

# Монтаж компонентов и связанные с ним технологии.

## Подсистема ГРИФ-4 – Монтаж.

### Часть 1

Юрий Ёлшин (elshin.juri@yandex.ru)

**В статье приводится описание подсистемы формирования исходной информации для реализации этапа подготовки данных для монтажа компонентов на печатной плате и собственно этапа монтажа компонентов на основе этих данных. Программное обеспечение этих этапов реализовано в рамках ГРИФ-4 – «Информационно-программного комплекса расширения функционала САПР P-CAD 200X».**

Под термином «монтаж» понимается этап выполнения проекта электронного модуля в виде печатной платы, который следует после выполнения этапов размещения компонентов и этапа трассировки. На этом этапе выполняется формирование проектной документации, которая должна позволить изготовителю осуществить подготовку компонентов к размещению на изготовленную печатную плату (нередко здесь производится и формовка выводов компонентов по изготовленным чертежам или по габаритным чертежам в ТУ на компонент), их размещение, распайка и контроль исполнения.

В настоящее время этот этап выполняется в соответствии с ЕСКД, а именно, по ГОСТ 2.123-93-1 «Единая система конструкторской документации. Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании» (с датой актуализации 10.06.2020). При этом документация ориентирована в основном на бумажный состав КД, что в целом является архаичным, т.е. не учитывает современную тенденцию максимального использования безбумажного состава КД. Тем не менее при использовании программного комплекса ГРИФ-4 [1] практически все документы выполняются в цифровом электронном формате, в частности, предусмотрена определённая формализация процесса разработки комплекта КД. Это требует обязательного выполнения формальных требований при сдаче проекта печатной платы в хранилище, что позволяет выстроить строгий типовый процесс проектирования в рамках предприятия. Изменение маршрута проектирования, уровней проверки шаблонов проекта доступно только администратору.

Автоматизация проектирования – одно из главных направлений научно-технического процесса. Как справедливо отмечено в [2], промышленный потенциал страны определяется не только возможностями массового производства новейших изделий техники, но и возможностями их быстрого проектирования. И если конвейеры для массового производства изделий уже имеются почти во всех отраслях промышленности, то время создания конвейеров для массового проектирования новых изделий только наступает. При этом полная автоматизация трудоёмких процессов, встречающихся при проектировании конструкций, является актуальной задачей.

Проектирование печатных плат с помощью САПР (CAD) представляет собой систему проектирования, способную осуществлять процесс проектирования при решении задач, не поддающихся полной автоматизации. При этом структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, понятийный аппарат и языки представления данных такой САПР должны быть стандартизованы. Чтобы достичь должного уровня взаимодействия промышленных автоматизированных информационных систем, требуется создание единого информационного пространства. Такое пространство обеспечивается благодаря унификации как формы, так и содержания информации о конкретных изделиях на различных этапах их жизненного цикла. Человек сам принимает решение там, где процесс проектирования не поддаётся формализации, т.е. оценка проектных решений не имеет количественного выражения. Таким образом, здесь важен профессиональ-

ный уровень проектировщика. Именно поэтому электронные САПР относятся к эвристическим системам.

Согласно ГОСТ 23501.0-89 подсистемы, т.е. составные структурные части САПР, которые представляют элементы всех «обеспечений» автоматизированного проектирования, необходимые для выполнения системой её функций, по своим свойствам и функциям могут рассматриваться как отдельные подсистемы. В рамках подсистемы ГРИФ-4 первый этап выполнения проекта рассматривается как схемотехнический этап. На этом этапе выполняются перечисленные ниже задачи:

- формирование новых условных графических отображений (УГО) для компонентов схемы в формате SCH и поиск технических условий (ТУ) (или других достоверных источников исходных данных) на эти компоненты;
  - ведение базы данных УГО: пополнение библиотечных файлов новыми компонентами в формате SCH;
  - подготовка схемы принципиальной электрической в формате SCH;
  - контроль исполнения схемы в соответствии с государственными и/или внутренними стандартами предприятия;
  - формирование файла электрических связей в простом текстовом формате, например, в формате TANGO в САПР P-CAD 2006;
  - поиск информационного источника функционального и конструктивного описания нового компонента. Этим могут быть технические условия (ТУ) или фирменный буклет;
  - формирование служебной записки о вводе в конструкторскую базу данных (БД) информации с характеристиками нового компонента. В их состав входят необходимые данные о компоненте, предусмотренные в шаблоне служебной записки, например, в формате .docx в подсистеме ГРИФ-4.
- Эти этапы выполняются библиотекарем УГО и заказчиком проекта печатной платы (инженером-схемотехником) с помощью САПР P-CAD 2006 и подси-

системы ГРИФ-4. Следующий этап является этапом формирования конструкторской БД описаний компонентов. Он состоит в решении следующих задач:

- приём исходных данных от инженера-схемотехника на ввод нового компонента в централизованное хранение в базе данных – каталог файлов ComrBox;
- формирование файлов библиотек различных графических и текстовых видов (свойств) компонентов;
- формирование файлов описаний типоразмеров печатных плат;
- контроль корректности содержимого БД компонентов;
- пополнение БД топологически идентичными вариантами компонентов с помощью методики Torrent, входящей в состав ГРИФ-4;
- пополнение БД типовыми вариантами исполнения конструкции компонентов с помощью специальных калькуляторов;
- пополнение главного реестра компонентов.

Следующий этап является этапом подготовки и формирования «кучи» файлов компонентов с одновременным выводом на монитор изображений посадочных мест компонентов и файлов типоразмера печатной платы в качестве исходных данных для выполнения этапа расстановки (размещения) компонентов на слоях платы. На рис. 1 показан файл «кучи» и типоразмера печатной платы, подготовленный на этом этапе.

После размещения компонентов на внешних слоях платы может выполняться этап трассировки. Оба этих этапа требуют тщательного выполнения технологического контроля полученных результатов. Затем наступает этап подготовки проектных данных для монтажа компонентов.

Стандартный и общепринятый на сегодняшний день способ реализации этого этапа состоит в следующих шагах. При полном совпадении количественных и других данных после выполнения предыдущих этапов (наименований типов, десятичных номеров и количеств, отсутствия ошибок в базах данных и реализации задач размещения и трассировки) специальный программный модуль выполняет формирование файлов сборочных чертежей ячейки (СБ).

При большом количестве чертежей установок компонентов на первом листе СБ модуль автоматически открывает файл второго листа СБ соответству-

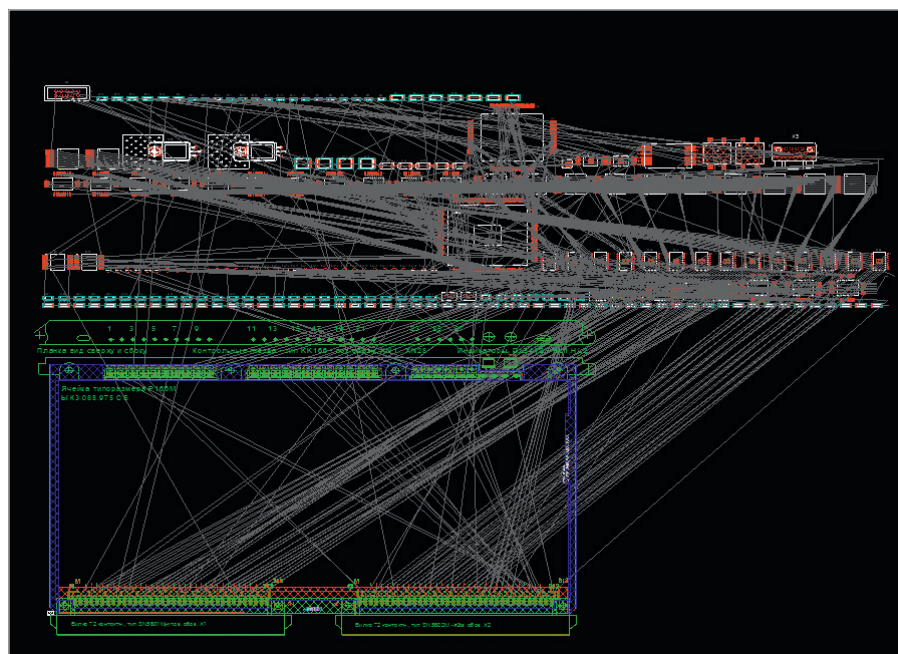


Рис. 1. «Куча» компонентов и конструкция печатной платы для размещения компонентов. Линии коричневого цвета – линии электрических связей компонентов

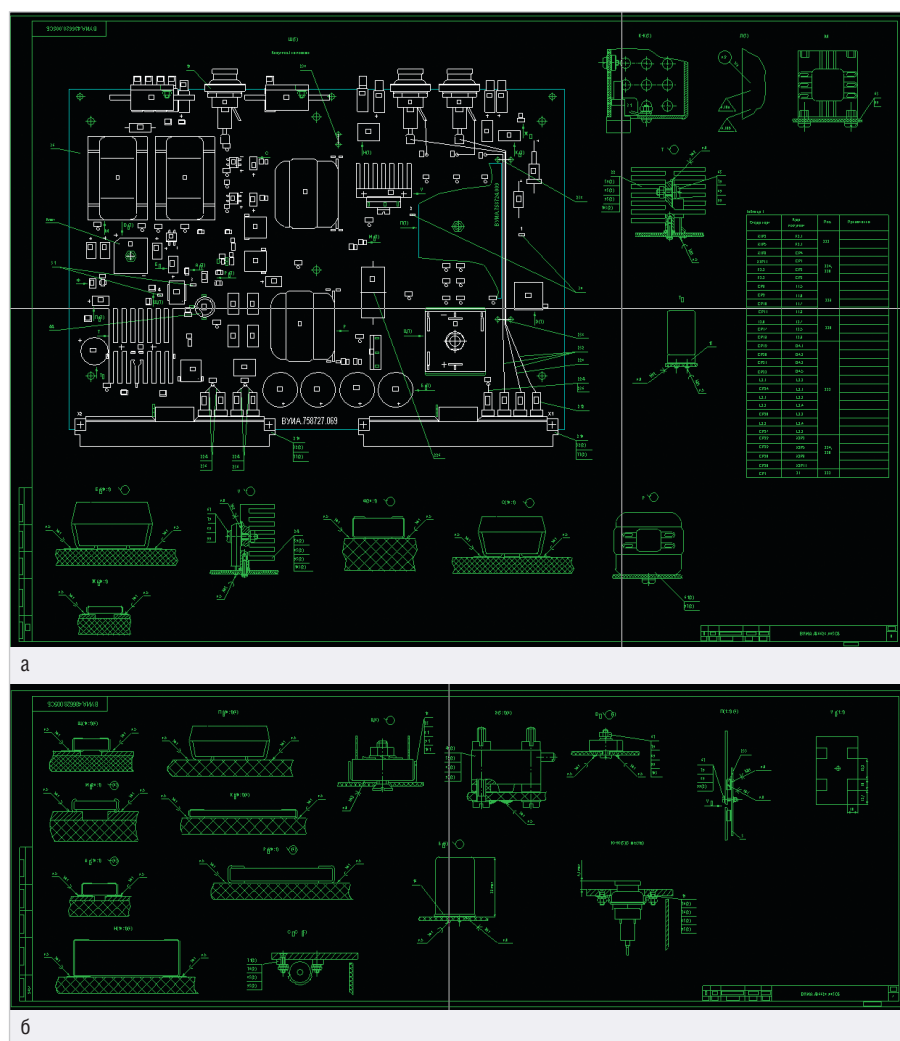
ющего формата. Размещение готовых чертежей установки компонентов на заготовке чертежа заготовки СБ (обычно это лист с чертежом стандартного типоразмера печатной платы) производится по аналогии с размещением компонентов на плате в виде «кучи», которое формируется специальным модулем. Этот модуль размещает чертежи установки (монтажа) компонентов платы (Mounting) на свободном месте файла сборочного чертежа платы, но в пределах контура границы платы.

В настоящее время сборочные чертежи выполняются исходя из необходимости расположения на листе большого формата (обычно А1) контура печатной платы (без индикации запретных зон для трассировки и размещения, печатных проводников, переходных отверстий и т.п.) с целью удобства размещения текстов позиционных обозначений компонентов и удобства их считывания монтажником при своей работе.

На свободном месте сборочного чертежа (обычно в масштабе 1:1) размещается вспомогательная информация, например, таблица отверстий, но самое главное, размещаются чертежи формовки выводов, элементов крепления (хомуты, радиаторы и т.п.), использованных в проекте компонентов монтажа. Отметим особенность такого представления данных, состоящую в том, что конструктор должен ввести на чертёж платы указатели с меткой соответствующего чертежа установки компонента и ввести эти чертежи дополнительно к виду черте-

жа для каждого внешнего слоя платы. При этом такие указатели применяются к одному из группы компонентов единого конструктивного типа и в любом из возможных ориентаций компонентов на поле платы, в то время как на выносной чертеж формовки и установки компонент представляется в нулевой ориентации в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р МЭК 61188-7-2017 «Печатные платы и печатные узлы. Проектирование и применение. Часть 7. Нулевая ориентация электронных компонентов для создания библиотек САПР».

На чертежах установки компонентов можно обнаружить компоненты, которые нуждаются в специальных операциях формовки выводов или выполнении чего-либо подобного. В таком случае необходимо передать эти чертежи на участок формовки (или доработки) компонента. Сделать это совсем не просто. Как отмечено выше, для удобства работы с чертежами в масштабе 1:1 на листе формата А1 их необходимо вывести на бумагу, а для этого необходим достаточно дорогой плоттер. Сделать копию такого чертежа практически невозможно, что приводит к необходимости передавать подлинники полных сборочных чертежей на участок формовки, что, по существу, приводит к простоям в работе монтажника. Более того, выбор однотипных компонентов для их размещения возможен только при использовании спецификации на ячейку, формат и размер которой не очень удобен для извлечения необходимых данных, с одной сторо-



**Рис. 2. Размещение чертежей установки компонентов:** а) на листе 1 сборочного чертежа печатной платы (слои TOP Silk – белый цвет и TOP Assy – зелёный цвет); б) на листе 2 сборочного чертежа печатной платы (слой TOP Assy – зелёный цвет)

ны, а сам формат данных о компонентах недостаточно удобен для использования.

Пример выполнения первого листа сборки ячейки (слой TOP), которое получено после работы специального модуля и после интерактивного размещения компонентов на листах СБ, показан на рис. 2а и 2б. Отметим, что обычно для полной информации о вариантах установки компонентов, как правило, требуется формирование и второго листа (слой BOTTOM) для компонентов, не уместившихся на первом. Оба листа зачастую выполняются ещё и в формате А1. Но конструктору также предстоит выполнить подобные чертежи для слоя BOTTOM. Важно отметить, что и монтажнику приходится работать с этими широкоформатными чертежами чаще всего при недостатках места на его рабочем столе. Разумеется, в конкретной ситуации проблемы монтажно-сборочного участка не выглядят так пессимистично, но вышесказанное актуально в большинстве случаев.

Таким образом, рассмотренная выше практика выполнения этапа монтажных работ не является оптимальной как с точки зрения инженера-проектировщика этого этапа, так и с точки зрения монтажника ячейки. Однако формально такое исполнение монтажа соответствует ГОСТам, разработанным фактически в прошлом веке. На крупных предприятиях соответствующего профиля отступления от этих ГОСТов просто не допускаются.

Однако, как справедливо отмечено в ГОСТ Р МЭК 61191-1-2017 «Печатные узлы. Часть 1. Поверхностный монтаж и связанные с ним технологии. Общие технические требования», основные принципы, алгоритмы выполнения, инструментальные средства и технологические операции допускается применять в различной последовательности в зависимости от специфики производства и технологических процессов или готовности к пересмотру технологий для приведения их в соответствие с требованиями к конечному изделию.

Именно поэтому был инициативно разработан программный комплекс «ГРИФ-4-Монтаж». Данный комплекс содержит 3 программных модуля: FSBMount.exe, FormPage00.exe, FormHeap01. Рассмотрим их функции и свойства.

Модуль FSBMount.exe выполняет формирование файлов листов расположения для слоёв TOP и Bottom одновременно при одном запуске программы. В системе ГРИФ-4 для этого после запуска модуля необходимо указать имя файла печатной платы в формате PCAD-2006 и файла паспорта платы в формате TXT. В качестве имён исходных файлов используются их наименования или десятичные номера. Модуль также частично использует файл Главного реестра компонентов S-P.txt, структура и содержание которого приведены в монографии [1]. Примеры выполнения чертежей расположения компонентов на внешних слоях платы приведены на рис. 3а и 3б.

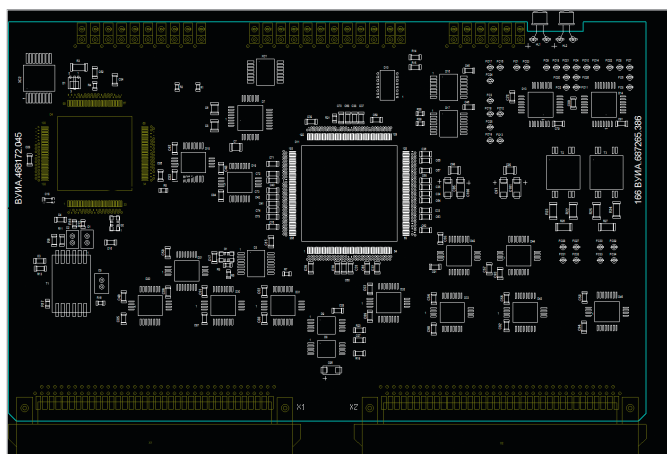
Следует сразу отметить, что формат этих чертежей А3 и их распечатка выполняется на сравнительно недорогом принтере. При этом тексты позиционных обозначений имеют высоту 1,7 мм и легко читаются при размещении такого чертежа на столе монтажника. В этом смысле никаких дополнительных данных для работы монтажника не требуется.

Результат работы модуля позволяет его эффективно использовать в режиме работы PCB Design Manager системы P-CAD-2006 для выбора требуемых к установке компонентов при наличии его на рабочем месте монтажника. При отсутствии компьютера есть возможность произвести распечатку этих файлов PCB в формате А3 на любом принтере с установленной САПР P-CAD. При работе с компьютером (или при распечатке при отсутствии компьютера) есть возможность произвести цветовую индикацию компонентов, указав их позиционные обозначения.

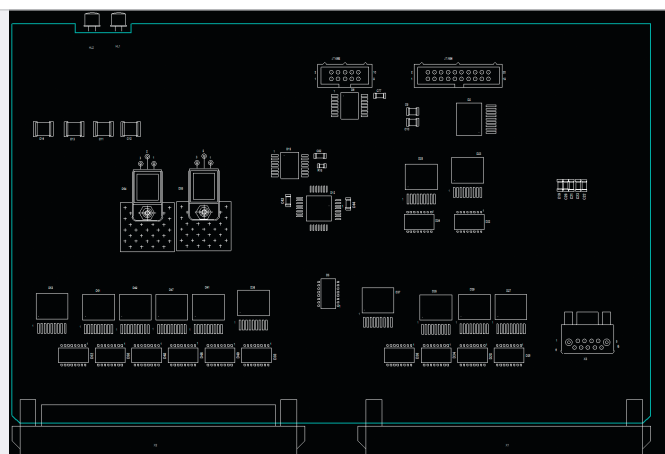
На рис. 4 показано выделение группы конденсаторов одного типа на слое TOP, а на рис. 5 выделены компоненты различного конструктивного типа.

Модуль FormPage00.exe формирует таблицу компонентов в проекте в качестве специальной информации для работника монтажно-сборочного цеха, пример содержания такого списка приведён ниже.

Начальный диалог модуля показан на рис. 6.



а



б

Рис. 3. Чертёж расположения компонентов платы: а) слой TOP; б) слой BOTTOM

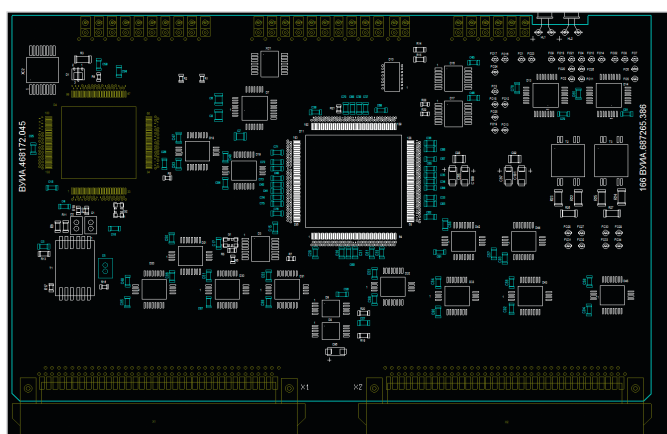


Рис. 4. На слое TOP синим цветом выделены конденсаторы с корпусом типа K1084-3 с позиционными обозначениями C3-C97

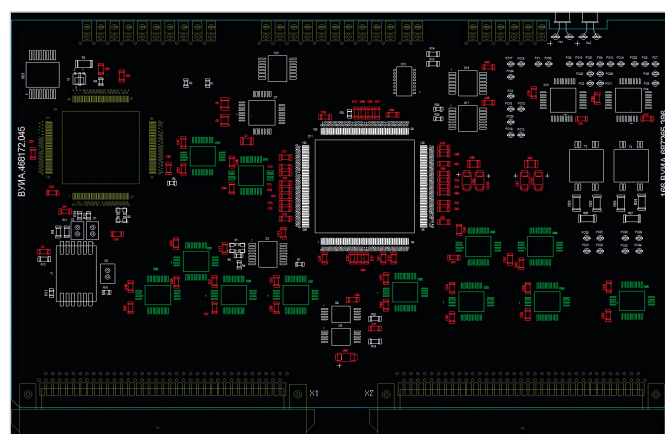


Рис. 5. На слое TOP разными цветами выделены компоненты различного конструктивного типа

Ниже приведён пример сформированной этим модулем таблицы компонентов для их монтажа на плате по слоям раздельно (смотри в таблице).

Таблица состоит из двух частей (для слоёв TOP и Bottom) и колонок, первая из которых содержит строки с наименованиями позиционных обозначений для единичных компонентов или их групп. Вторая колонка содержит ссылки на чертёж посадочного места компонента в формате САПР P-CAD 2006 и косвенно (через такое же имя файла) ссылается на файл описания неграфических атрибутов указанного компонента. Формат записи данных в файлах неграфической атрибутики является стандартным видом записи в СУБД реляционного типа. Обычно имя файла неграфических атрибутов (НГА) имеет то же имя, что и имя корпуса компонента, но с расширением .nga. Эти данные представляют собой текстовую информацию и состоят из строк, причём каждая строка состоит из метки атрибута (не более 3 символов), пробела и текста значения атри-

Программа FormPage00.exe формирует справочную информацию о размещении компонентов на печатной плате по слоям Top и Bottom в виде таблицы. Таблица содержит данные о варианте установки, ориентации и корпусе компонента. Вариант установки корпуса выбирается из таблицы "Symbol-Pattern" S-P.TXT. Программа определяет каталог в котором находится таблица "Symbol-Pattern" S-P.TXT по следующей схеме:

1. в рабочем каталоге;
2. в каталоге O:\660308\GRIF\TAB\;
3. в каталоге C:\GRIF\TAB\;
4. на рабочем диске в каталоге GRIF\TAB\

Для запуска работы программы щёлкните левой кнопкой мыши по этой панели и откройте 2 файла :  
 \*.rpb - файл спроектированной ячейки;  
 \*.irx - файл паспорта ячейки.

Рис. 6. Начальный диалог программы формирования таблицы компонентов на печатной плате

бута. В составе этой информации имеется список всех элементов крепежа, дополнительных элементов (радиаторов, прокладок, винтов, гаек и т.п.). Третья колонка индицирует ориентацию компонента в градусах в данном проекте. Четвёртая колонка содержит ссылку на файлы описания варианта установки компонента на плате. При необходимости формирования выводов компонента именно этот файл содержит все необходимые данные для формовки выводов и установки компонента. Как правило, при создании файла установки компонента используется

ГОСТ 29137-91 «Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования». Необходимые файлы, ссылки на которые содержат перечисленные колонки, содержатся в файлах, формируемых программным модулем FormNear01.

Первая и последняя части таблицы содержат неформализованную информацию о выполненном проекте и служат вспомогательными данными для монтажа печатной платы, что дублирует раздел технических требований на ячейку в составе документации на проект.

Таблица компонентов для их монтажа на плате (текст таблицы сформирован системой ГРИФ-4)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                  |        |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------|-------------------------|
| <b>ПОДСИСТЕМА ГРИФ-4-МОНТАЖ.</b><br>Информация для монтажно-сборочного цеха<br>Шифр ячейки: HP381E2-01<br>Обозначение ячейки: ВУИА.468172.045<br>Типоразмер ячейки: P166M<br>Регистрационный номер разработчика схемы: 2446<br>Разработчик схемы: Саяпин В.Г. тел: 1-78-56<br>Исходные файлы для работы программы:<br>Главный Реестр Компонентов: O:\660308\GRIF\TAB\S-P.TXT;<br>Файл спроектированной ячейки: O:\660308\M2446\КД\ВУИА.687265.386Д33_.pcb;<br>Файл паспорта ячейки: O:\660308\M2446\КД\ВУИА.687265.386Д33_.ipx.<br>Конструктор: Шаталин А.Ф. тел: 1-13-66<br>Нач. отдела 35: Елшин Ю.М. тел: 1-75-32 |                  |        |                         |
| Слой Top                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |        |                         |
| Поз. обозначение компонента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Файл корпуса/NGA | Ориен. | Файл установки (монтаж) |
| C1-C2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | K1017A-1         | 270    | 200.00.0000.00.00       |
| C3-C4,C15-C18,C24-C42,C45-C76                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | K1084V-3         | Любая  | Без черт уст            |
| C78-C81,C83-C94                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | K1084V-3         | Любая  | Без черт уст            |
| C5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | K1084A-1         | 270    | K1084a-1.pcb            |
| C6-C8,C98-C99                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | K1084V-5         | Любая  | Без черт уст            |
| C95-C97,C100-C101                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | K5356A-3         | Любая  | Без черт уст            |
| D1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4601.3-1         | 270    | Без черт уст            |
| D3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | M401             | 0      | Рис.103                 |
| D4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4229.132-3-F     | 90     | 4229.132-3.pcb          |
| D7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | N09.28-1V        | 0      | N09.28-1V               |
| D8-D9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5559IN28U        | 0      | 5559IN28U               |
| D10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | NR1-1R           | 180    | Без черт уст            |
| D11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4244.256-3-F     | 90     | 4244.256-3.pcb          |
| D13-D14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | N09.28-1V        | 90     | N09.28-1V               |
| D16-D17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | M401.14-5        | 0      | Рис.103                 |
| D18-D21,D30-D33,D42-D45                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | H06.24-1V        | 0      | Нет корпуса в S-P.txt   |
| FC1-FC34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | KT1              | 0      | KT1                     |
| G1-G2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | GK323TK          | Любая  | Без черт уст            |
| HL1-HL2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | DL341S           | 0      | Рис.63                  |
| R1-R2,R4,R8,R16-R17,R28-R29                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | R18-7            | Любая  | Без черт уст            |
| R3,R22-R27                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | R18-10           | Любая  | Без черт уст            |
| R5-R7,R10,R12,R21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | R18-2            | Любая  | Без черт уст            |
| R9-R11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | R18-3            | 0      | Без черт уст            |
| R13-R15,R19-R20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | R18-8            | Любая  | Без черт уст            |
| T1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | TRS-LS5          | 0      | Без черт уст            |
| T2-T3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | TIL3B            | 0      | Рис.28                  |
| X1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | SN5801M          | 0      | ВУИА.468361.056_л.3     |
| X2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | SN5802M          | 0      | ВУИА.468361.056_л.4     |
| XC1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | M401.14-5        | 0      | Рис.103                 |
| XC2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | M402A            | 90     | M402A                   |
| XN1-XN28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | KK166            | 0      | Рис.56                  |
| Слой Bottom                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                  |        |                         |
| C9-C10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | K1084V-5         | 0      | Без черт уст            |
| C11-C14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | K1084V-11        | Любая  | Без черт уст            |
| C19-C23,C43-C44,C77,C82                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | K1084V-3         | Любая  | Без черт уст            |
| D2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | M9               | 180    | Рис.107                 |
| D5,D22,D24,D26,D28,D34,D36,D38,D40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | NR1-1R           | Любая  | Без черт уст            |
| D46,D48,D50,D52                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | NR1-1R           | Любая  | Без черт уст            |
| D6-D15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | M401             | 0      | Рис.103                 |
| D12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | N09.28-1V        | 180    | N09.28-1V               |
| D23,D25,D27,D29,D35,D37,D39,D41                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | M9               | 90     | Рис.107                 |
| D47,D49,D51,D53                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | M9               | 90     | Рис.107                 |
| D54-D55                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | KT-28A-2.02-RAD  | 90     | KT-28A-2.02-rad         |
| R18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | R18-7            | 180    | Без черт уст            |
| X3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | SP397            | 180    | Нет корпуса в S-P.txt   |
| X4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | SNP347-20VP21-V  | 0      | SNP347-20VP21-V         |
| X5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | SNP347-10VP21-V  | 0      | SNP347-10VP21-V         |
| Общие технические требования к печатной плате:<br>Компоненты паять припоем ПОС 61 ГОСТ 21931-76.<br>Допускаются паяльные пасты RM92, RM89, SMT и припой X39.<br>Покрываете лак УР-231 УХЛ2.3 ТУ 6-21-14-90.<br>Наплывы лака по контуру платы не допускаются.<br>Остальное – см. БКЗ.088.975                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                  |        |                         |

## Литература:

1. Елшин Ю.М. Гриф-4. Информационно-программный комплекс расширения функционала САПР P-CAD 200x: монография. М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017. 496 с.: ил.
2. Андреев Г.И., Созинов П.А., Тихомиров В.А. Управленческие решения при проектировании радиотехнических систем: монография / под ред. П.А. Созинова. М.: Радиотехника, 2018. 560 с. (научная

серия «Принятие решений в управлении»)

3. ГОСТ Р 53386-2009 «Платы печатные. Термины и определения».
4. ГОСТ ИЕС 61188-5-8-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-8. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Компоненты с матрицей контактов (BGA, FBGA, CGA, LGA)».
5. ГОСТ ИЕС 61188-5-6-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-6. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Компоненты с J-образными выводами с четырёх сторон».
6. ГОСТ ИЕС 61188-5-4-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-4. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Компоненты с J-образными выводами с двух сторон».
7. ГОСТ ИЕС 61188-5-5-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-5. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Компоненты с выводами в виде «крыла чайки» с четырёх сторон».
8. ГОСТ ИЕС 61188-5-3-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-3. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Компоненты с выводами в виде «крыла чайки» с двух сторон».
9. ГОСТ ИЕС 61188-5-2-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-2. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Дисcrete компоненты».
10. ГОСТ Р МЭК 61191-2-2017 «Печатные узлы. Часть 2. Поверхностный монтаж. Технические требования».
11. ГОСТ Р МЭК 61188-7-2017 «Печатные платы и печатные узлы. Часть 7. Нулевая ориентация электронных компонентов для создания библиотек САПР».
12. ГОСТ Р МЭК 611-1-2017 «Часть 1. Поверхностный монтаж и связанные с ним технологии. Общие технические требования».
13. ГОСТ Р МЭК 61191-3-2019 «Часть 3. Монтаж в сквозные отверстия. Технические требования».
14. ГОСТ Р МЭК 61191-4-2019 «Часть 4. Монтаж компонентов. Технические требования».





# ЧИТАЙТЕ В КОМФОРТЕ



## ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА «СТА»

подписка с гарантированной доставкой



онлайн: [www.cta.ru](http://www.cta.ru) • +7 495 234-0635 • [info@cta.ru](mailto:info@cta.ru)

на почте: по каталогу «Урал-Пресс» (на год – 81872, на полугодие – 72419)