компоненту обвести углы тонкой рамкой, определяющей габарит корпуса, с той стороны, с которой будет производиться монтаж. С той же стороны для стандартизированных компонентов (резисторы, конденсаторы, диоды и т.д.) нанести УГО. С той же стороны для не стандартизированных компонентов (микросборки, источники питания, микросхемы и т.д.), по возможности, нанести маркировку компонента без указания точной модели и ТУ (Пример маркировок: «5559ИН10», «2011ВВ024», «249КП10»). Для не стандартизированных SMD-компонентов на слое маркировки указать первый контакт (обвести, указать стрелкой, снять фаску на габаритном рамке и т.п.). Для не стандартизированных компонентов с монтажом в отверстие (DIP, SIP и т.п.), на слое маркировки указать первый контакт (метка треугольником). Маркировку компонентов по соответствующей схеме Э3 («DD1», «R8», «XT3» и т.п.) нанести **горизонтально над элементом**, или **вертикально слева от элемента** (на лицевой стороне), или **вертикально справа от элемента** (на обратной стороне) – *ограничение связано с особенностями САПР KiCAD*. Маркировку поверх вскрытого печатного проводника наносить не допускается.
8. Для интерфейсных выходов микроконтроллеров типа UART и CAN нанести условные обозначения RX и TX в соответствии с таблицей.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Направление линии связи | UART | CAN |
| RX | (в плату) | (в плату) |
| TX | (в соединитель) | (в соединитель) |

1. Для компонентов с монтажом в отверстие (DIP, SIP, разъемы и т.п.) паяльную маску для первого контакта выполнить круглую, для последующих контактов – квадратную.
2. Для соединителей с установкой в отверстие на плате, на слое маркировки шелкографией на лицевой или обратной стороне нанести:
   1. Для однорядных соединителей – цифровую маркировку первого и последнего контактов
   2. Для двухрядных соединителей – цифровую маркировку первого, второго, предпоследнего и последнего контактов

Первый контакт в соответствии с ТУ на соединитель. Номера контактов в шахматном порядке.

1. На слое маркировки на лицевой стороне печатной платы на свободном участке нанести отличительный знак филиал «–Т–» и индекс детали печатной платы (например «373РТ02.3602-1000**.1**»). На слое маркировки на обратной стороне печатной платы на свободном участке нанести маркировку идентификатора платы (2 строчные латинские буквы) и номера версии платы (начиная с 0) в формате: «xx.»+ (номер версии), пример платы с идентификатором ar второй версии – «ar.1».
2. На слое маркировки на лицевой или обратной стороне печатной платы на свободном участке нанести зону для заполнения заводского номера в виде прямоугольной рамки, размер рамки: 5 х 15 мм.



1. Для компонентов с монтажом в отверстие (DIP, SIP и т.п.), где это имеет значение, вскрытие паяльной маски на первом контакте (в соответствии с техническим описанием на компонент) осуществлять в форме круга. Вскрытие паяльной маски на последующих контактах осуществлять в форме квадрата. Вскрытие паяльной маски на монтажных отверстиях компонентов, для которых ориентация не имеет значения, осуществлять в форме квадрата. Исключение – технологические переходные отверстия, отверстия радиаторов.
2. Переходные отверстия располагать, по возможности, группами на горизонтальных и вертикальных осях. Не допускать **псевдослучайного** расположения переходных отверстий на печатной плате.
3. Все отверстия (в том числе переходные) располагать в узлах сетки с шагом 0,5 мм. В исключительных случаях, по согласованию с сотрудником, выдавшем задание, допускается располагать переходные (и только переходные) отверстия в узлах сетки с шагом 0,25 мм.
4. Все элементы должны иметь как минимум одну базовую точку (центр отверстия или центр посадочной площадки), расположенную в узле сетки с шагом 0,5 мм.
5. Наименование (и маркировка) всех компонентов и номиналы стандартизированных компонентов должны соответствовать друг другу на схемах Э3 по ЕСКД, схемах в САПР KiCAD, на трассировке в САПР KiCAD и чертеже детали по ЕСКД.
6. Ширина дорожки в зависимости толщины фольги и максимального тока с допустимым перегревом проводника 5 ̊C должна выбираться из следующего ряда:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Ширина дорожки** | **Максимальный ток при толщине меди 35 мкм, А** | **Максимальный ток при толщине меди 105 мкм, А** |
| 0,25 | 0,6 | – |
| 0,45 | 0,9 | 2,1 |
| 0,8 | 1,4 | 3,3 |
| 1,2 | 2 | 4,4 |
| 1,6 | 2,4 | 5,4 |
| 2,0 | 2,9 | 6,4 |
| 4,0 | 4,8 | 10,0 |

1. Диаметр переходных и монтажных металлизированных отверстий должны выбираться из следующего ряда по назначению:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Условное обозначение** | **Диаметр металлизированного отверстия** | | **Примечание** |
| **Переходное/ диаметр пояска** | **Монтажное/ ширина паяльной маски** |
|  | 0,4/ 0,8 | – | Переходки: 2 А проходной ток.  НЕ ДЛЯ **НОВАТОРА** |
|  | 0,7/ 1,2 | – | Переходки: 3 А проходной ток. ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНО. |
|  | 1/ 1,7 | 1/ 1,7 | Переходки: 4 А проходной ток.  Монтаж: Если нужно разводить между ножками. |
|  | – | 1,2/ 2 | Монтаж: если не нужно разводить между ножками. |
|  | 1,6/ 2,4 | 1,6/ 2,8 | Переходки: 6 А проходной ток. |
|  | – | 2/ 3,2 | Резерв |
|  | 2,9/ 3,6 | 2,9 / 6 | Крепеж: под М2,5  Переходки: 7,8 А проходной ток. |
|  | - | 3,4 / 7 | Крепеж: под М3 |
|  | – | 4,5 / 9 | Крепеж: под М4 |
|  | – | 6,6 / 12 | Крепеж: под М6 |

1. Минимальное вскрытие паяльной маски вокруг контактной площадки – 0,05 мм. Минимальная ширина паяльной маски 0,2 мм.

**Разработка 3D-модели сборки модуля**

Тут про слои для выдавливания и взятие компонентов в документ

**Типовые варианты формовки по ГОСТ 29137-91**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Корпус** | **Наименование компонента** | **Вариант установки** |
| МК 4203.64-2 | Микросхема интегральная 1887ВЕ7Т АЕЯР.431280.910ТУ | 370.18.1109.00.00 (без подложки) |
| МК Н18.64-1В | Микросхема интегральная 1986ВЕ92У АЕЯР.4311290.711 ТУ | 370.18.1111.00.00 (без подложки) |
| МК 4140.20-1 | Микросборки 2011ВВ014/2011ВВ024/2011ВВ034 АЕЯР.431230.880ТУ | 370.18.1113.00.00 (без подложки) |
| Н02.8-1В | Микросхема интегральная 5559ИН10, 5559ИН14, 5559ИН28 | 370.18.1102.00.00 (без подложки) |
| SIP8 | Модули питания по АНЖЕ.436630.001ТУ серии МДМ5 | 320.00.0000.00.00 (без подложки) |
| DIP8 | МОП-реле по АЕЯР.431160.609 ТУ типа 249КП10 и т.п. | 330.00.0000.00.00 (без подложки) |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Дата последней редакции: 12.03.2019г.