

Маршрут проектирования Mentor Graphics Expedition Enterprise 7.9.4 — генерация слоев шелкографии и данных для изготовления печатной платы

При производстве печатных плат, в частности при выполнении таких операций, как печать фотошаблонов, сверление переходных отверстий, обработка контура платы, современное оборудование использует информацию из Gerber-файлов и файлов сверления.

В статье рассматриваются возможности редактора Expedition PCB программы Expedition Enterprise по работе со слоями шелкографии, а также по созданию специальных данных для изготовления фотошаблонов и сверления металлизированных и неметаллизированных отверстий печатной платы.

Татьяна Колесникова

Введение

Одним из завершающих шагов при разработке проекта печатной платы является генерация слоев шелкографии (Silkscreen). Графика шелкографии включает порядковые номера и границы компонентов платы, технологические надписи, логотип компании — производителя разрабатываемого устройства. Для улучшения читаемости компонентов печатной платы, а также для более легкого нахождения конкретного компонента на плате порядковые номера компонентов в проекте можно перенумеровать и перемещать. В дальнейшем данные шелкографии могут быть обработаны и преобразованы в данные для изготовления печатной платы, которые необходимо подготовить после завершения работы с топологией печатной платы. В том случае, если предполагается производить серийный выпуск разрабатываемого устройства, нужно также подготовить и информацию для автоматического монтажа элементов.

Стандартная информация для изготовления печатной платы включает данные для изготовления фотошаблонов и сверления (NC Drill). Сведения для изготовления фотошаблонов выдаются в виде файлов в Gerber-формате, доступном всем современным фотоплоттерам. Для каждой отдельной части фотошаблона, необходимой для создания печатной платы (слои меди, припой), нужна индивидуальная фотопечать Gerber. Эти данные Gerber совместно со сведениями сверления и документацией на изготовление используются изготовителем при разработке печатной платы на производстве. Данные сверления предназначены для сверления отверстий соответствующего размера в определенных местах топологии платы.

Генерация слоев шелкографии

Перенумерация порядковых номеров компонентов печатной платы

Процедура перенумерации компонентов выполняется для облегчения поиска компонентов на печатной плате. Перенумерация, перемещение, изменение ориентации порядковых номеров выполняется таким образом, чтобы после монтажа радиоэлектронных компонентов на печатную плату не нарушалась их читаемость и принадлежность к своему компоненту. Причем местоположение компонентов на печатной плате не изменяется, меняются только позиционные обозначения. Процедура перенумерации может производиться как вручную, так и автоматически в редакторе Expedition PCB при помощи команды меню ECO/Renumber Ref Des... Данная команда вызывает диалоговое окно **Renumber Reference Designators**, интерфейс которого представлен на рис. 1. В верхней левой части окна находится поле **Filter**, в котором можно:

1. Из выпадающего меню **Side** установить определенную сторону топологии платы для перенумерации: **Top**, **Bottom** или **Both**.

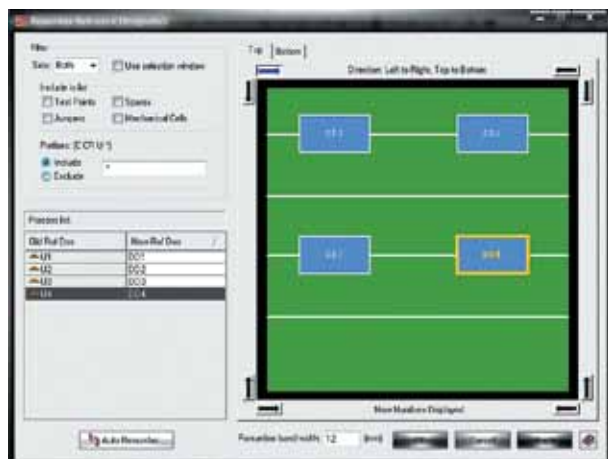


Рис. 1. Диалоговое окно Renumber Reference Designators

2. Посредством установки флажка в чекбоксе **Use selection window** использовать окно выбора для перенумерации секции компонентов.
3. С помощью установки флажков в чекбоксах **Test points, Jumpers, Spares, Mechanical Cells** добавлять в процесс перенумерации дополнительные компоненты.

Ниже поля **Filter** расположено поле **Prefixes**, в котором при помощи установки переключателя в позицию **Include** или **Exclude** можно исключить или включить в процесс перенумерации компоненты с определенным префиксом (префикс вводится с клавиатуры в формате U *). Для фильтрации компонентов можно задать один или несколько префиксов. После того как все значения префиксов введены, для активации фильтра необходимо нажать на клавишу **Enter**.

Правая часть окна **Renumber Reference Designators** разделена на две вкладки: **Top** и **Bottom**, которые отображают верхнюю и нижнюю стороны графического вида топологии платы. Вдоль окна графического вида расположено восемь кнопок-стрелок направления перенумерации позиционных обозначений:

- слева направо, сверху вниз;
- справа налево, сверху вниз;
- сверху вниз, справа налево;
- снизу вверх, справа налево;
- справа налево, снизу вверх;
- слева направо, снизу вверх;
- снизу вверх, слева направо;
- сверху вниз, слева направо.

Направление перенумерации выбирается посредством нажатия на одну из выше представленных кнопок-стрелок. В зависимости от выбранного направления в окне графического вида будут отображаться вертикальные или горизонтальные линии перенумерации, которые разделяют топологию на соответствующие полосы. Компоненты внутри одной полосы перенумеровываются последовательно до тех пор, пока полоса не закончится, затем процесс переместится на следующую полосу. Внутри окна графического вида линии перенумерации можно перемещать при помощи левой кнопки мыши, тем самым регулируя ширину полос. Также ширину полос можно задать вручную с клавиатуры в поле **Renumber band width**, расположенном в нижней части окна **Renumber Reference Designators**.

Рассмотрим поле **Process list**, представленное в виде таблицы из двух столбцов:

- Old Ref Des — старое позиционное обозначение;
- New Ref Des — новое позиционное обозначение.

Иконка возле позиционного обозначения в столбце **Old Ref Des** обозначает сторону печатной платы (оранжевый цвет — Top, синий цвет — Bottom), на которой расположен компонент. Для того чтобы произвести перенумерацию позиционного обозначения компонента, необходимо в поле **Process list** в столбце **New Ref Des** вручную ввести нужное значение и нажать на кнопку **Apply**. Автоматическая перенумерация компонентов выполняется при помощи кнопки **Auto Renumber...**, которая находится в нижней левой части окна **Renumber**



Рис. 2. Окно Renumber

Reference Designators. После нажатия на эту кнопку откроется окно **Renumber**, в котором расположено три поля:

- **Starting number** — стартовый номер, по умолчанию — 1;
- **Prefix** — префикс;
- **Suffix** — суффикс.

Стартовый номер задается с клавиатуры и используется для начала отсчета нумерации компонентов. При необходимости в позиционном обозначении компонента можно изменить префикс или добавить суффикс. Оставьте поле **Prefix** пустым в том случае, если нужно использовать существующий префикс. Окно **Renumber** представлено на рис. 2. Для запуска процедуры автоматической перенумерации следует нажать на кнопку **Apply** — перенумерация начнется на верхней и продолжится на нижней стороне платы.

Перемещение и изменение ориентации порядковых номеров компонентов печатной платы

При подготовке к генерации слоев шелкографии необходимо обратить внимание на то, чтобы позиционные обозначения компонентов не пересекались с границами контура компонентов. В редакторе Expedition PCB в режиме рисования Draw Mode с порядковыми номерами компонентов можно выполнять действия перемещения, удаления, поворота. Порядковый номер компонента не трудно переместить двумя способами:

1. перетащив выделенный текст в новое место при помощи мыши;
2. определив новое местоположение текста, задав значения координат X и Y в поле **Location X** и **Location Y** в диалоговом окне **Properties**. Данное окно можно вызвать следующим образом: выделите левой кнопкой мыши позиционное обозначение, предназначенное для перемещения, вызовите при

помощи правой кнопки мыши контекстное меню и выберите в нем пункт **Properties**.

Повернуть порядковый номер компонента предлагается посредством выбора числового значения угла поворота из выпадающего списка в поле **Angle** окна **Properties**. При необходимости в данном окне можно произвести с позиционным обозначением компонента следующие действия:

- изменить шрифт и начертание текста позиционного обозначения (поле **Text (mm)**);
- изменить размер шрифта (поле **Height**);
- посредством установки переключателя в нужную позицию изменить ориентацию текста позиционного обозначения относительно границы контура компонента (поле **Text origin**);
- зеркально отразить позиционное обозначение (кнопка **Mirror**).

Текст позиционного обозначения можно удалить. Для этого надо выделить позиционное обозначение при помощи левой кнопки мыши и в меню **Edit** выбрать пункт **Delete**.

Добавление произвольных надписей в проект платы выполняется также в режиме рисования Draw Mode. Для этого на панели инструментов Draw требуется нажать кнопку **Add Text** и в открывшемся окне **Properties** в поле **Layer** из выпадающего списка выбрать значение **Silkscreen Top**, а в поле **String** ввести вручную с клавиатуры текст надписи. Для размещения текста на плате следует кликнуть в месте расположения надписи левой кнопкой мыши. Сохранить изменения можно при помощи меню **File/Save** редактора Expedition PCB. На рис. 3 представлен пример проекта платы, в котором в окне **Properties** производится изменение свойств позиционного обозначения DD1.

Генерация слоев шелкографии

В редакторе Expedition PCB генерация слоев шелкографии выполняется при помощи команды **Silkscreen Generator** («Генератор шелкографии»), которая запускается из меню **Output**. При изготовлении печатной платы разработанного устройства при попадании контактных площадок в область шелкографии краска будет мешать процессу пайки. Для того чтобы исключить такую ситуацию, рекомендуется производить разрывы графики шелкографии в местах ее пересечения

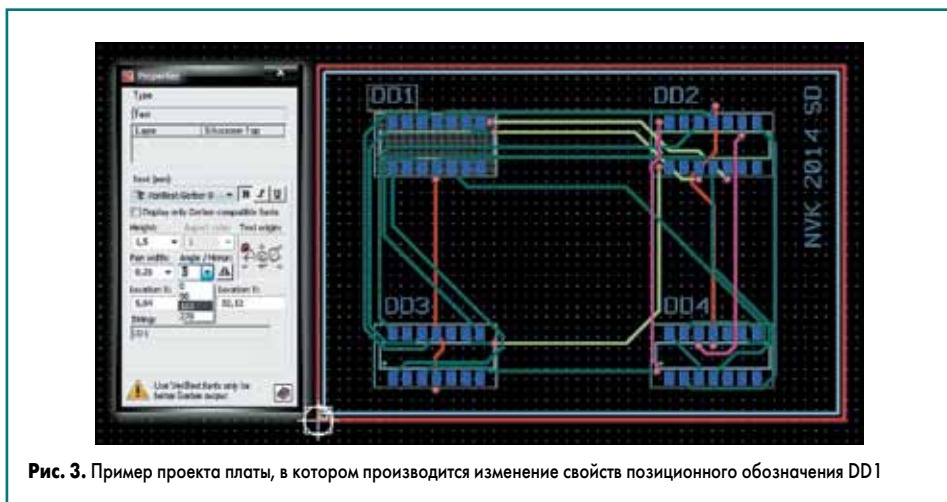


Рис. 3. Пример проекта платы, в котором производится изменение свойств позиционного обозначения DD1



Рис. 4. Диалоговое окно Silkscreen Generator

с контактными площадками или переходными отверстиями, создавая зазоры в «Генераторе шелкографии». Окно **Silkscreen Generator** представлено на рис. 4. В верхней правой части окна находятся два поля:

- **Break graphics** — разрыв графики;
 - **Break text** — разрыв текста;
- в них путем установки флажков в чекбоксах задаются объекты (Pad clearance, Via clearance), по отношению к которым необходимо делать разрывы, а также ширина зазоров при разрывах (числовое значение ширины зазора вводится с клавиатуры). В поле **Width options** задается:
- толщина линий графики — Graphics lines;
 - текста шелкографии — Text lines.

В верхней левой части окна **Silkscreen Generator** находится поле **Silkscreen side to process**, где из выпадающего меню нужно выбрать определенную сторону платы для генерации шелкографии: Top, Bottom или Both.

Поле **Break silkscreen** может принимать два значения:

- Soldermask Pads — паяльная маска;
- Conductive Pads — металл.

Поле **Package groups** может принимать два значения:

- All Package Groups — все типы корпусов;
- Selected Package Groups — выбрать тип корпуса.

В том случае если в поле **Package groups** выбрано значение Selected Package Groups —

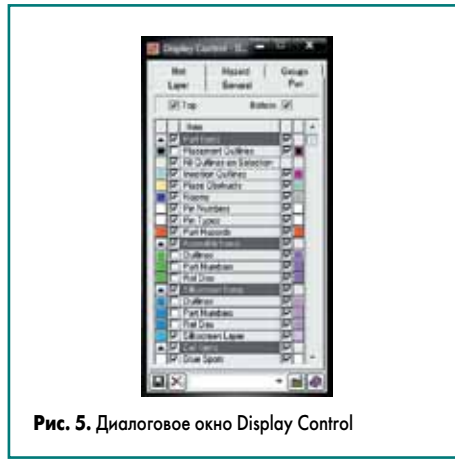


Рис. 5. Диалоговое окно Display Control

будет активизирована таблица **Package Groups**, в которой при помощи левой кнопки мыши можно задать необходимый тип корпуса.

В нижней части окна **Silkscreen Generator** находятся две таблицы:

- выбора объектов шелкографии верхнего слоя платы — Top side silkscreen for selected cell types,
- выбора объектов шелкографии нижнего слоя платы — Bottom side silkscreen for selected cell types,
- шелкография позиционных обозначений компонентов — Silkscreen Reference Designators;
- шелкография номеров компонентов — Silkscreen Part Numbers;
- шелкография контура корпусов компонентов — Silkscreen Outlines;
- контур платы — Board Outline;
- пользовательские слои по умолчанию — Default User Layer.

В рассматриваемых таблицах предлагается выбор одновременно нескольких объектов. Делается это при помощи левой кнопки мыши, а если необходимо выбрать объекты последовательно — нажать при этом клавишу **Shift**. Непоследовательно расположенные объекты можно выбрать при помощи левой кнопки мыши, нажав на клавиатуре клавишу **Ctrl**.

Для сохранения произведенных изменений нужно нажать кнопку **OK**, после чего «Генератор шелкографии» создаст сборку

из выбранных слоев и прорисует их на слое Silkscreen Layer, а также сформирует отчет. Для того чтобы в проекте печатной платы включить слой Silkscreen Layer, следует в редакторе Expedition PCB в меню **View** выбрать пункт **Display Control**, затем в открывшемся одноименном окне выбрать вкладку **Part**, на которой установить флажок в чекбоксе **Silkscreen Layer**. На рис. 5 представлено окно **Display Control**. На рис. 6 показан фрагмент проекта платы до (рис. 6а) и после (рис. 6б) генерации слоев шелкографии. Обратите внимание на созданные в процессе генерации шелкографии зазоры вокруг переходных отверстий. Рис. 7 демонстрирует отчет о результатах генерации слоев шелкографии, который в дальнейшем будет сохранен в файл *SilkscreenGenerator.txt* в папке **LogFiles** текущего проекта платы.

Генерация данных для изготовления фотшаблона

После создания слоев шелкографии необходимо сгенерировать специальные данные для фотопечати, которые будут использоваться для физического изготовления печатной платы. Данные для фотопечати создаются в виде файлов в Gerber-формате с расширением *.gmf* и *.gpf* и хранятся в папке **Config** текущего проекта платы, а также файлов с расширением *.gdo*, которые хранятся в подкаталоге **Output/Gerber** текущего проекта. По умолчанию конфигурационный файл *.gmf* уже создан. При необходимости файл редактируется в программе Expedition PCB, с помощью команды меню **Setup/Gerber Machine Format...**, которая открывает одноименное окно (рис. 8), где можно изменить настройки существующего файла или создать новый файл конфигурации Gerber. В левой части окна **Gerber Machine Format** находится поле **Gerber machine format files** — здесь в виде списка отображаются уже существующие в проекте платы конфигурационные файлы Gerber. Также в данном поле размещено четыре кнопки:

- **New** — создать новый файл конфигурации Gerber;
- **Save** — сохранить изменения;
- **Delete** — удалить файл конфигурации;
- **Undo Delete** — отменить удаление.

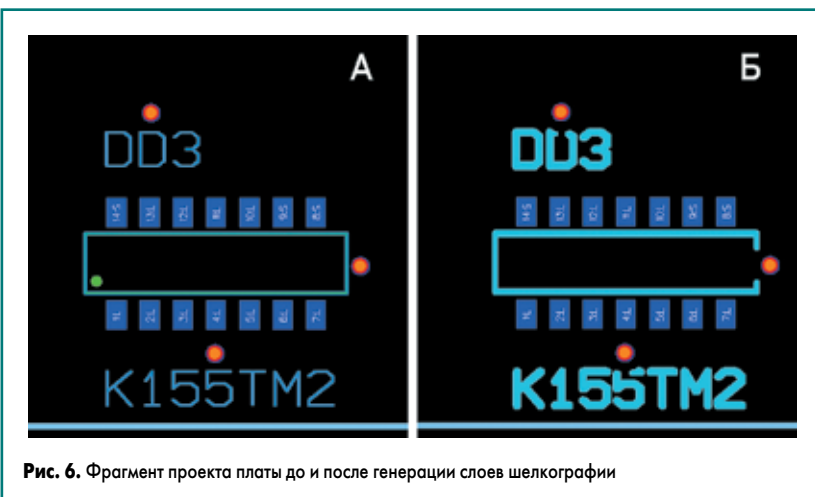


Рис. 6. Фрагмент проекта платы до и после генерации слоев шелкографии

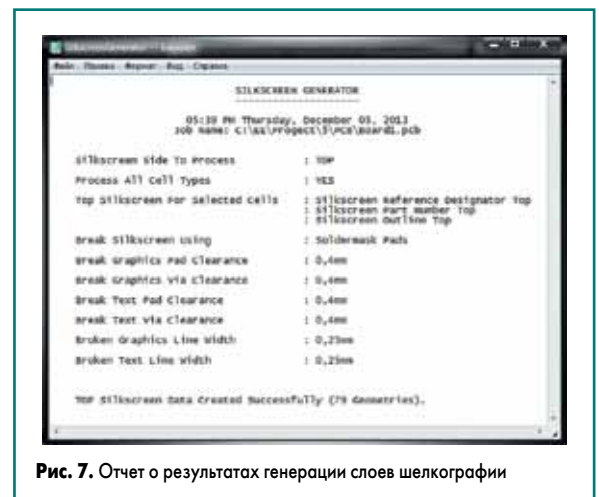


Рис. 7. Отчет о результатах генерации слоев шелкографии



Рис. 8. Диалоговое окно Gerber Machine Format

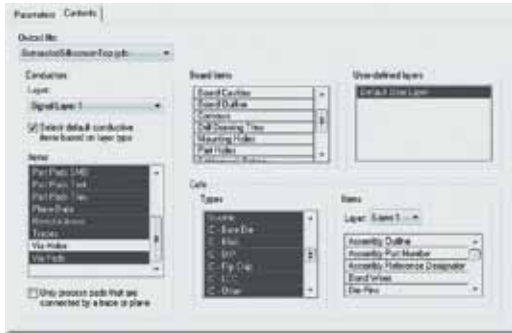


Рис. 10. Интерфейс вкладки Contents

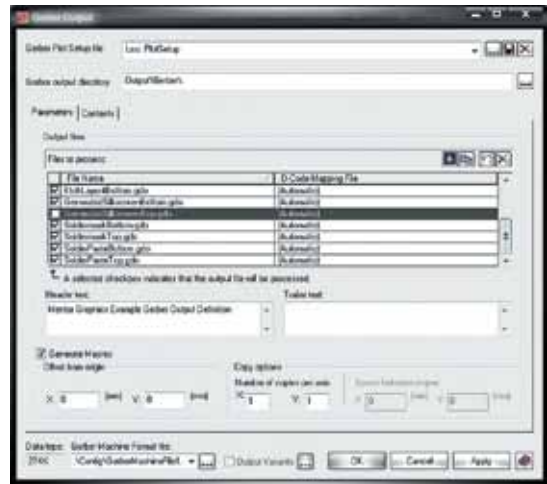


Рис. 9. Диалоговое окно Gerber Output

В правой части рассматриваемого окна находится поле Gerber format, в котором можно настроить следующие параметры конфигурационного файла:

- **Data type** — тип данных;
- **Data mode** — режим данных;
- **Step mode** — пошаговый режим;
- **Data format** — формат данных;
- **Character set** — кодировка;
- **Delimiter** — разделитель;
- **Comments** — комментарии;
- **Sequence numbering** — последовательная нумерация;
- **Unit** — единицы измерения;
- **Polygon fill method** — метод заливки.

Настройка и генерация выводных данных проекта осуществляется в редакторе Expedition PCB при помощи команды основного меню **Output/Gerber...**, открывающей окно **Gerber Output** (рис. 9). Рассмотрим данное окно более подробно. В его верхней части находится два поля: **Gerber Plot Setup file** и **Gerber output directory**, в которых при помощи кнопки **Browse** можно выбрать файл установки Gerber печати (файл с расширением *.gpf*) и выходную директорию Gerber соответственно. В поле **Gerber Plot Setup file** расположено еще две кнопки: **Save** и **Delete**, с их помощью сохраняется или удаляется текущий файл *.gpf*. В нижней части окна **Gerber Output** имеется поле **Gerber machine format files**, в котором посредством кнопки **Browse** можно выбрать файл машинного формата Gerber с расширением *.gmf*. Окно **Gerber Output** разделено на две вкладки:

- **Parameters** — параметры выходного файла;
- **Contents** — содержание выходного файла.

Рассмотрим вкладку **Parameters**. В верхней части вкладки находится окно **Output files**, где в виде таблицы представлены файлы-слои Gerber печати (файлы с расширением *.gdo*), которые впоследствии станут индивидуальными файлами печати на диске компьютера.

Необходимость генерации каждого конкретного файла можно задать при помощи установочного флажка в чекбоксе рядом с названием файла. В окне **Output files** предусмотрено создание новых файлов-слоев или удаление уже существующих — делается это при помощи кнопок **New** и **Delete**, находящихся в поле **Files to process**. Создать копию уже существующего файла-слоя можно при помощи кнопки **Copy**. Добавить комментарий или пояснительный текст в заголовок и в конец файла — посредством полей **Header text** и **Trailer text** соответственно (текст вводится с клавиатуры). В поле **Offset from origin** задаются параметры смещения фотошаблона относительно начала платы. В поле **Copy options** задаются параметры мультиплицирования (число копий для каждой оси X и Y).

Рассмотрим вкладку **Contents** (рис. 10). В верхней левой части вкладки находится поле **Output file**, где из выпадающего списка выбирают выходной файл-слой Gerber печати. В поле **Conductors** путем выбора из выпадающего меню **Layer** необходимо задать физический слой, а также выбрать из списка **Items** элементы этого слоя, которые после генерации будут назначены в выбранный выходной файл-слой Gerber печати. В поле **Cells** назначаются следующие объекты:

- слой — **Layer**;
- типы посадочных мест — **Types**;
- элементы посадочных мест (такие как позиционные обозначения, номера компонентов, контуры корпусов компонентов) — **Items**.

В верхней правой части расположено поле **User-defined layers**, в котором назначаются заказные слои. В поле **Board items** необходимо выбрать элементы печатной платы. После того как в окне **Gerber Output** произведены все необходимые настройки и для всех файлов-слоев Gerber назначены объекты, можно произвести запуск Gerber-генератора.

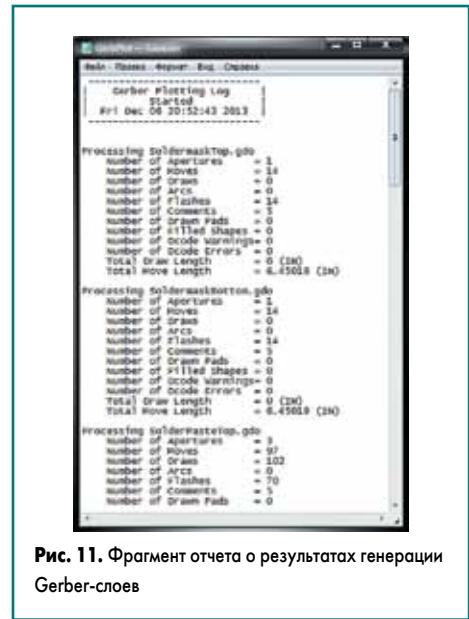


Рис. 11. Фрагмент отчета о результатах генерации Gerber-слоев

Операция выполняется при помощи кнопки **Apply**, находящейся в нижней правой части окна **Gerber Output**. В результате в подкаталоге **Output/Gerber** текущего проекта платы будут получены Gerber-файлы с расширением *.gdo*. Для того чтобы закрыть окно **Gerber Output**, нажмите кнопку **OK**. Рис. 11 демонстрирует фрагмент отчета о результатах генерации Gerber-слоев. После генерации отчет будет сохранен в файл *GerbPlot.txt* в папке **LogFiles** текущего проекта платы.

Генерация данных сверления

Помимо информации Gerber, необходимо снабдить изготовителя данными сверления NC Drill, которые понадобятся для создания соответствующих отверстий в определенных местах печатной платы. Для генерации данных сверления редактор Expedition PCB использует информацию об отверстиях, которые были

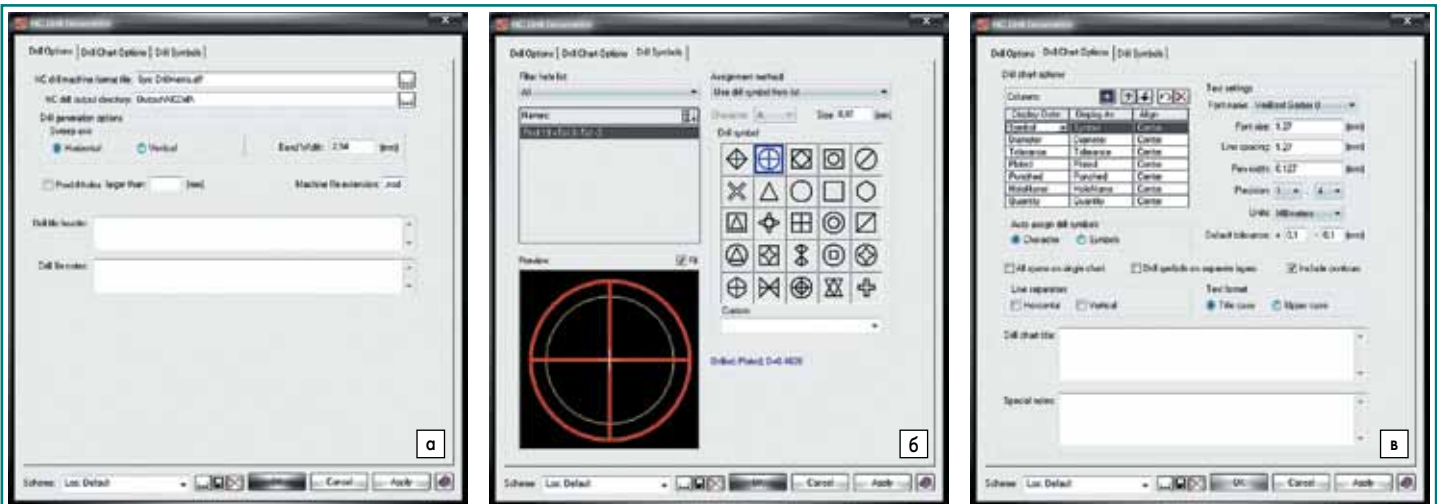


Рис. 12. Интерфейс вкладки: а) Drill Options; б) Drill Symbols; в) Drill Chart Options

созданы в редакторе Padstack Editor. Генерация данных сверления производится в редакторе Expedition PCB при помощи команды основного меню **Output/NC Drill...** Эта команда открывает окно **NC Drill Generation**, разделенное на следующие вкладки:

- **Drill Options** — параметры сверления;
- **Drill Chart Options** — параметры таблицы сверления;
- **Drill Symbols** — символы сверления.

Рассмотрим вкладку **Drill Options** более подробно. В верхней части вкладки находятся два поля: **NC drill machine format file** и **NC drill output directory**, в них при помощи кнопки **Browse** в соответствии с выбранными единицами (метрические или дюймовые) можно назначить файл машинного формата NC drill с расширением *.dff* и выходную директорию NC drill соответственно. Добавить комментарий или пояснительный текст в заголовок и в конец файла можно с помощью полей **Drill file header** и **Drill file notes** (текст вводится с клавиатуры). В поле **Drill generation options** можно задать следующие параметры генерации сверления:

- **Sweep axis** — развертка оси (горизонтальная или вертикальная);
- **Band Width** — ширина полосы сверления;
- **Predrill holes larger than** — отверстия размером больше чем значение, заданное в поле **mm** сверлить предварительно (для больших отверстий можно задать предварительное сверление посредством установки флажка в чекбоксе);
- **Machine file extension** — расширение машинного файла (по умолчанию *.ncd*).

Развертка оси и ширина полосы сверления определяют порядок сверления в выходных файлах NC drill. Вкладка **Drill Options** представлена на рис. 12а. Данные сверления создаются в виде файла с расширением *.ncd* (в том случае если пользователем не задан другой формат) в подкаталоге **Output/NCDrill** текущего проекта платы.

Рассмотрим вкладку **Drill Symbols**. В верхней левой части вкладки находится выпадающее меню фильтрации списка отверстий **Filter hole list**. При помощи меню можно отфильтровать список отверстий по типу формы отверстий:

- круглые (Round);
- квадратные (Square);
- прямоугольные (Rectangle);
- гнездо (Slot);
- все (All).

Ниже фильтра списка отверстий находится окно **Names**, отображающее список существующих отверстий. В правой части вкладки расположено поле назначения метода **Assignment method**, которое принимает одно из четырех значений:

- **Automatically assign during output** (автоматически назначать во время вывода) — символ назначается автоматически для каждого отверстия. Назначение производится по размеру сверла;
- **None (net)** — символ не назначается;
- **Use character as drill symbol** (использовать букву как символ сверления) — в качестве символа сверления назначается буквенное значение, которое необходимо выбрать из выпадающего списка в поле **Character**. Для буквенного значения следует также задать размер. Сделать это можно в поле **Size**;
- **Use drill symbol from list** (использовать символ сверления из списка) — в качестве символа сверления назначается графический символ.

После выбора в поле **Assignment method** пункта **Use drill symbol from list** становится активным окно **Drill symbols**, в котором можно при помощи левой кнопки мыши выбрать графику символа сверления. При этом размер символа сверления задается в поле **Size**. Из выпадающего списка в поле **Custom**, расположенном в правой нижней части вкладки, альтернативно может быть выбран заказной символ. Размер заказного символа не изменяется, так как он уже определен при создании. Созданное отверстие показано в окне предварительного просмотра **Preview**. Интерфейс вкладки **Drill Symbols** представлен на рис. 12б.

Рассмотрим вкладку **Drill Chart Options** (рис. 12в). В верхней левой части вкладки расположено поле **Columns**, в котором можно задать названия столбцов таблицы сверления и выравнивание текста:

- **Center** — по центру;
- **Left** — по левому краю;

- **Right** — по правому краю.

В верхней части поля **Columns** размещено пять кнопок:

- **New** — создать новый столбец в таблице сверления;
- **Move Up** и **Move Down** — изменить взаимное расположение столбцов в таблице;
- **Delete** — удалить столбец;
- **Undo Delete** — отменить удаление.

Ниже поля **Columns** находится поле автоматического назначения символов сверления **Auto assign drill symbols**, принимающее одно из двух значений: **Character** или **Symbols**. Выбор значения данного поля производится установкой переключателя в необходимую позицию. В правой верхней части вкладки имеется поле **Text settings**, в котором можно задать следующие параметры текста:

- **Font name** — название шрифта;
- **Font size** — размер шрифта;
- **Line spacing** — межстрочный интервал;
- **Pen width** — ширина пера;
- **Precision** — точность вывода числовых значений (данный параметр задается посредством выбора из двух выпадающих меню, в первом из которых можно задать точность вывода значений чисел до запятой, а во втором — после запятой. К примеру, если в поле указаны значения 2 и 5, то формат вывода числа будет таким: 00,33333);
- **Units** — единицы измерения;
- **Default tolerance** — допуск.

В поле **Line separators** посредством установки флажков в чекбоксах **Horizontal** и **Vertical** задается отображение горизонтальных и вертикальных разделительных линий в таблице сверления. В поле **Text format** при помощи установки переключателя в позицию **Title case** или **Upper case** задается отображение текста в таблице. Добавить комментарий или пояснительный текст в заголовок и в конец таблицы можно с помощью полей **Drill chart title** и **Special notes** соответственно (текст вводится с клавиатуры). После того как все необходимые изменения внесены, следует нажать кнопку **Apply**, в результате NC Drill Generation сгенерирует графику таблицы сверления и разместит ее на слое **Drill Drawing** — **Through**. В редакторе Expedition PCB таблицу можно

Through Holes All Drills (unless specified) +/- 00.000 (MM)						
Symbol	Diameter	Tolerance	Plated	Punched	Notes	Quantity
Ø	00.400	+00.000 / -00.075	Yes	No	Plnd 10 + Tol 0 - Tol -3	14

Рис. 13. Пример таблицы сверления

перемещать в пределах чертежа в режиме Place Mode, используя команды размещения:

- переместить — *Move*;
- зафиксировать — *Fix*;
- разфиксировать — *Unfix*;
- поворот на 90° — *Rotate 90*;
- поворот на 180° — *Rotate 180*;
- привязка к сетке — *Snap to Grid*.

Пример таблицы сверления представлен на рис. 13. Отчет о результатах генерации данных сверления будет сохранен в файл *NCDrill.txt* в папке **LogFiles** текущего проекта платы.

В результате проделанной работы будут получены Gerber-файлы и файлы сверления, которые необходимо передать производителю печатной платы. Вариант, когда разработчик предоставляет для изготовления набор Gerber-файлов и файлов сверления, является самым оптимальным, поскольку это позволяет избежать неоднозначностей на этапе преобразования файлов из формата вашего САПР в формат Gerber самим производителем, а также сокращает по времени этап подготовки печатной платы к производству. ■