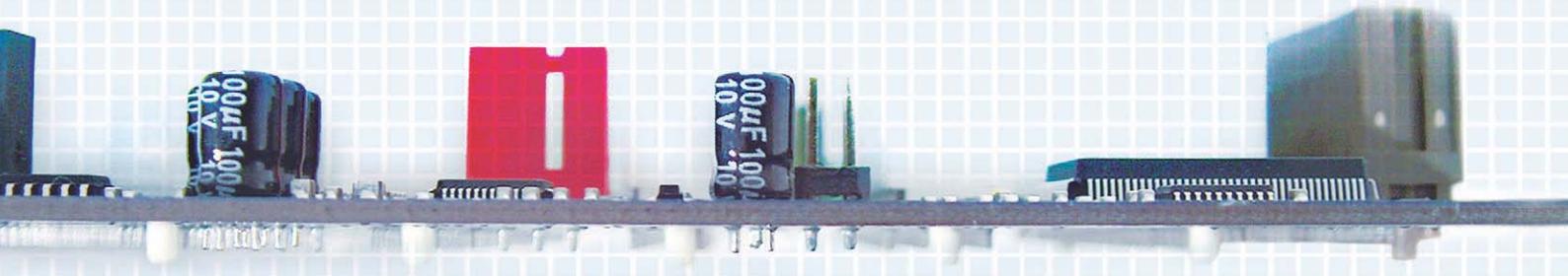


Производство материнских плат



Рождение матери



▲ На торце материнской платы можно увидеть, что она состоит из нескольких слоев стеклотекстолита

Приобретая новую материнскую плату, многие любопытные пользователи задаются вопросами: «А как же ее изготавливают?», «Какие материалы при этом используют?» и т. п. Мы попытаемся рассказать об основных технологических процессах и этапах производства печатных плат.

Для большинства обладателей современных персональных компьютеров процесс изготовления материнских плат, как, впрочем, и многих других компонентов, покрыт завесой тайны. А ведь он включает в себя очень много интересных с технической точки зрения задач. Конечно, достаточно сложно рассмотреть весь технологический цикл и рассказать обо всех возникающих проблемах в одной статье, поэтому мы затронем лишь основные аспекты произ-

водства печатных плат и постараемся в основном обратить внимание на возможность изготовления подобных устройств на территории России.

Подготовка производства

Первым делом необходимо создать электронный макет разрабатываемого устройства. Такую возможность конструкторам предоставляют современные средства автоматизированного проектирования (САПР), которые не только создают эле- »

» тронную модель печатного узла, но и позволяют в режиме реального времени показать все временные диаграммы процесса, произвести трассировку, а также скорректировать полученные режимы работы. Подобные системы, к которым можно отнести такие программные продукты, как OrCAD, Accel EDA, P-CAD, заметно ускоряют процесс разработки материнских плат, а также удешевляют конечную стоимость продукта, так как исключается процесс изготовления макетного образца устройства, как это происходило на заре развития компьютерной техники.

К сожалению, аналогичных разработок отечественных программистов не существует, и поэтому приходится для описания электронной модели печатного узла использовать представленные выше зарубежные программы.

С помощью данных систем разработчик на экране компьютера может расположить используемые электронные компоненты. И это не так легко, как может показаться на первый взгляд, ведь надо постараться разместить огромное количество элементов на относительно малой площади, задать необходимые связи (в будущем — металлические проводники) между ними и при этом добиться их корректной работы.

На следующем этапе разработчик должен смоделировать работу материнской платы в используемой программной среде. Этот процесс довольно долгий и требует привлечения больших вычислительных мощностей, ведь нужно математически просчитать поведение каждого используемого элемента при возникновении импульса на нем. Результатом выполнения данной операции может являться построение необходимого количества графиков (временных диаграмм), на которых изображены, например, падения напряжений на интересующих элементах в любой промежуток времени. Для грамотного конструктора подобная информация является очень важной, если не сказать первостепенной, по которой он может оценить корректность работы разрабатываемого узла.

Когда разработчик убедился в правильности работы будущей материнской платы и исправил все возникшие ошибки, можно приступать к сложнейшему и

трудоемкому процессу трассировки, или разводки печатного узла. Безусловно, каждый пользователь обращал внимание на огромное количество проводников на плате, а ведь конструктору на этапе трассировки необходимо добиться того, чтобы они не пересекались между собой, иначе неизбежны ошибочные импульсы, которые могут привести к неработоспособности платы. Еще одной сложной задачей является минимизация длины металлических проводников, ведь от этого зависит время прохождения сигнала.

Для современных материнских плат с огромной степенью интеграции, то есть с большим количеством элементов на единице площади, для правильного размещения проводников порой бывает недостаточно даже двух сторон предполагаемой платы.

Решением данной проблемы стало использование в конечном изделии нескольких слоев (порядка 4—6, хотя возможно и использование тридцати), то есть разработчик не ограничен только одной плоскостью печатного узла и может разместить часть проводников на других листах стеклотекстолита (основа печатной платы), которые впоследствии жестко скрепляются друг с другом вакуумным прессованием. Связь между слоями осуществляется посредством специальных металлизированных отверстий, которые в большом количестве расположены на материнской или любой другой плате.

Конечно же, использование многослойных изделий делает их неремонтопригодными при перегорании металлического проводника на каком-либо внутреннем слое, но в настоящее время применение подобного решения является единственным выходом для правильной трассировки платы.

Именно этот этап во многом определяет качество конечного продукта, и поэтому аналогичные изделия, по-разному «разведенные», могут показывать совершенно несовпадающие технические характеристики.

После выполнения операции трассировки разработчик получает послойные шаблоны размещения проводников, контактных площадок (на которых впоследствии будут размещены реальные электронные компоненты при поверхностном монтаже), а также необходимых кре-



Глоссарий

Трассировка (разводка) печатного узла — размещение проводников на указанной площади при условии их непересечения, а также минимума длины.

Фоторезист — светочувствительный материал, который под воздействием светового потока через шаблон затвердевает и формирует защитный рельеф.

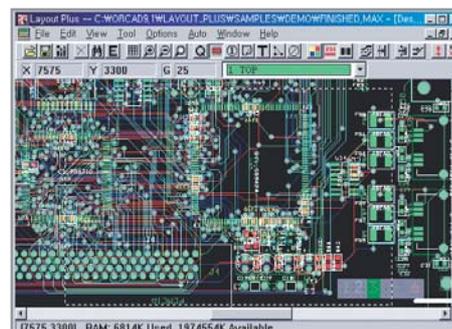
Металлорезист — металлическое покрытие, защищающее проводники при травлении.

пежных, металлизированных, монтажных (используемых для закрепления будущей материнской платы на координатном столе при автоматизированной сборке) или других необходимых отверстий и разъемов. Полученные шаблоны необходимы при формировании собственно рисунка печатной платы.

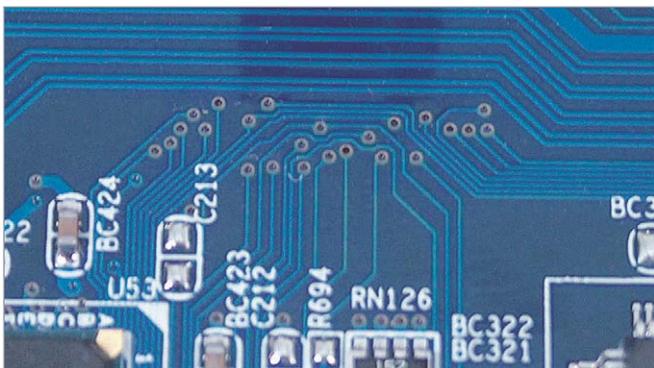
Изготовление печатных плат

Следующим этапом производства материнских плат является процесс изготовления самой печатной платы по полученным ранее шаблонам.

Основу любого современного печатного узла составляет покрытый с обеих сторон медной фольгой стеклотекстолит, который представляет собой спрессованные листы стеклоткани, пропитанные специальным полимерным материалом (эпоксидной смолой). Некоторые производители в состав стеклотекстолита могут »



▲ Пример проектирования печатной платы в пакете OrCAD



◀ **Металлизованные отверстия являются связующим звеном между слоями материнской платы**

» добавлять различные добавки, которые, никак не влияя на диэлектрические свойства, придают ему какой-либо цвет.

Первым шагом на пути изготовления материнской платы является сверление в плоскости стеклотекстолита металлизированных отверстий. Даже такой, казалось бы, примитивный процесс требует применение сложного технологического оборудования и огромных усилий. Ведь при автоматизированной сборке любое, даже самое минимальное отклонение положения координаты отверстия, как, впрочем, и любой другой проводящей части (контактной площадки), играет очень серьезную роль. Например, предельные отклонения между центрами монтажных отверстий составляют не более $\pm 0,05$ мм, а между осями контактных площадок не более ± 1 мм. Чтобы добиться такой высокой точности, крупные производители могут, например, использовать станки с рентгеновским наведением, которые наводят

сверло на необходимую координату после сканирования поверхности будущей печатной платы рентгеновским лучом. Есть также лазерное и другие типы наведения.

Затем проводится металлизация необходимых отверстий, например, используемых для связи между слоями. Одним из распространенных методов металлизации является химико-гальванический, основанный на осаждении необходимого металла на стенках отверстий под действием электрического тока (ранее были и другие способы, но они сейчас уже практически не применяются). Толщина полученного на данном этапе слоя металла очень важна, так как от этого зависит надежность межслойного контактирования, и она, как правило, составляет 25-30 мкм. Поэтому при изготовлении печатных плат обязательно применяются специальные, довольно сложные методы контроля толщины металлизации.

Для получения проводников на поверхность фольгированного стеклотекстолита наносят слой фоторезиста, который впоследствии засвечивается через шаблон, полученный на этапе подготовки производства. Затем фоторезистивный материал проявляется. Вследствие того что на шаблоне проводники непрозрачны, незасвеченным остается только необходимый рисунок печатной платы. После этого с поверхности стеклотекстолита необходимо смыть незасвеченный фоторезист, оставляя открытыми только участки с необходимыми медными проводниками.

Далее на полученные медные проводники наносят слой металлорезиста гальваническим осаждением олова. Затем смывают остатки фоторезистивного материала и раствором щелочи стравливают незащищенную оловом медь. На поверхности стеклотекстолита получается точная копия рисунка медных проводников, полученных на этапе трассировки платы.

Но и на этом, казалось бы, заключительном этапе процесс изготовления печатной платы не завершён. Необходимо еще удалить оставшийся слой олова и нанести на печатный узел слой прочного материала (паяльную маску), который защитит проводники от перегрева и попадания на них флюса при последующей пайке. Процесс нанесения паяльной маски полностью идентичен нанесению фоторезистивного материала, открытыми остаются только контактные площадки.

Теперь, после сверления монтажных неметаллизированных отверстий и контроля необходимых параметров, готовый печатный узел можно передать на следующий этап производства.

Безусловно, существуют и другие, альтернативные способы изготовления печатных плат. Например, можно сразу же гравировать на поверхности фольгированного стеклотекстолита проводники специальной фрезой или лазером, исключив таким образом довольно сложные и вредные химические процессы. Но представленные методы не годятся при конвейерном производстве материнских плат, так как резец, используемый для гравировки медных проводников, довольно быстро стачивается. А при использовании лазера тонкие проводники с краев подгорают, что очень плохо влияет на надежность и электрические параметры конечного изделия. »

Использование драгметаллов при производстве

Элементы роскоши

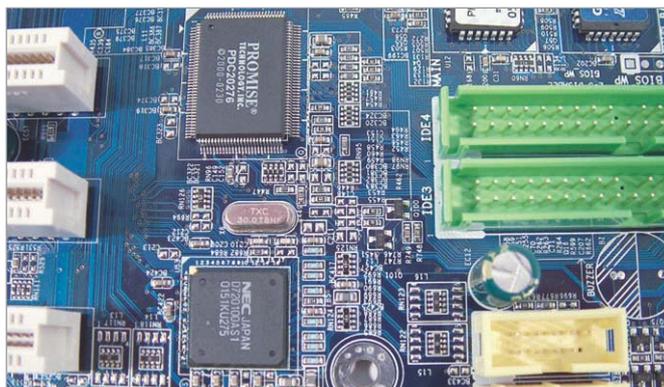
У некоторых материнских плат, предлагаемых рядом производителей, характерной особенностью является использование на контактах золотого покрытия. В первую очередь это вызвано тем, что золото является уникальным металлом, который имеет свойство не окисляться. Эта особенность уже довольно давно используется военными в наиболее критических узлах электронной техники, в которых недопустимы сбои и ложные срабатывания. Бытует ошибочное мнение, что при контактировании золота с другим металлом (например, в случае, если контакты памяти выполнены из недорого-

ного металла, а в ответной части используется золотое покрытие, в месте их соприкосновения реакция окисления будет проходить быстрее, чем при использовании однородных металлов. В связи с тем, что золото является абсолютно нейтральным и не подверженным указанному выше процессу материалом, применение его совместно с другими металлами абсолютно безопасно. Также встречаются и посеребренные платы, примером чему может случить продукция фирмы Triplex. По их заверениям, серебряное покрытие способствует лучшему охлаждению платы, что в принципе верно.

» Конечно же, технологический процесс изготовления печатных плат может отличаться у разных производителей. Например, некоторые предлагают использовать сухие способы отмывки фоторезиста, что намного улучшает экологическую обстановку при подобном вредном химическом производстве. Существует и масса других отличий, но описанный выше процесс является наиболее распространенным. В России довольно большое число предприятий используют именно этот метод производства, и большинство из них способны изготовить печатные узлы не хуже западных аналогов.

Сборка печатных узлов

При рассмотрении заключительного этапа изготовления материнских плат основное внимание мы уделим применяемым методам сборки в нашей стране на существующем отечественном оборудовании. Безусловно, российское оборудование и материалы в некоторых случаях уступают западным аналогам и в основном рассчитаны на мелкосерийное производство, но



◀ Типичные поверхностно монтируемые элементы на материнской плате

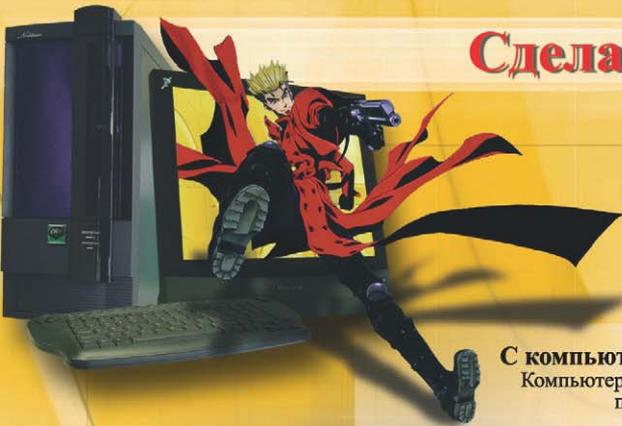
несмотря на это, на рынке существуют компании и институты, готовые предложить не только собственные разработки для полного технологического цикла сборки материнских плат (примером может служить ОАО ЦНИТИ «Техномаш» с набором технологической оснастки «Трасса»), но и способные произвести работы по монтажу элементов на печатной плате.

В связи с наметившимися в электронной промышленности основными тенденциями, такими как миниатюризация, повышение надежности и удешевление конечного продукта, в настоящее время ши-

рокое распространение при сборке печатных узлов получил метод поверхностного монтажа, основанный на применении безвыводных элементов (таких как резисторы, диоды, различные микросхемы и т.д.), которые монтируются на поверхности контактных площадок печатных плат.

Представленный метод органично дополняет традиционную пайку контактов выводных элементов и разъемов. Более того, метод поверхностного монтажа является предпочтительным, а использование довольно громоздких и «убогих» выводных конденсаторов, которые часто

Сделай свою жизнь богаче !





Более увлекательно, больше возможностей !



С компьютером "МИР" и мощным процессором Intel® Pentium® 4
Компьютер "МИР" на базе процессоров Intel® Pentium® 4 2,4 ГГц поразит Вас прекрасными фотографиями, музыкой, фильмами и играми.

- Гарантия на системные блоки 2 года
- Сертифицированы РосТестом
- Предустановка лицензионного ПО
- Компьютер любой конфигурации под заказ без предоплаты
- Покупка в кредит
- Расчет по кредитным картам Visa, Master Card
- Скидки по картам Countdown, IDC
- При покупке - дисконтная карта "Ф-Центра" в подарок

рисуй и твори



общайся с друзьями



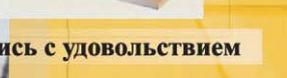
делай фотографии



слушай



учись с удовольствием



развлекайся



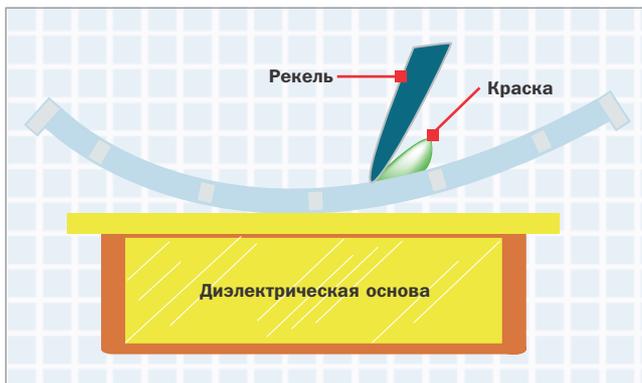
снимай кино





Где купить компьютер "МИР" ?

<p>М — ВДНХ ВВЦ, пав.№71 и пав.№2 ТК "Регион" с 10.00 до 19.00 тел.: (095) 785-1-785</p>	<p>М — "Улица 1905 года" ул. Мангулинская, д.2 с 10.00 до 20.00 тел.: (095) 205-3524</p>	<p>М — "Бабушкинская" ул. Сухонская, д.7а с 10.00 до 20.00 тел.: (095) 472-6401</p>
--	--	---



◀ Схема нанесения информационных надписей на печатную плату методом сеткографии

» можно видеть на современных материнских платах, линий задержки и ряда других подобных элементов обусловлено отсутствием необходимых номиналов у существующей поверхностномонтируемой элементной базы.

Первым шагом при сборке печатных узлов является нанесение на поверхность контактных площадок паяльной пасты, например, через шаблон, совмещающийся с поверхностью печатной платы. Паяльная паста представляет собой смесь припоя, связующего вещества и флюса. В данной пасте припоем может служить оловянно-свинцовый порошок, который является ее основой и составляет 75–95% от массы всей пасты.

После того как на поверхность платы была нанесена паяльная паста, можно приступать к установке элементов. Конечно же, при ручной сборке проблемы транспортировки и подачи элементов не существует, но при современных объемах производства данный малопроизводительный способ не применяется. Для решения проблемы автоматической подачи элементов при автоматизированном или полуавтоматизированном производстве элементы для поверхностного монтажа должны быть упакованы соответст-

вующим образом. Одним из таких способов, помимо специальных кассет и касс, стали «блистерные» ленты, представляющие собой тонкую полоску из картона или поливинилхлоридной пленки с угольным наполнителем, в которой размещены элементы схемы в специально выштампованных гнездах. Такие ленты могут достигать в длину 12 м, в них возможно размещение до 5000 элементов. Похожий метод упаковки может применяться и для выводных элементов и разъемов.

Перед установкой необходимых резисторов, микросхем и т. п. плата должна быть закреплена на специальном координатном столе. Тут-то и играет огромную роль точность просверленных ранее монтажных отверстий. Ведь даже при минимальном отклонении робот, используемый для сборки печатных узлов, не сможет точно установить элемент на контактную площадку или попасть в отверстия для выводов используемых выводных элементов на последующих этапах сборки, проводимых после окончательной установки и пропайки поверхностномонтируемых элементов.

Как только плата с нанесенной паяльной пастой жестко закреплена на координатном столе, автомат устанавливает

элемент, поданный, например, из «блистерной» ленты на предназначенное для него место. Существует еще и полуавтоматизированный способ сборки, в котором робот сам располагает пинцет с элементом над необходимой контактной площадкой, а человек только дает команду на установку.

Теперь, когда все необходимые элементы установлены на свои места, можно переходить к важнейшей стадии технологического процесса — пайке печатного узла. От этой операции зависят качество и надежность всего устройства в целом. Ведь неправильно или плохо пропаянные элементы приводят к неработоспособности платы и браку.

Существует довольно много методов пайки печатных узлов: лазерная, пайка в паровой фазе, а также ряд других способов. В России в настоящее время в основном используются пайка двойной волной припоя и пайка расплавлением припоя конвекционным или инфракрасным нагревом. Каждый из представленных способов имеет свои достоинства и недостатки.

При использовании пайки расплавлением припоя инфракрасным или конвекционным нагревом производится разогрев платы ИК-излучением, которое является основным механизмом передачи тепла. К достоинствам представленного способа можно отнести возможность снижения термических напряжений, возникающих в элементах и самой печатной плате, постепенным нагревом элементов посредством регулировки мощности каждого излучателя, который представляет собой или инфракрасную лампу, или панельную излучающую систему. Данный вид пайки имеет и недостатки. Например, элементы, не прозрачные для ИК-излучения, паять вообще невозможно. Для преодоления ряда недостатков, в частности, указанного выше, в некоторых установках используют предварительный нагрев воздуха, который передает тепло к месту пайки.

После того как процесс пайки завершен и удалены остатки флюса и припоя, готовую материнскую плату можно упаковывать и наносить справочную информацию, например, методом сеткографии, основанном на выдавливании краски через специальный сетчатый шаблон.



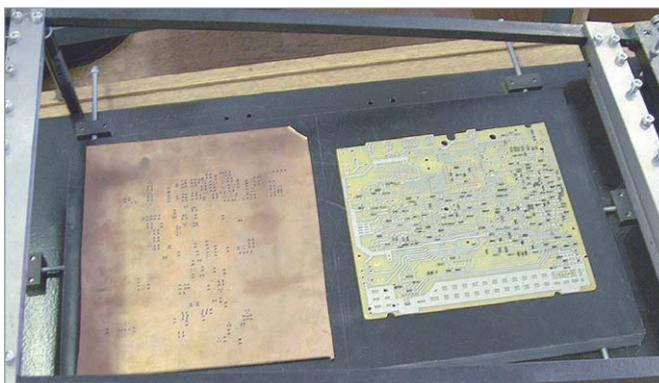
◀ Установка «S.M.D. – Трасса-5640» для пайки печатных узлов, выполненная по технологии на поверхности

» Безусловно, на больших предприятиях с огромными объемами производства все процессы сборки материнских плат полностью автоматизированы, то есть заготовка сразу же закрепляется на координатном столе, на котором она проходит все технологические этапы сборки без участия человека.

В нашей стране существуют предприятия, готовые провести полный технологический цикл сборки печатного узла в крупносерийных партиях. Наиболее крупным из них является завод «Квант», обладающий огромными производственными мощностями и изготавливающий подобные устройства почти всех крупных российских заказчиков, чему примером являются, например, материнские платы Formosa.

Заключение

Конечно, в рамках данной статьи невозможно, да, наверное, и не нужно пытаться рассказать обо всех технических аспектах производства печатных плат. В представленном выше материале описа-



◀ Устройство трафаретной печати для нанесения паяльной пасты на контактные площадки печатных плат

ны только основные необходимые процессы производства подобных устройств. Остальные технические тонкости — это удел технологов и специалистов, так или иначе имеющих отношение к данной области. Мы попытались осветить наиболее распространенные методы, при этом упомянув и о некоторых других возможных вариантах подхода к изготовлению материнских плат. Безусловно, у каждого изготовителя существуют свои новшества и различия в технологическом процессе.

Подытожив все вышесказанное, хотелось бы отметить, что материнские платы,

установленные в любом персональном компьютере, — это результат титанического и кропотливого труда огромной группы людей, где задействованы колоссальные производственные мощности. Немаловажно и то, что подобные высокие технологии освоены и на отечественных предприятиях, и в российских условиях можно выпускать вполне конкурентоспособную продукцию. ■ ■ ■ Константин Петухов

Редакция выражает благодарность НИО «Плата» ОАО ЦНИТИ «Техномаш», а также его дочернему предприятию ЗАО ЦНИТИ «Техномаш-Трасса»

Философия древности – ВЕСЬ МИР В ОДНОЙ ТОЧКЕ



\$19,9
В МЕСЯЦ
с учетом всех налогов

ВЫДЕЛЕННЫЙ КАНАЛ ИНТЕРНЕТ
БЕСПЛАТНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ
СВОБОДНЫЙ ТЕЛЕФОН

753•8282

http://tochka.ru