PCB
TECHNOLOGY

печатные платы
проектирование
изготовление
монтаж

## [содержание]

ВВЕДЕНИЕ [3]
ТЕХНОЛОГИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАКАЗА [4]
ПАРАМЕТРЫ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ [6]
ТРЕБОВАНИЯ К ФАЙЛАМ ЗАКАЗА [8]
ФАЙЛЫ В ФОРМАТЕ GERBER [10]
ФАЙЛЫ В ФОРМАТЕ PCAD [11]
ПОДГОТОВКА GERBER-ФАЙЛОВ В СИСТЕМЕ PCAD [12]
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ [14]
СТРУКТУРА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ [22]
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПП [24]
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МПП [26]
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ [28]
БЛАНК ЗАКАЗА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ [30]
НАШИ КООРДИНАТЫ [32]

## [введение]

Компания «PCB Technology» работает на рынке печатных плат с 1997 года. Область деятельности – проектирование, изготовление и монтаж печатных плат, сервисное обслуживание компьютерной техники, инсталляция компьютерных сетей.

Количество заказчиков за четыре года – более 500, причем это и московские фирмы, и организации из других городов России. Успешность деятельности компании во многом связана с ее динамичностью и постоянным расширением круга партнеров-производителей.

Важное достоинство нашего метода работы – комплексный подход: от разработки печатной платы до комплектации, монтажа и наладки модулей.

Характерные черты компании:

– гарантированное качество изготовления;
– конкурентоспособные цены;
– выбор из нескольких вариантов по стоимости и срокам;
– курьерская доставка по Москве и почтовая доставка по России;
– оценка заказа on-line и отслеживание состояние заказа on-line на веб-сайте;
– любые объемы заказа в срок – от нескольких экземпляров до 100.000 дм$^2$;
– независимость от проблем конкретного завода;

ПРОИЗВОДИТЕЛИ

Нашими партнерами являются лучшие отечественные и зарубежные производители печатных плат:

Ульяновск, НПО «Марс»;
Рязань, Рязанский приборный завод;
Брест, фирма Jofre Labrotechnic;
США, фирма Ozark Circuits;
Южная Корея, фирма Shin Bon Eng. Co. Ltd.

## [технология размещения заказа]

### ЧТО ДОЛЖНО СОДЕРЖАТЬСЯ В ЗАКАЗЕ

Принимаются заказы в любом формате – GERBER RS274X, RS274D, CAM350, PCAD 8.5, PCAD 4.5, ACCEL EDA, PROTEL и другие. Предпочтителен формат GERBER.

Для оценки стоимости заказа необходимо прислать по e-mail pcb@pcbtech.ru заполненный бланк заказа, содержащий параметры и количество плат, а также требуемый срок изготовления.

### СРОКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

| количество слоев | типовой | срочный (цена × 1,5) | экспресс (цена × 2) | супер-экспресс |
|---|---|---|---|---|
| ДПП | 4 недели | 3 недели | 2 недели | 1…1,5 недели |
| МПП | 6–8 недель | 3–4 недели | 2 недели | 1,5 недели |

### КАК РАЗМЕСТИТЬ ЗАКАЗ

1. Заказчик передает заполненный бланк заказа (смотри 30-ю страницу) и файлы печатной платы по e-mail, факсу или лично.
2. Менеджер ООО «ПСБ Технолоджи» сообщает заказчику стоимость различных вариантов заказа (по сроку, количеству, наличию электроконтроля и пр.).
3. После того, как заказчик выберет вариант и подтвердит согласие со стоимостью, выставляется счет на оплату, по факсу или e-mail, и оплачивается заказчиком (предоплата 100%). Возможен вариант с заключением договора.
4. Заказчик передает копию платежного поручения по e-mail, факсу или лично и тем самым подтверждает необходимость запуска заказа по имеющимся файлам.
5. Внимание!!! Срок изготовления заказа отсчитывается с момента подтверждения платежа и подтверждения запуска (согласования файлов заказа).
6. После изготовления заказа платы передаются заказчику вместе с накладной, счетом-фактурой и оригиналом счета,

в обмен на доверенность. Доставка по Москве осуществляется бесплатно. Возможна доставка экспресс-почтой по России.

7. Повторный заказ по тем же файлам возможен в течение 1 года.

| УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАКАЗОВ | |
|---|---|
| объем заказа ДПП и МПП | от 4.5 дм$^2$ до 500 000 дм$^2$ в месяц |
| хранение фотошаблонов и программ | шаблоны хранятся в течение 1 года |
| как заказывать повторно по старым шаблонам | присылается тот же бланк заказа, с фразой в начале бланка «повторно без изменений» |
| переделка брака | ДПП – в случае подтверждения претензий по обрывам и замыканиям завод переделывает брак; МПП – то же самое, только если был заказан электроконтроль |

## [параметры производства печатных плат]

| ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ | |
|---|---|
| формат файлов | лучше всего GERBER, RS274X, RS274D; можно PCAD, ACCEL, CAM350, ORCAD, PROTEL и другие |
| количество слоев | от 1 до 42 |
| размер платы | ДПП – до 400 × 560 мм<br>МПП – до 525 × 300 мм<br>поле электроконтроля 325 × 244 мм<br>ДПП и МПП (импортные) – до 600 × 600 |
| проводники/зазоры | минимальное 0,15/0,15 мм, типовое 0,2/0,15 или 0,2/0,2 мм |
| переходные отверстия/площадки | минимальное 0,25 / 0,65 мм, типовое 0,4 / 0,8 мм |
| маска | маска по меди, жидкая фото-проявляемая (LPI) зазор от площадок – 0.1 мм |
| золочение | золочение гальваническое 1,5 мкм по никелю 4 мкм; золочение иммерсионное 0,1 мкм по никелю 2 мкм |
| маркировка | сеткография, цвет белый; минимальная ширина линии 0,15 мм, типовая 0,2 мм |
| лужение | ПОС-61, HAL (выравнивание горячим воздухом) |
| фрезеровка контура и вырезов | станки многошпиндельные, точность фрезеровки +0,1 мм –0,2 мм, min ∅ фрезы 0,8 мм |
| электроконтроль | шаг сетки – 0,62 мм |
| скрайбирование | ширина канавки – от 0.8 мм до 0.4 мм |

| | |
|---|---|
| текстолит FR-4 | 1,6 мм, 2,0 мм, 1,2 мм, 1,0 мм, 0,8 мм (ламинированный фольгой 18 или 35 мкм) |
| фольга | 35 мкм, 18 мкм |
| стеклоткань (препрег) | 0,063 мм, 0,18 мм |
| фото-плоттер | лазерный растровый, любые апертуры; точность 15 микрон |
| сверловка | станки многошпиндельные, точность центрирования металлизированных отверстий ± 0,02 мм, точность центрирования неметаллизированных отверстий ± 0,2 мм |
| тип гальванического процесса | позитивный модифицированный процесс, с использованием олова или золота как резиста при травлении |
| наращивание меди на проводниках | 35 мкм гальванической меди плюс к толщине фольги |
| толщина медной стенки в отверстии | диаметр отверстия на 0,1 мм меньше, чем диаметр сверла |
| подтравливание проводника по ширине | 0,05 мм для фольги 35 мкм; 0,03 мм для фольги 18 мкм |

## [требования к файлам заказа]

БЛАНК ЗАКАЗА

Для любого заказа, в том числе повторного, заполняется бланк заказа (смотри 30-ю страницу). В бланке указывают точные габариты и окончательную толщину платы.

При необходимости изготовления нескольких типов плат комплектом делают совмещение на одной заготовке. Файлы для каждой платы следует готовить отдельно.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СЛОЕВ И НЕГАТИВНЫЕ СЛОИ

В бланке заказа указывают последовательность слоев в структуре МПП и негативные слои (планы питания).

В слоях маски делаются закрашенные области в местах, где требуется удалить маску — на площадках для пайки, на крепежных отверстиях, по контуру платы и вырезам, а также по ножевому разъему (прямоугольная область).

В слоях золочения делается закрашенная область на разъеме.

КОНТУР И ВЫРЕЗЫ

Контур и рисунок внутренних вырезов проводится в отдельном слое линией ≥ 0.2 мм. Фрезеруют по осям линии контура.

Указывается количество и конфигурация внутренних вырезов.

В позитивных слоях контур удаляется – «чтобы не осталось металла по краю платы».

В негативных слоях (планах питания) и слоях маски контур рисуется линией 1 мм или более – «чтобы около среза контура оставалось чистое пространство без маски и без металла».

НЕМЕТАЛЛИЗИРОВАННЫЕ ОТВЕРСТИЯ

Обязательно перечисляются в бланке заказа диаметры неметаллизированных отверстий или номера инструмента для них (T*).

Площадка на крепежное отверстие не ставится – «чтобы рядом с отверстием была область, свободная от металла».

В негативных слоях оттрожение от отверстия должно быть диаметром по крайней мере на 0,6 мм больше диаметра отверстия.

Учтите, что точность совмещение для второй сверловки (т.е. для крепежных отверстий) очень низка, около ±0.2... ±0.3 мм .

В слоях маски на крепежные отверстия тоже надо ставить площадку на 0.5 мм больше диаметра отверстия – «чтобы не было маски около среза отверстия».

### МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫЕ ОТВЕРСТИЯ

В позитивных слоях металла для отверстий, в которых нужна металлизация, площадка обязательно ставится по крайней мере на 0.4 мм больше диаметра отверстия.

В негативных слоях металла, планах питания, если нужен контакт с планом, ставится площадка типа «температурный контакт» (апертура THERMAL) или не ставится ничего, то есть «полный контакт отверстия с планом».

В негативных слоях металла, планах питания, если не нужен контакт с планом, ставится площадка «отторжения» (апертура DONUT или рисуется окружностью с шириной линии 0.2 мм или более) или сплошная круглая площадка – апертура ROUND. Для внутренних негативных слоев предпочтительно использование сплошной площадки ROUND для облегчения травления.

Внимание – внешний диаметр апертуры DONUT или THERMAL должен быть по крайней мере на 0.4 мм больше внутреннего, а тот, в свою очередь, по крайней мере на 0.4 мм больше диаметра сверла, или на 0.5 мм больше диаметра отверстия.

### СВЕРЛОВКА

Формируются отдельные файлы для металлизированных и крепежных (неметаллизированных) отверстий. Принято указывать диаметры отверстий после металлизации, а не диаметры сверл.

### СКРАЙБИРОВАНИЕ

Платы, подлежащие скрайбированию, размещаются на заготовке вплотную. Ширина канавки составляет от 0.4 мм до 0.8 мм, поэтому проводники и полигоны рекомендуется прокладывать на расстоянии не менее 1 мм от контура платы. Линии скрайбирования обычно показывают в отдельном файле (слое).

## [файлы в формате gerber]

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Файлы принимаются в формате **GERBER** RS274D (с отдельным файлом апертур) или, что удобнее, RS274X (со встроенными апертурами). Список апертур является свободным и задается заказчиком в соответствии с дизайном платы.

Большинство САПР позволяет выводить GERBER-файлы при помощи встроенных средств с генерацией таблицы апертур.

Все слои должны быть совмещены в единой системе координат, вид «насквозь» со стороны TOP.

Контур фрезеровки и вырезы должны быть в отдельном файле.

Сверловка должна быть представлена в формате EXCELLON либо GERBER, с указанием диаметров отверстий после металлизации. Программы сверловки металлизированных и неметаллизированных отверстий должны быть в отдельных файлах.

Файлы слоев именуют в соответствии с назначением. Следует перечислить в бланке заказа назначение каждого файла.

ПРИМЕР НАБОРА ФАЙЛОВ GERBER

APR – текст с описанием размеров и формы апертур GERBER
K – контур фрезеровки и внутренних вырезов
T – верхний слой проводников
B – нижний слой проводников
I1 – первый внутренний слой проводников
I2_NEG – второй внутренний слой
(в данном случае – негативный план питания)
MT – верхний слой маски
MT – нижний слой маски
ST – верхний слой маркировки
SB – нижний слой маркировки
GT – верхний слой золочения разъемов
GB – нижний слой золочений разъемов
DRP – сверловка металлизированных отверстий
DRN – сверловка неметаллизированных (крепежных) отверстий

## [файлы в формате pcad]

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Файлы PCAD следует готовить в соответствии с общепринятыми соглашениями и описанием системы PCAD, иначе в бланке заказа необходимо указать особенности использования слоев. Следует перечислить в бланке заказа назначение каждого используемого слоя.

Слои COMP, SOLDER, INT1, INT2, PWR, GND, MSKGTP и MSKGBT не должны содержать изображения для штыревых площадок (оно формируется апертурами при «обувании» проекта, которое происходит при подготовке файлов GERBER для фотошаблонов; при этом используются следующие слои апертур, которые должны быть изначально пусты: FLCOMP, FLSOLD, FLINT, FLSMSK).

К файлу PCAD прилагается сопроводительный текст (или файл .ssf) с описанием диаметра и формы каждой площадки и диаметром отверстия после металлизации. Должно быть отмечено, какие выводы (переходные отверстия) закрыты маской и какие отверстия (крепежные) без металлизации. Эта информация будет использована при «обувании».

ПРИМЕР СЛОЕВ PCAD

BRDOUT – контур фрезеровки и внутренних вырезов
COMP, PADCOM, PINTOP – верхний слой проводников
SOLDER, PADSLD, PINBOT – нижний слой проводников
INT1, PADINT – первый внутренний слой проводников и площадок
PWR, PADPWR – негативный план питания и отторжения в нем
GND, PADGND – негативный план земли и отторжения в нем
INT2, PADINT – второй внутренний слой проводников и площадок
MSKGTP, PADMSK – верхний слой маски
MSKGBT, PADMSK – нижний слой маски
SILKTOP – верхний слой маркировки
SILKBOT – нижний слой маркировки
GLDTOP – верхний слой золочения разъемов
GLDBOT – нижний слой золочений разъемов

## [подготовка gerber-файлов в системе pcad]

1. Файл PCAD должен быть подготовлен в соответствии с общепринятыми соглашениями. Проводники отрисованы в слоях COMP, SOLDER, INT1 и т.д. Негативные слои питания – PWR, GND и т.д. Планарные площадки отрисованы в библиотечных компонентах командой FREC, в слоях PINTOP и PINBOT, и соответственно маска для них в MSKGTP и MSKGBT. Полигоны выполнены ненулевой апертурой.

2. Текстовым редактором создайте файл *.ssf – список соответствия выводов и файлов площадок *.ps. Название файла *.ps должно отражать форму и размер площадки, например:

```
0 * v56.ps % переходное отверстие диаметром 56 mil;
5 * c60.ps % круглая площадка диаметром 60 mil;
6 * s60.ps % квадратный вывод размером 60 mil.
```

3. Определите список всех площадок, вырезов в маске и отторжений в негативных слоях, их размеры и форму и присвойте каждому уникальный номер апертуры. Определите список используемых линий для проводников и полигонов и присвойте каждому размеру уникальный номер.

4. Программой PCCARDS в режиме SYMB создайте файлы *.ps для каждой конфигурации и размера площадок. В каждом файле *.ps ввести в координатах 0:0 апертуру командой DRAW/FLASH, задав уникальный номер апертуры, свой для каждого размера. Апертуры ставятся в каждом требуемом слое: FLCOMP (верх), FLSOLD (низ), FLINT (внутренние слои проводников), PWR (негативный слой питания), GND (негативный слой земли), FLSMSK (маска). Для переходных отверстий апертуру в слое FLSMSK не ставить. Для выводов, подключаемых к негативному плану питания, апертуру этом слое не ставить. Если необходимо подключение к плану через «термальный контакт», поставить апертуру с соответствующим номером.

5. Загрузите файл платы в программу PCCARDS. Загрузите файл *.ssf командой SCMD/GSSF («обуть» проект).

6. Сделайте видимыми только те слои, которые должны быть видимы в данном слое печати. Например:

   COMP, PINTOP, FLCOMP – для верхнего слоя проводников;
   FLSMSK, MSKGTP – для слоя верхней маски

Выполните команду SYS/PLOT, указав областью отрисовки левый нижний и правый верхний угол платы. Указывать область следует точно, предварительно задав сетку, достаточную для указания углов платы, либо непосредственно вводя координаты с клавиатуры. Вводите имя выходного файла, отражающее наименование слоя печати. Например: T.PLT для слоя TOP.

Выполняйте пункт 6 для всех слоев печати.

7. Запустите программу PCPHOTO. Сконфигурируйте программу «Configure PC-PHOTO», задав следующие параметры:

---

default plotter: Gerber laser model 1636 (1638)
output device: Disk
system setting: Us
polygon crosshatch aperture: 0.004"
polygon crosshatch spacing: 0.004"

---

Остальные параметры по умолчанию.

8. Отредактируйте список апертур PCPHOTO: «Edit aperture list» в соответствии с подготовленным списком уникальных апертур для линий (line) и площадок (flash).

9. Создайте файл слоя печати: «Run PC-PHOTO», задав следующие параметры:

---

coordinate mode: Absolute
coordinate m.n format: Integer digits: 2, fractional digits: 3
plot window: 0", 0", x размер платы, y размер платы
plot orientation:normal
scale factor: 1
plot image: Normal

---

Повторяйте пункт 9 для всех слоев печати.

## [технология изготовления]

Канули в прошлое времена, когда радиолюбители с горящими глазами ваяли печатную плату на коленке, высверливая отверстия ручной микродрелью и проводя дрожащей рукой неровные дорожки при помощи шприца с цапон-лаком. Уже не восстановить древнее искусство разведения хлорного железа на глаз в нужной пропорции, с точностью до долей процента.

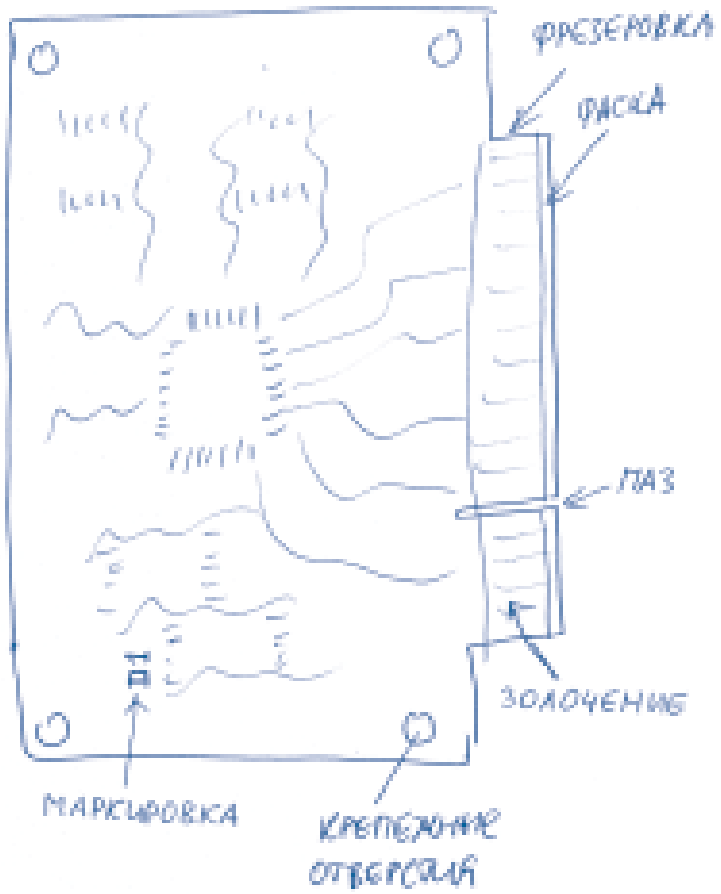
Ныне множество заводов и мини-«пекарен» по производству печатных плат предлагают свои услуги, и это хорошо, ибо качество печатной платы и внешний вид поднимаются на все более высокий уровень. И бывает так, что произведения ведущих отечественных предприятий порой находятся на уровне лучших зарубежных образцов, а порой и превосходят их по некоторым параметрам.

Из чего же состоит эта пресловутая печатная плата, без которой не обойтись ни в одном изделии радиоэлектроники?

Сердцем печатной платы является подложка из стеклотекстолита, или, иными словами, из диэлектрика, представляющего собой спрессованные листы стеклоткани, пропитанной эпоксидным компаундом. Есть отечественные заводы, производящие стеклотекстолит, некоторые выпускают его из своего сырья, другие закупают пропитанную стеклоткань за рубежом и только прессуют ее. Однако людская молва гласит, что наилучшее качество имеют платы, изготовленные на импортном текстолите – их и не коробит, и медная фольга не отслаивается, и сам текстолит не расслаивается и не выделяет газы при нагреве.

Поставляют импортный текстолит в Россию несколько фирм, и для двухсторонних плат наиболее популярным является текстолит типа FR-4. Это не есть коммерческое название текстолита от определенного производителя – имя FR-4 является обобщенным названием для материала, который соответствует набору свойств, определенному стандартизующей организацией.

Печатная плата, внешний вид



Для двухсторонней платы используется стеклотекстолит, уже покрытый с двух сторон медной фольгой, из которой впоследствии и изготавливаются проводники. Словно скульптор, изготовитель печатной платы удаляет лишнее, стравливая медь, и остается только проводящий рисунок медных проводников, рисунок, который предварительно наносится на поверхность медной фольги и защищает ее участки.

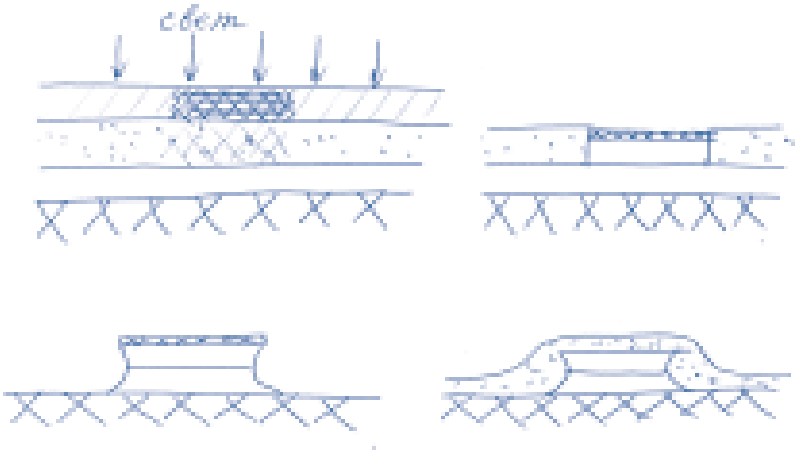
Для защиты участков меди используют химически пассивные вещества – олово или же золото. На рисунке 1 показано, как после травления выглядит сечение медного проводника – оно имеет форму трапеции, так как агрессивное вещество постепенно «съедает» наружные слои меди, прокрадываясь под защитный материал.

Отдельный интерес представляет сам процесс нанесения рисунка на печатную плату. Есть современные способы формирования рисунка непосредственно на поверхности платы, но они либо очень медленны, либо дороги, поэтому стоит ограничиться описанием традиционного метода. Итак, рисунок проводников отображается на фотопленке при помощи фото-плоттера – устройства, родственного лазерному принтеру, но имеющего существенно более высокую точность. Полученный лист фотопленки используют в качестве шаблона для нанесения рисунка на плату. Сперва на медную поверхность наносится слой фоторезиста, имеющего свойство полимеризоваться на свету, затем через фотошаблон засвечивается рисунок, и затем фоторезист проявляется и смывается только в тех местах, где он не был засвечен. Итак, открытыми оказались только участки, где должны остаться медные проводники. Осталось только гальванически нанести слой олова или золота на открытые участки меди и затем специальным раствором смыть остатки фоторезиста.

«Да» – скажет внимательный читатель – «но мы забыли про переходы со слоя на слой и про отверстия для монтажа». И правда, современные сложные схемы не выполнить без про-

Сечение проводника

Формирование изображения

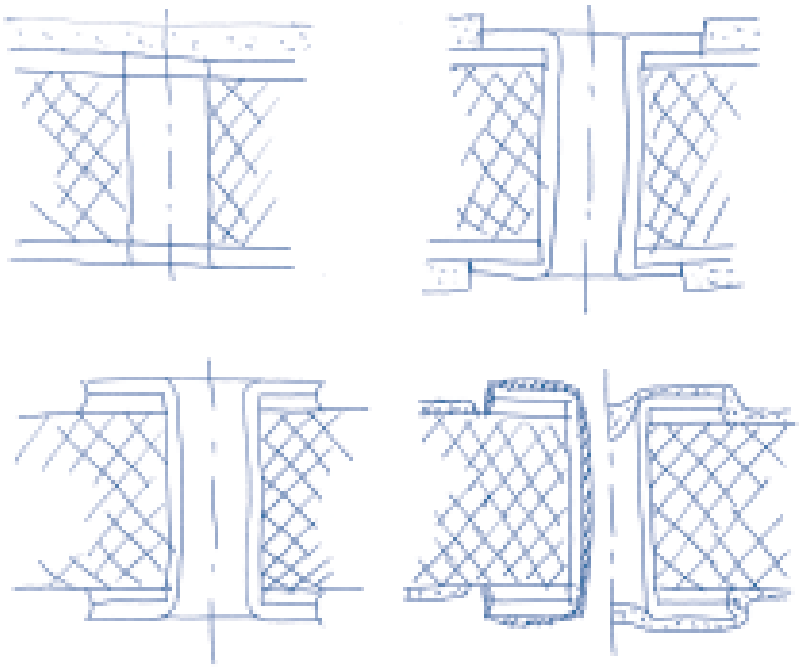


водников, многократно переходящих с верхнего слоя платы на нижний и обратно. Современные компоненты не смонтировать в отверстия, не имеющие внутренней металлизации, особенно при серийном выпуске изделий. Методика формирования таких отверстий следующая: перед нанесением рисунка плата проходит этап сверловки всех отверстий, подлежащих металлизации. Затем отверстия специальным образом химически подготавливаются к осаждению металла – происходит очистка, выравнивание и «активация» внутренней поверхности отверстий.

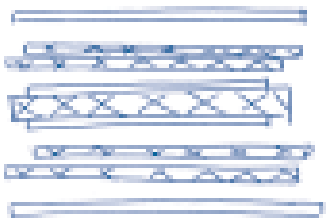
Гальваническое осаждение меди на внутренние стенки отверстий выполняется уже после проявления и смывания фоторезиста с рисунка проводников, поэтому медь осаждается не только внутрь отверстий, но и на поверхность открытых проводников. Следовательно, защитный слой перед травлением наносится уже поверх гальванически осажденного слоя меди, и после травления толщина проводников составляет совокупную толщину медной фольги и слоя гальванической меди.

Таким образом, весь процесс изготовления печатной платы с проводящим медным рисунком нам ясен. После смывания остатков фоторезиста, как правило, на плату наносится паяльная маска – слой, предназначенный для защиты рисунка проводников от попадания припоя и флюса при пайке, а также для защиты рисунка проводников от перегрева. Нанесение маски делается способом, похожим на описанный выше – при помощи фотошаблона с рисунком площадок открытые участки фотопроявляемого слоя маски засвечиваются и полимеризуются, а места с площадками для пайки оказываются незасвеченными и вскрываются из-под маски. Маска закрывает проводники и оставляет открытыми площадки и ножевые разъемы. Современное производство, как правило, выполняет еще один промежуточный химический процесс – снятие защитного слоя олова перед нанесением маски. Делается это для того, чтобы остатки олова под маской не вспучивались при нагревании платы в процессе пайки.

Сечение отверстия

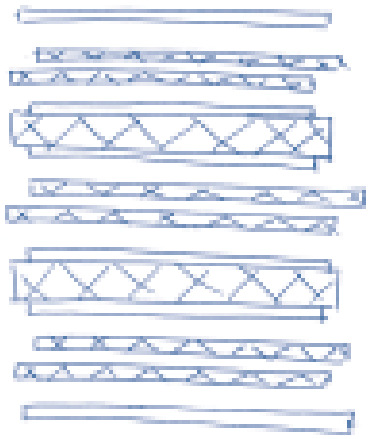


'Бутерброд' МПП



4 слоя

6 слоев



На готовой печатной плате, защищенной паяльной маской, площадки для пайки покрываются оловянно-свинцовым припоем (как правило, ПОС-61 или ПОС-63). Наиболее современный процесс – это горячее лужение с выравниванием воздушным ножом (HAL – hot air leveling). Плата погружается на короткое время в расплав припоя, затем поднимается, и направленной струей горячего воздуха продуваются металлизированные отверстия и снимаются излишки олова с площадок.

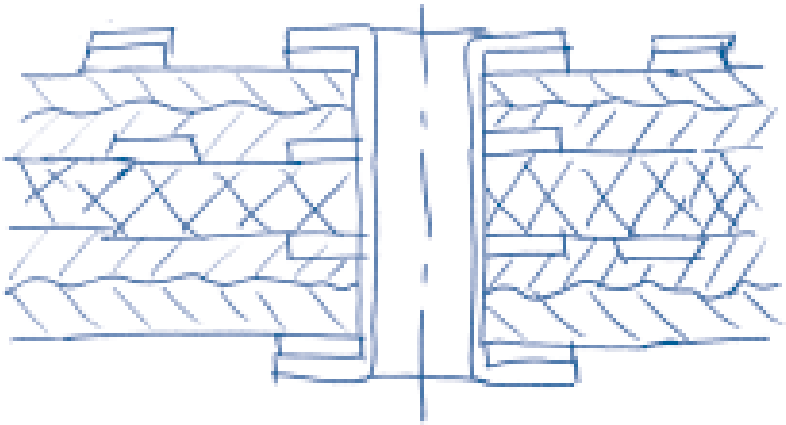
После покрытия припоем в печатной плате просверливают крепежные отверстия (отверстия, в которых не должно быть внутренней металлизации), затем фрезеруют плату по контуру, вырезая ее из заводской заготовки, и передают на конечный контроль.

Дело сделано, после визуального просмотра платы запечатываются в вакуумную или иную упаковку, снабжаются биркой и отгружаются на склад.

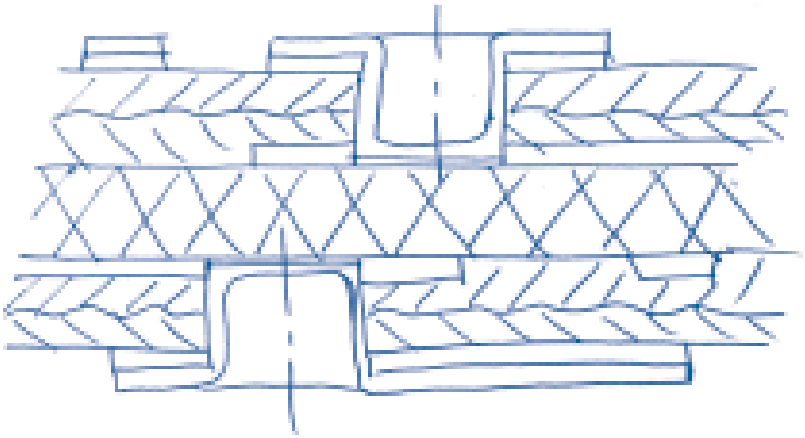
Многослойные печатные платы «пекутся» немного более сложно – они представляют собой слоеный пирог из двухсторонних плат, между которыми проложены прокладки из стеклоткани, пропитанной в эпоксидной смоле (этот материал называется препрег). После выдерживания такого пирога под прессом при высокой температуре мы получаем многослойную заготовку с готовыми внутренними слоями, и затем эта заготовка проходит все те же операции, что и двухсторонняя плата. Заметим, что типовая структура такой платы предполагает наличие дополнительных слоев фольги в качестве наружных слоев. То есть для 4хслойной платы, например, мы берем двухстороннее ядро и два слоя фольги, а для шестислойной платы – два двухсторонних ядра и два слоя фольги снаружи.

Особый класс многослойных плат – платы с несквозными межслойными переходными отверстиями – «слепыми» и «скрытыми». Такие платы позволяют реализовать гораздо более плотную разводку схемы, но значительно дороже в производстве.

Сечение МПП



"Слепое" отверстия



## [структура печатной платы]

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

| № | параметр | min | типовое | max |
|---|---|---|---|---|
| A | диаметр отверстия | 0,3 мм | 0,5 мм | — |
| B | диаметр площадки | 0,6 мм | 0,85 мм | — |
| C | ширина проводника | 0,15 мм | 0,2 мм | — |
| D | зазор | 0,15 мм | 0,2 мм | — |
| E | ширина линии маркировки | 0,2 мм | 0,25 мм | — |
| F | отторжение для маски | 0,05 мм | 0,1 мм | — |

ПАРАМЕТРЫ МАТЕРИАЛОВ ДПП

| № | параметр | min | типовое | max |
|---|---|---|---|---|
| H | толщина текстолита | 0,5 мм | 1,6 мм | 2 мм |
| I | толщина слоя маски | 25 мкм | 30 мкм | 35 мкм |
| J | толщина фольги | 18 мкм | 35 мкм | 35 мкм |
| K | толщина металлизации | 25 мкм | — | 50 мкм |

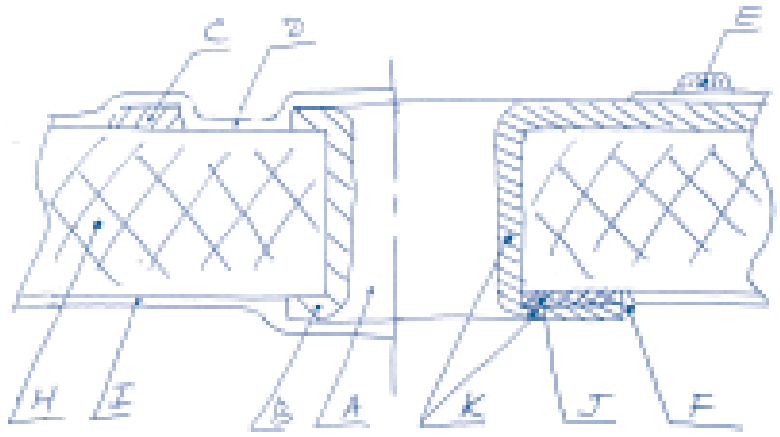
ПАРАМЕТРЫ МАТЕРИАЛОВ МПП

| № | параметр | возможные значения |
|---|---|---|
| A | толщина ядра | 0,27, 0,35, 0,51, 0,8, 1,2 мм |
| B | толщина препрега | 0,018, 0,035 мм |
| C | толщина фольги | 0,018, 0,035 мм |

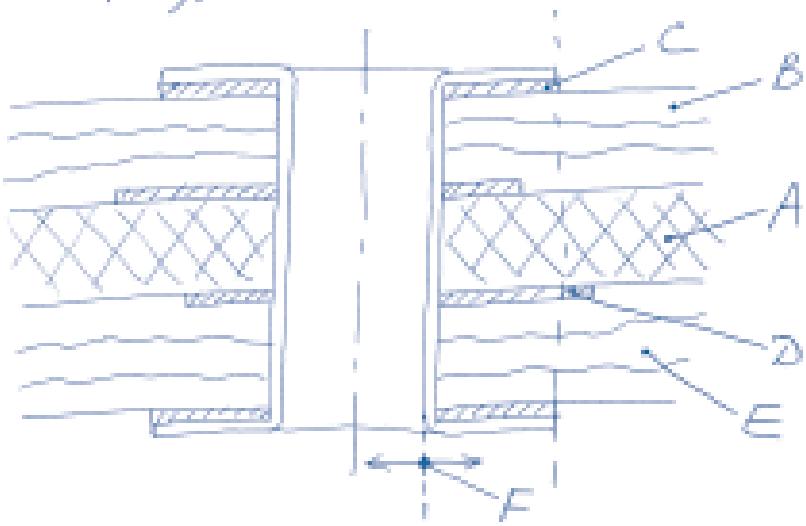
ДОПУСКИ И ОТКЛОНЕНИЯ МПП

| № | параметр | min | типовое | max |
|---|---|---|---|---|
| D | «уход» внутреннего слоя металла | — | 0,05 | 0,15 |
| E | неравномерность толщины внутреннего слоя диэлектрика | | | |
| F | «уход» центровки отверстия | | | |

Структура ЭПП, рисунок




Структура МПП



## [особенности проектирования элементов печатной платы]

### ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Размеры элементов платы должны соответствовать требованиям ГОСТ 23751 для 4-го класса точности. Для некоторых элементов возможно изготовление по 5-му классу точности.

Типовая толщина платы ДПП, МПП 4-слойной и 6-слойной – 1,6 мм с учетом маски.

### ПЕРЕХОДНЫЕ ОТВЕРСТИЯ И ПРОВОДНИКИ

Зазоры-проводники – типовое значение 0,2 мм, минимальное – 0,15 мм. Оптимально использовать проводник 0,2 с зазором 0,15 мм, тогда после подтрава останется толщина проводника 0,15 мм и зазор 0,2 мм.

Следует избегать острых углов (смотри рисунок).

Переходные отверстия – типовое значение 1,0 мм (отверстие 0,5 мм, сверло 0,6 мм), минимальное – 0,65 мм (отверстие 0,2 мм, сверло 0,3 мм).

Сквозные отверстия – надо делать диаметр площадки на 0,4...0,6 мм больше, чем диаметр отверстия.

Для уменьшения вероятности срыва гарантийного пояска рекомендуется в месте присоединения проводника к площадке делать каплевидное утолщение (смотри рисунок).

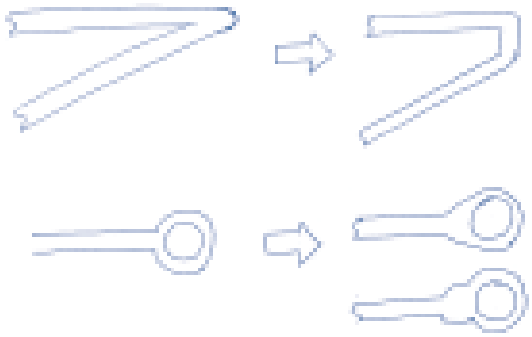
### ПЛАНАРНЫЕ ПЛОЩАДКИ

Увеличение диаметра выреза в маске относительно диаметра площадки надо делать – 0,1...0,2 мм, т.е. по 0,05...0,1 мм с каждой стороны. Оптимально – по 0,1 мм с каждой стороны. Минимальная ширина полоски паяльной маски между площадками — 0,15 мм (смотри рисунок).

Подсоединение к полигону следует делать не сплошным контактом, а через поводники с зазором, предотвращающим отток тепла от площадки при монтаже (смотри рисунок).

Проводники и зазоры

Проводники



Площадки контактов

Подсоединение к плату питания

## [особенности разработки мпп]

### ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

На рисунке приведен пример выполнения различных элементов внутренних слоев МПП.

Внутренние площадки в многослойной плате надо делать на 0,6...0,8 мм больше, чем диаметр отверстия.

Отторжение плана питания от площадки во внутренних слоях – не менее 0,2 мм с каждой стороны площадки.

Отторжение плана питания от отверстия – не менее 0,4 мм с каждой стороны отверстия.

Для уменьшения деформации печатной платы необходимо добиться максимальной симметричности рисунка и структуры внутренних слоев.

### СЛЕПЫЕ И СКРЫТЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ОТВЕРСТИЯ

«Слепые» отверстия позволяют создать контакт между наружним и одним из внутренним слоями. Скрытые отверстия обеспечивают контакт между внутренними слоями.

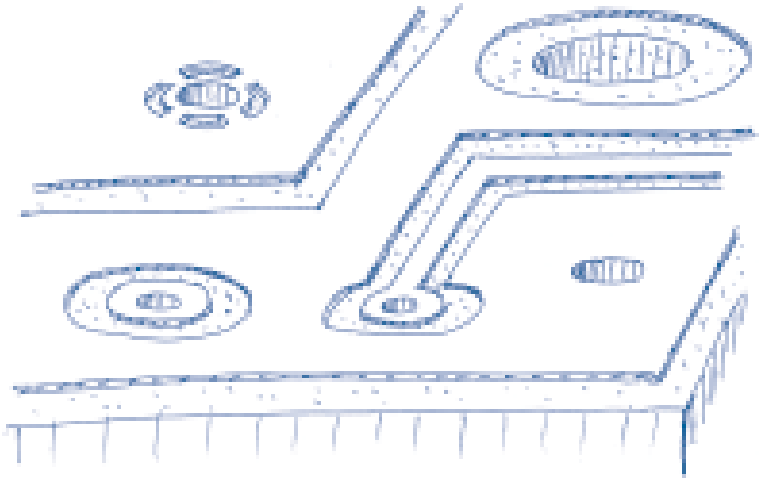
Для «слепых» отверстий, изготавливаемых сверлением с контролем глубины (тип D и E), соотношение диаметра и глубины должно быть не менее чем 1:1

Нормы проектирования для отверстий, изготовленных методом сверления и металлизации отверстий на заготовках (тип B и C), такие же, как и для сквозных отверстий.

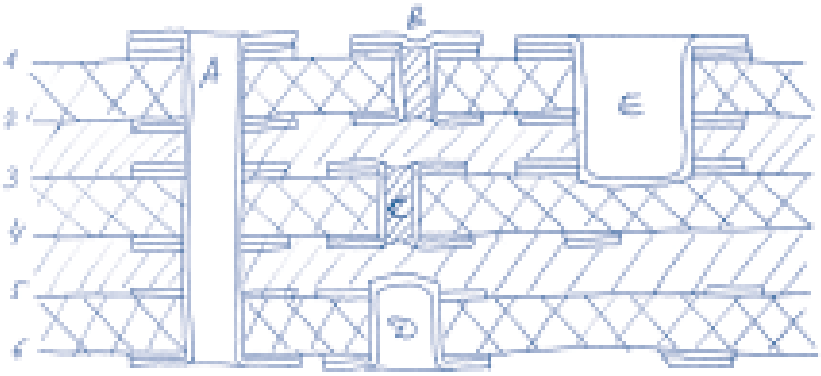
По конструкции печатной платы со «слепыми» и скрытыми отверстиями следует обязательно консультироваться с технологами завода-изготовителя.

По углам МПП следует предусмотреть крепежные отверстия диаметром от 2 мм до 4 мм для проведения электроконтроля.

Планы помещения в МПП



Схемы и скрытые отверстия



## [дополнительные рекомендации]

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАТ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНТАЖА

Платы, предназначенные для автоматизированного монтажа, размещают на многоместных заготовках с полями. Разделение плат производится скрайбированием или фрезерованием с перемычками между платами.

Ширина полей составляет от 7 до 10 мм. По углам заготовки (или платы, если она имеет большие габариты) размещаются крепежные отверстия диаметром 3 мм на расстоянии 5 мм от края и реперные знаки (площадка диаметром 1,5 мм с освобождением из-под маски диаметром 3 мм).

Около микросхем с мелким шагом выводов также устанавливаются реперные знаки, обеспечивающие позиционирование автомата, устанавливающего компоненты.

### КОРПУСА BGA

Для корпуса BGA характерно очень близкое расположение КП, что не позволяет подвести проводники ко всем площадкам с использованием типовых норм. Нормы для BGA 1 мм и BGA 0,8 мм приведены в таблице:

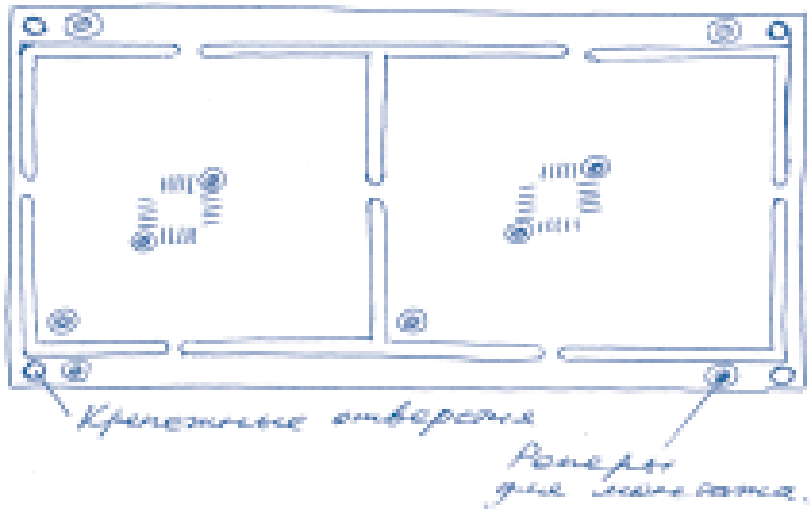
| № | параметр | BGA 1 мм | BGA 0,8 мм |
|---|---|---|---|
| A | площадка | 0,6 мм | 0,35 мм |
| B | зазор в маске | 0,1 мм | 0,1 мм |
| C | полоска маски | 0,2 мм | 0,25 мм |
| D | диаметр перехода | 0,5 мм | 0,48 мм |

Иногда применяют не отторжение, а «сужение» маски, когда она частично закрывает площадку (смотри рисунок).

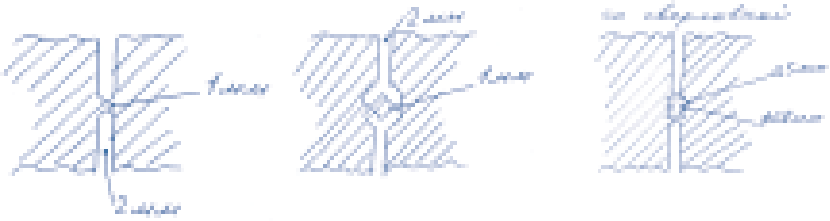
### КАРБОНОВАЯ ПАСТА

Нормы проектирования для карбоновых площадок под контактные поля – минимальная ширина штриха и минимальный зазор 0,3 мм, уширение карбоновых площадок относительно рисунка металлизации – 0,3 мм.

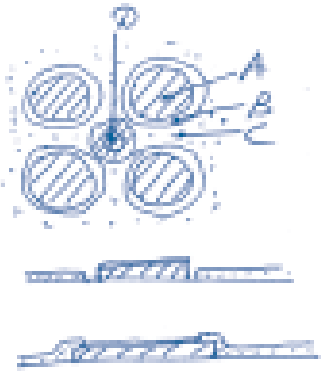
Размещение мест на заготовке



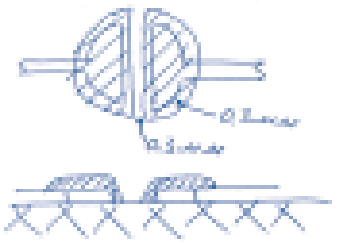

Перемычки




BGA




Карбоновые листы



## [бланк заказа печатных плат]

| | | |
|---|---|---|
| Заказчик | | |
| Название фирмы – заказчика | | |
| Телефон | | |
| Факс | | |
| E-mail | | |
| Контактное лицо | | |
| Лицо, заполнившее бланк заказа | | |
| Дата заполнения заказа | | |
| Где требуется изготовление | | |
| Название файла платы: | плата 1 | плата 2 |
| Повторный без изменений, да/нет | | |
| Название базовой платы при совмещении заказов на заготовке | | |
| Срок, недель (6 для МПП, 4 для ДПП) | | |
| Количество плат, шт. | | |
| Единицы измерения (только для PCAD – мм, дюйм, псевдодюйм) | | |
| Точный габарит по X, мм | | |
| Точный габарит по Y, мм | | |
| Толщина, мм (типовая 1,6; 0,8, 1,2, 2,0 – с доплатой и увеличением сроков ) | | |
| Формат (GERBER, ACCEL, PCAD, PCAD8) | | |
| Количество слоев (2, 4, 6, 8) | | |
| Маска по меди, да/нет | | |
| Количество сторон маркировки | | |
| Площадь золочения, мм$^2$ (ISA – 600, PCI – 800) | | |
| Электроконтроль, да/нет | | |
| min зазоры, мм | 0,2 | |
| min проводники, мм | 0,2 | |
| min мет. отверстие, мм | 0,3 | |
| Площадка у min мет. отверстия, мм | 0,7 | |
| Толщина фольги, мкм (18/35) | 35 | |

| | | |
|---|---|---|
| Список неметалл. отверстий, мм | нет | |
| Внутренние вырезы, да/нет | нет | |
| Фаска 30° на разъеме, да/нет | нет | |
| Зенковка, да/нет, описание | нет | |
| Акт ОСК (с увеличением сроков) | нет | |
| Штамп ОСК, зав. № и дата изготовления (указать место на плате) | нет | |
| Планируется ли повторный заказ, шт. | | |
| Другие особенности | | |
| Программа сверловки содержит ∅ сверл или отверстий? | ∅ отв. | |
| Допуск толщины платы, мм | ± 0,15 | |
| Допуск фрезеровки контура, мм | –0,2 | |
| Допуск диаметров после металлизации | ±0,05 мм | |
| Допуск центровки мет. Отв. | ±0,02 мм | |
| Допуск центровки немет. Отв. | ±0,2 мм | |
| Допуск ширины проводников, мм | –0,05 | |
| Радиус внутренних углов не более | 1,0 мм | |

БЛАНК ОПИСАНИЯ ФАЙЛОВ (СЛОЕВ) ЗАКАЗА

| | | |
|---|---|---|
| Border (контур и вырезы): | | |
| Top gold (трафарет золочения): | | |
| Top silkscreen (маркировка): | | |
| Top mask (маска): | | |
| Top (металл): | | |
| Int1 (внутренний слой 1) | | |
| Int2 (внутренний слой 2) | | |
| Int3 (внутренний слой 3) | | |
| Int4 (внутренний слой 4) | | |
| Bottom (металл): | | |
| Bottom mask (маска): | | |
| Bottom silkscreen (маркировка): | | |
| Bottom gold (трафарет золочения): | | |
| Drill (сверловка, формат exellon): | | |
| Drillunplated (сверловка неметаллиз.): | | |

## [наши координаты]

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

Москва, 109029, Покровский бульвар, д. 3, офис 257

ООО «ПСБ Технолоджи»

ТЕЛЕФОН/ФАКС (МНОГОКАНАЛЬНЫЙ)

(+7 095) 748 0368

ЭЛЕКТРОННАЯ ПОЧТА

pcb@pcbtech.ru

ВЕБ-САЙТ

Http://www.pcbtech.ru

ПРОЕЗД

метро «Чистые пруды», далее примерно семь минут пешком или три остановки на трамвае (до остановки «Казарменный переулок»).