

Нюансы использования метода обратного высверливания при разработке печатных плат

О. Барина¹

УДК 621.3.049.75:621.95 | ВАК 05.27.06

Все мы знаем, что такое сквозное переходное отверстие (via), глухое отверстие, то есть несквозное отверстие между внешним слоем и одним или несколькими внутренними (blind via), слепое отверстие, не имеющее выхода на внешние слои (buried via), микроотверстие (uvia) – такие отверстия сверлятся лазером между соседними слоями, применяются в платах высокой плотности. Вот какое разнообразие инструментов имеет разработчик для реализации поставленной задачи и получения идеального проекта. При необходимости эти приемы можно еще и комбинировать, только аккуратно, разобравшись в технологиях и согласовав выполнение проекта с заводом-изготовителем. Но и это еще не всё: еще существует такая технология, как обратное высверливание (бэкдриллинг, от англ. backdrilling).

ЧТО ТАКОЕ ОБРАТНОЕ ВЫСВЕРЛИВАНИЕ И ДЛЯ ЧЕГО ОНО НУЖНО

Обратное высверливание – несложная технология; тем не менее, применяется она нечасто. Предлагаю разобраться подробнее – что собой представляет, в каких случаях используется.

Бэкдриллинг – технология удаления неиспользуемого столба металлизации (стаба, от англ. stub) из обычных сквозных переходных отверстий при помощи повторно высверливания этих отверстий на заданную глубину сверлом чуть большего диаметра. Отверстия высверливаются на необходимую управляемую глубину (сверление управляемой глубины, англ. Controlled Depth Drilling, CDD), близко к последнему слою, который использует данное сквозное переходное отверстие, но не соприкасаясь с ним, а немного не доходя, во избежание его повреждения. Надо заметить, что обратное высверливание может быть выполнено с любой стороны печатной платы (слово «обратное», скорее, подразумевает повторное сверление) и на несколько глубин выборочно для разных отверстий.

Для чего же это нужно? Обычно этот метод применяется для печатных плат, в которых необходимо минимизировать потери и искажения в высокочастотном сигнале и линиях скоростной передачи данных – ведь неиспользуемые части металлизированных переходных отверстий могут привести к серьезным искажениям целостности сигнала в высокоскоростных проектах. Отметим, что для передачи цифрового сигнала существенными

эти искажения становятся при скоростях примерно 6–10 Гбит/с и выше. Когда высокоскоростной сигнал переходит между слоями печатной платы по металлизированным стенкам переходного отверстия, он может быть искажен, и чем больше длина пути прохождения сигнала, тем больше искажения.

Рассмотрим этот эффект на примере 20-слойной печатной платы толщиной 2,6 мм, имеющей переход с помощью сквозного переходного отверстия с внешнего слоя *Top* на внутренний слой *Int2*. Сигнал, дойдя до данного слоя, разделяется: часть пойдет на внутренний слой, а часть – ниже, по столбу переходного отверстия до нижнего внешнего слоя *Bot*, отразившись от которого, вернется обратно к слою *Top*, а по пути разделится еще раз на слое *Int2*. Таким образом, подаваемый в линию сигнал, суммируясь с отраженным, будет искажаться, и мы получим увеличение уровня вносимой потери (англ. Insertion Loss).

В данном примере часть металлизированного отверстия ниже слоя *Int2* (до слоя *Bot*) является «лишней», мешающей. Ее хорошо было бы убрать, и обратное высверливание как раз и позволяет это сделать: удалить лишнюю металлизацию в переходном отверстии и тем самым уменьшить искажения (рис. 1).

Стоит отметить, что, помимо обратного высверливания, у этой проблемы есть и другие варианты решения.

Некоторые разработчики идут путем разделения одного проекта сложной печатной платы на два; таким образом, получается отдельная плата для высокоскоростных сигналов со всеми особенностями, свойственными таким платам, и вторая, недорогая, на обычном материале – для

¹ ООО «ПСБ технологии», olga@pcbtech.ru.

всех остальных цепей. Делается это, скорее, из экономии, но в ряде случаев это сомнительно: в каждой конкретной ситуации размеры затрат получатся разными, поскольку в расчетах необходимо учесть слишком много нюансов. Бытует мнение, что такой вариант еще и надежнее, но это справедливо только в случае выбора «слабого» поставщика. Сегодня многие производители печатных плат умеют реализовывать сложные проекты, гарантируя хороший уровень надежности. Среди партнеров нашей компании, например, можно отметить как минимум пять заводов, обеспечивающих высочайшее качество изготовления самых сложных многослойных плат.

Другой вариант предотвращения искажений высокочастотного сигнала – использование несквозных переходных отверстий. Несквозные переходные отверстия могут применяться для решения разных задач. Их используют для экономии свободного места на слоях, не задействованных в данной цепи, что позволяет, не увеличивая размер платы, уплотнить трассировку; для ограничения распространения сигнала на определенных слоях; для получения возможности применить компоненты с очень маленьким шагом выводов; для решения обсуждаемой задачи – минимизации искажений высокоскоростных сигналов.

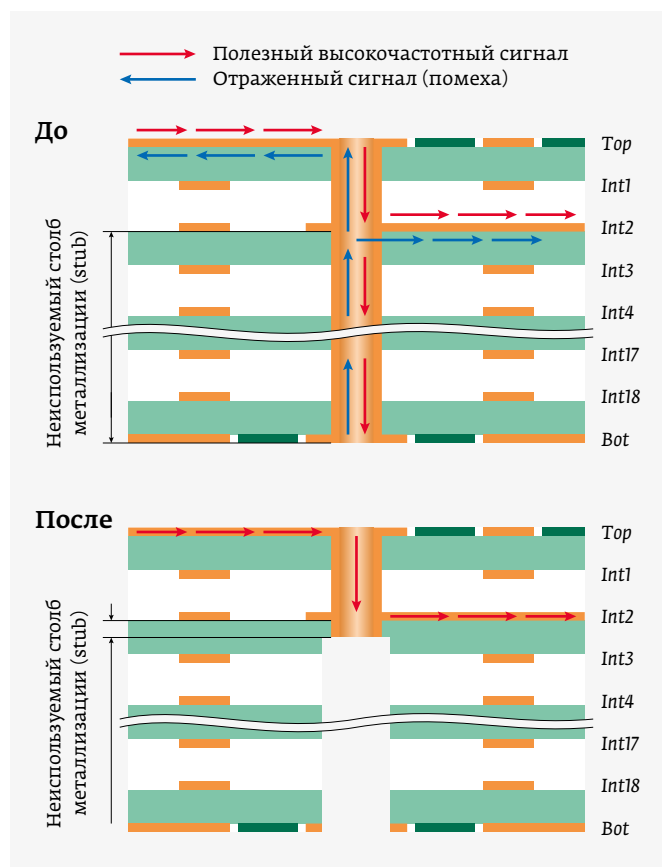


Рис. 1. Изменение характера распространения сигнала после обратного высверливания

Глухие переходные отверстия, например, служат для того, чтобы соединять внешний слой платы с ее внутренними слоями (допустим, *Top-Int2-Int4*), при этом экономя место на всех следующих слоях, включая *Bot*. Выполнить такие отверстия можно двумя способами:

- а) сверление осуществляется в двустороннем фольгированном материале, потом выполняется металлизация, а затем уже прессование для получения многослойной печатной платы;
- б) сверление выполняется лазером (с контролем глубины) в уже спрессованной многослойной печатной плате, а затем выполняется металлизация.

Не будем подробно останавливаться на глухих переходных отверстиях, это тема для отдельной статьи. Здесь же имеет смысл рассмотреть преимущества и недостатки применения глухих переходных отверстий и, как альтернативы, технологии обратного высверливания.

Первое, на что мы обратим внимание: для того чтобы реализовать несквозные переходные отверстия, их нужно предусмотреть на этапе проектирования; учесть все особенности производства (например, увеличение толщины металлизации на внутренних слоях, разные способы реализации – от глухих до микроотверстий; принять во внимание возможный перекося структуры платы, которого нужно избегать, и т. д., и т. п. – нюансов очень много); и, если проектируется что-то новое, а не корректируется предыдущий проект, обязательно согласовать структуру печатной платы с заводом на этапе трассировки.

А вот обратное высверливание может быть применено практически к любой печатной плате, где есть проблема с ухудшением целостности сигнала, с минимальным вмешательством в дизайн даже готового проекта. Конечно, нужно проверить, выполняются ли все требования, но чаще всего подготовка проекта к бэкдриллингу не потребует чрезмерных временных затрат. Разработчику нужно лишь обеспечить отступы топологии в зоне высверливания и добавить требования по обратному высверливанию в бланк заказа (конструкторскую документацию). Это, конечно же, в крайнем случае. Правильным будет применить обратное высверливание на этапе проектирования.

Современные передовые САПР печатных плат, например Cadence OrCAD / Allegro, позволяют достаточно просто реализовать бэкдриллинг. Его можно задать уже на этапе создания контактной площадки, указав все необходимые параметры. Также в САПР есть возможность контроля и анализа обратного высверливания и автоматической генерации всех необходимых файлов для бэкдриллинга, передаваемых производителю печатной платы, то есть файлов сверления, разделенных по глубине высверливания и стороне печатной платы. Много полезной информации по программам Cadence Allegro, OrCAD, Sigriy, PSpice можно найти на сайте и youtube-канале

официального российского дистрибьютора – компании PCB SOFT (www.pcbsoft.ru).

Популярный редактор для просмотра гербер-файлов CAM350 v.14 также позволяет проверить ошибки реализации обратного высверливания.

СТОИМОСТЬ ОБРАТНОЙ СВЕРЛОВКИ

Каждый новый тип глухого переходного отверстия (однотипные отверстия – отверстия, имеющие одинаковый диаметр и связывающие одни и те же слои) увеличивает стоимость реализации проекта на 15–40%, так как в зависимости от выбранной технологии потребуются дополнительные циклы прессования, металлизации. Если комбинировать разные типы несквозных переходных отверстий, то стоимость взлетает еще выше. Обратное высверливание обойдется намного дешевле, это совсем недорогая процедура, так как выполняется на уже готовой печатной плате (до нанесения маски, конечно), не усложняя сам процесс изготовления – добавится лишь сверление (и, возможно, заполнение этих отверстий смолой по желанию заказчика).

Поэтому, если глухое отверстие планируется использовать только для устранения неиспользованной части переходного отверстия (стаба), то обратное сверление будет экономически более выгодно. Глухие отверстия имеют преимущества тогда, когда решают сразу несколько задач (размещение компонентов с мелким шагом, разделение аналоговой и цифровой части, реализация более плотной трассировки и т. д.).

Также при выборе способа избавления от стаба стоит обратить внимание на возможную разницу в структуре платы. Например, для лазерной сверловки нужны тонкие слои диэлектрика (буквально один слой препрега, обычно толщиной не более 0,1 мм), а для обратного высверливания, наоборот, диэлектрик нужен потолще – 0,25 мм и более, поскольку при сверлении с контролем глубины существует определенная погрешность, и при тонких слоях диэлектрика возникает риск касания сверлом соседнего слоя. Конечно, хороший производитель перед изготовлением проверит все «тонкие места», предупредит разработчика и согласует оптимальный вариант изготовления – например, предложит выполнить обратное высверливание не до последнего используемого слоя, а до первого неиспользуемого; это увеличит стаб, но всё же избавит от большей его части.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАТНОГО СВЕРЛЕНИЯ

Схематическое изображение метода обратного высверливания с указанием его технологических параметров приведено на рис. 2:

- минимальный диаметр базового переходного отверстия – 0,2 мм;
- диаметр сверла для обратного высверливания должен быть больше переходного отверстия на 0,2 мм, то есть для отверстия диаметром 0,2 мм обратное высверливание будет иметь диаметр 0,4 мм. Отсюда вытекает следующее значение:
- диаметр инструмента (сверла) для высверливания $\geq 0,4$ мм;
- остаточное расстояние от высверленного участка до последнего используемого этим переходным отверстием слоя – минимум 0,2 мм;
- минимальная глубина для обратного высверливания – 0,2 мм;
- элементы топологии (проводники, полигоны) должны находиться на расстоянии как минимум 0,15 мм от высверленного отверстия, то есть свободный от металлизации поясok должен иметь ширину как минимум 0,15 мм от края обратной сверловки или не менее 0,25 мм от края переходного отверстия.

Сразу оговоримся, что приведенные в статье цифры мы рекомендуем согласовать с вашим производителем печатных плат – у разных заводов они могут немного различаться в силу особенностей их оборудования.

Контактные площадки переходных отверстий на тех внутренних слоях, которые будут подвергаться

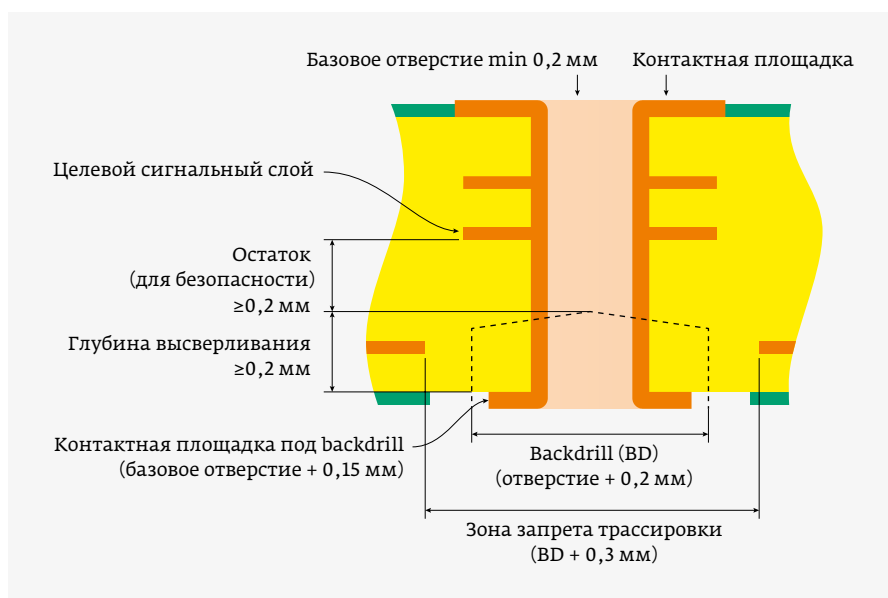


Рис. 2. Технологические параметры обратного высверливания

Описание заказа PCB technology www.pcbtech.ru

Номер: pcb@pcbtech.ru, (495) 558-0254
 Сайт: pcb@pcbtech.ru, (812) 325-44-67

Параметры PCB 13429200

Слоев	Толщина	X платы	Y платы	Поставка (панелизация)	X панели	Y панели
16 слоев	2,60 мм	140,0 мм	210,0 мм	панель с фрезеровкой	-	-
Тип платы	Проводник	Зазор	Отв./Площ.	Фольга	Структура	Соединение (перемычки ГИ)
жесткая	0,10 мм	0,10 мм	0,2мм/0,4мм	10 / 18 мм	стандартная	-
Материалы и покрытия	Переходные	Отв. в файле	Маркировка	Цвет	Покр. площадок	Крайовый
Диэлектрик	Mask, цвет	закрыты	2 стороны	маркировки	ImmAu/ENIG (иннерс. золото)	раillen
Rogers 4350	да, зеленая	-	-	белый	-	-
Тестирование	Импеданс	Импеданс, кол. типов	Тест AOI	Маркировка ли на каждой плате:	Stamp "QC"	Logo, UL, дата
E-test	да	да, контроль	-	комментарий для уточнения мест маркировки на плате	только Дата	Серийный №
-	-	-	-	-	-	№ заказа
-	-	-	-	-	-	ни ставить

Дополнительные параметры

Глубина и скрепы отверстия	Металлы-защита торцов/пазов	Толстые слои меди	Отверстия под запрессовку	Дополнительная защита переходных	Выполнение по стандарту	Особенности и требования
-	-	-	-	Filing	IPC class 3	-

Примечания

Координаты обратной сверловки согласно файлу 13429200BDNP.drl
 Диаметр обратной сверловки 0,4мм.
 Глубина обратной сверловки: с 16 до 5 слоев для отверстий с апертурой 0,197мм и с 16 до 7 слоев для отверстий с апертурой 0,199мм.
 Пустоты отверстий после обратной сверловки заклеить эпоксидной смолой.
 Заполненные эпоксидной смолой отверстия закрыть защитной паяльной маской.

Описание слоев (можно на 2-й лист...)	Импеданс	Слой	Проводник	Диф. зазор	Отверстие слоя
Металл, стп. 13429200.DRP	50 Ом	top	0,16	-	m2
Неметал, стп. 13429200.DMU	100 Ом	top	0,125	0,24	m2
Вырез в плате 13429200.CUT	36 Ом	m3	0,23	-	m2 / m4
Backdrilling 13429200BDNP.DRL	50 Ом	m3	0,13	-	m2 / m4

Рис. 3. Пример оформления бланка заказа разработчиком

высверливанию, должны быть убраны. Контактные площадки на том внешнем слое, где будет обратная сверловка, должны иметь размеры, меньшие диаметра высверливания (см. рис. 2).

Хочется обратить внимание, что обратное высверливание может выполняться с обеих сторон печатной платы, причем даже для одного переходного отверстия.

ВАРИАНТЫ ОФОРМЛЕНИЯ БЭКДРИЛЛИНГА

Для оформления заказа с бэкдриллингом нет жестких требований. Оформлять можно по-разному, но необходимо убедиться, что завод-изготовитель четко понимает задачу: какие именно отверстия надо высверливать и на какую глубину.

Возможны следующие варианты оформления.

1. Отделить отверстия обратного высверливания от сквозных отверстий, а также друг от друга (если на плате требуется выполнить разные варианты обратного высверливания) путем разделения на разные файлы сверловки. При этом отверстия разной глубины, а также отверстия с разных сторон платы должны находиться в отдельных файлах. Дополнительно в описании заказа нужно указать, с какого и до какого слоя надо высверлить отверстия, описанные в каждом файле сверловки.

2. Отделить отверстия обратного высверливания от сквозных, а также друг от друга путем использования разных диаметров. В этом случае файл сверловки может быть один, но в описании заказа должно быть указано, какие действия необходимо произвести с каждым диаметром: например, отверстия диаметром 0,3 мм являются сквозными, а для отверстий диаметром 0,2 мм необходимо выполнить обратное высверливание (с указанием номеров начального и конечного слоев, между которыми производится сверловка).

PCB order pcb@pcbtech.ru, www.pcbtech.ru, phone: +7 495 781-6300 Date: 25.10.2019

Type of order	Delivery time	Quantity, pcs	Quantity, pnls	Array on panel	Type of PCB
13429200	12 w.d.	10 pcs	-	-	rigid

Parameters of PCB

Layers	Thickness	X of board	Y of board	Type of the panel	X of panel	Y of panel
16 layers	2,60 mm	140,00 mm	210,00 mm	routed separately	-	-
Standard IPC	Min. trace	Min. space	Min. via/pad	Copper	Structure	Combined with other PCBs:
IPC class 2	0,10 mm	0,10 mm	0,2/0,4	0,5 Oz	standard	-

Materials and covering

Dielectric	Mask, colour	Via Plugging	Silkscreen	Colour	Fingers Au/In	Surface finish type
Rogers 4350	yes, green	VIPPO	2 sides	white	-	ImmAu (ENIG)

Test

E-test	Impedance	Types	AOI	Inspection report	Stamp "QC"	Logo, UL, date	Serial №
yes	yes	-	-	yes	-	only DateCode	-

Additional parameters

Backdrill	Plated edge	Heavy layer	Pressfit holes	Remarks
yes	-	-	-	-

Comments

Add DataCode (MYY) mark only. Don't add any your other marks (LOGO, UL and etc.) on the board
 BACKDRILL 5-16: vias 0,2mm should be backdrilled by tool 0,4mm from L16 to L5.
 BACKDRILL 7-16: vias 0,2mm should be backdrilled by tool 0,4mm from L16 to L7.
 Impedance control

The description of layers (find on the page 2)

Top mask	Bot mask	Top silk	Bot silk	Border	Backdrill	Drill name	Description	Backdrill size	Quantity
ms	mb	st	sb	bd	type 1	*.backdrill_3_16	L5-L16	0,4 mm	-
-	-	-	-	-	type 2	*.backdrill_7_16	L7-L16	0,4 mm	-
-	-	-	-	-	type 3	-	-	-	-
-	-	-	-	-	type 4	-	-	-	-

Рис. 4. Пример оформление бланка заказа нашим инженером для конкретного завода-изготовителя

В обоих случаях нужно написать, требуется ли затягивать высверленные отверстия маской и нужно ли заполнять их смолой.

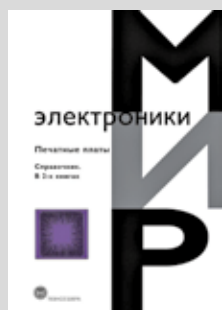
Примеры оформления ТЗ для бэкдриллинга можно видеть на рис. 3, 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преимущество технологии обратного высверливания состоит в том, что при решении целевой задачи – снижения уровня помех и улучшения целостности высокоскоростного сигнала – она позволяет уменьшить количество несквозных

отверстий или совсем отказаться от их использования, снижая таким образом сложность печатной платы и уменьшая стоимость ее изготовления. Применение бэкдриллинга обосновано для сложных высокоскоростных (примерно 6–10 Гбит/с и выше) печатных плат с большим количеством слоев (от восьми), нестандартной толщиной (от 2,5 мм), если оно помогает уменьшить количество типов несквозных отверстий, что особенно важно при серийном изготовлении. Этот метод также оптимален в тех случаях, когда необходимость избавиться от излишней металлизации в переходных отверстиях возникает уже в готовом проекте. ●

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 2 600 руб.
за два тома

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ. СПРАВОЧНИК В 2-Х КНИГАХ

Под ред. К. Кумбза

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2020. – 2032 с.,
ISBN 978-5-94836-258-8
Т. 1. – 1016 с. Т. 2. – 1016 с.

В издании рассматриваются все процессы создания и применения печатных плат: проектирование и выбор базовых материалов, изготовление, обеспечение качества и оценки надежности печатных плат и печатных узлов, монтаж плат, включая особенности бессвинцовых технологий пайки, а также методы и средства испытаний применительно к специальным требованиям. Шестое издание дополнено информацией по ценообразованию, количественной оценке технологичности плат, управлению производством и решению экологических проблем.

Все изменения в технологии изготовления печатных плат нашли свое отражение в этой книге, что привело к тому, что более 75% ее глав были либо исправлены, либо являются новыми, свидетельствуя, что шестое издание содержит самую последнюю информацию.

Цель книги состоит в том, чтобы предоставить нужную информацию насколько возможно в более конкретном и подробном виде, используя промышленные стандарты там, где они существуют, и передовой опыт, имеющий технологическое обоснование и продемонстрировавший свою работоспособность там, где соответствующих стандартов нет.

Справочник рассчитан на широкий круг специалистов-технологов, конструкторов, схемотехников и специалистов по надежности, поскольку печатные платы являются фундаментом проектирования и производства изделий электроники.

Данная книга может служить учебным пособием для студентов и аспирантов вузов соответствующих специальностей.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru

ТЕХНОЛОГИЯ НАДЕЖНОСТИ

Проектирование, изготовление
и монтаж печатных плат
любой сложности

- ✓ Разработка печатных плат
- ✓ Изготовление печатных плат
- ✓ Изготовление экранов

- ✓ Контрактное производство
- ✓ Монтаж печатных плат, монтаж печатных плат с военной приёмкой, закупка комплектующих



Подробнее на сайте:
www.pcbtech.ru

Прием заказов на печатные платы и экраны:
Контрактное производство:
Общая почта по всем вопросам:



О нас:
www.pcbtech.ru/o-kompanii

8 (499) 558-02-54
8 (495) 988-83-24
pcb@pcbtech.ru