

# Маршрут проектирования Mentor Graphics Expedition Enterprise 7.9.4 — определение геометрии платы и простановка размеров

Компания Mentor Graphics предлагает два маршрута проектирования печатных плат: Expedition Enterprise — революционное средство разработки печатных плат, поддерживающее средства автоматической и интерактивной трассировки, и PADS — доступный, интуитивный и производительный маршрут проектирования в области решений для рабочих групп и небольших компаний.

Mentor Graphics развивает и поддерживает оба указанных маршрута, но наибольшее внимание уделяется Expedition. Именно в нем компания старается отразить все современные тенденции в проектировании печатных плат.

В статье рассматривается процесс создания геометрии печатной платы и простановки размеров средствами программы Expedition PCB, которая входит в состав системы проектирования Expedition Enterprise.

Татьяна Колесникова

beluikluk@gmail.com

## Определение геометрии платы

Топологический редактор Expedition PCB предназначен для проектирования печатных плат электронных устройств и поддерживает современные технологии изготовления печатных плат. Понятие геометрии платы включает в себя следующее: границу платы, монтажные отверстия, области запрета размещения, границу трассировки и области запрета трассировки.

Создание платы начинается с формирования ее контура. Контур платы определяет физическую форму и размер ПП. Контур платы обычно представляет собой замкнутую ломаную линию, которая может содержать дугообразные области. В проекте может существовать только один контур платы.

Для определения области трассировки создается граница трассировки, которая определяет область в пределах контура платы, в эту область могут быть помещены металлизированные поверхности и проводники. Для обеспечения крепления на плате создаются монтажные отверстия, которые обычно не металлизированы.

В Expedition PCB есть три основных режима работы:

- режим размещения — Place Mode;
- режим трассировки — Route Mode;
- режим рисования — Draw Mode.

В режиме рисования создаются контур печатной платы, области трассировки и запретов, вводится текст и проводится работа с пользовательскими слоями (в том числе и импортированными из других САПР).

Существует два способа задания контуров:

- При помощи команды меню *Edit/Place* (далее указать тип контура).
- При помощи команды меню *Edit/Properties...* (далее в открывшемся окне **Properties** в поле **Type** из выпадающего меню следует выбрать тип контура).

Исходные контуры печатной платы (Board Outline) и границы трассировки (Route Border) есть в любом стандартном шаблоне (Template), выбранном при создании проекта. Другие контуры рисуются при необходимости.

К наиболее применяемым относятся:

- Board Outline — граница платы;
- Route Border — граница трассировки;
- Placement Obstruct — зона запрета размещения;
- Route Obstruct — зона запрета трассировки.

## Создание контура платы

Контур платы можно создать путем импорта из машиностроительных САПР (сложные контуры могут быть импортированы из AutoCAD-файл в формате *.dxf*) или при помощи инструментов рисования редактора Expedition PCB. Окно редактора Expedition PCB представлено на рис. 1. Чтобы создать контур платы, используя инструменты рисования, необходимо переключиться в редакторе Expedition PCB при помощи команды меню *Edit/Place/Board Outline* в режим рисования. В результате откроется диалоговое окно **Properties** (рис. 2). Контур платы может быть определен вручную при помощи мыши (при этом окно **Properties** можно не закрывать) или посредством ввода абсолютных координат точек вершин контура в поле **Vertices** окна **Properties**.

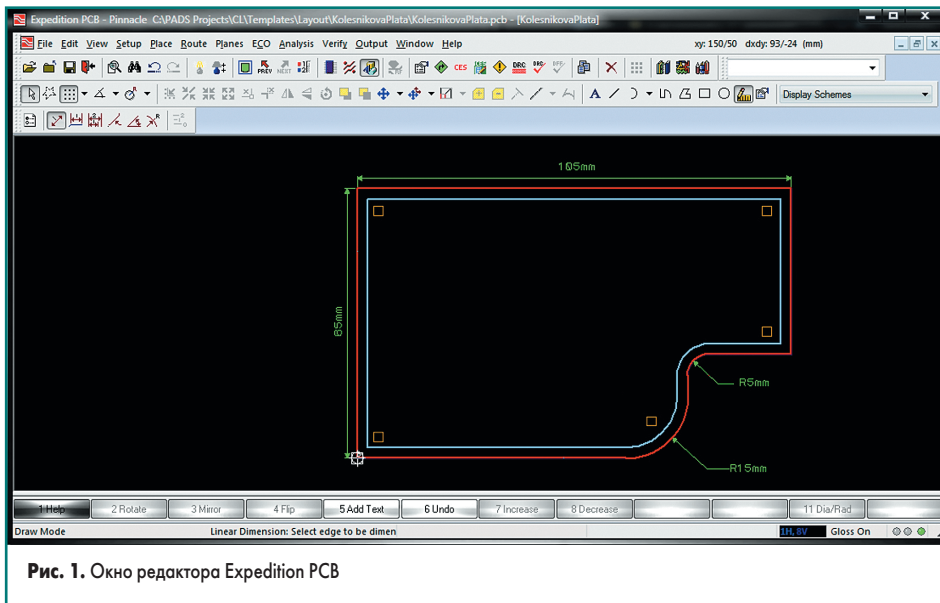


Рис. 1. Окно редактора Expedition PCB

При рисовании контура платы вручную можно использовать инструменты панели инструментов **Draw**:

- Add Polygon — добавить многоугольник;
- Add Rectangle — добавить прямоугольник;
- Add Circle — добавить окружность.

Поле **Vertices** окна **Properties** представляет собой таблицу, в первой колонке которой находятся номера вершин контура платы. Следующие две колонки содержат координаты X и Y этих вершин. Координаты в эту таблицу можно вводить вручную. Для задания координат первой точки контура следует ввести в первой строке в пустых ячейках колонок X и Y необходимые значения (значения могут быть как положительными, так и отрицательными), после чего нажать на клавиатуре клавишу **Enter**. В результате в таблице появится новая пустая строка, в которой можно продолжить ввод значений уже для следующей вершины. Ввод значений будет закончен, после того как многоугольник контура замкнется.

Над таблицей **Vertices** находятся поля:

- **Line width** — ширина линии;
- **Line style** — стиль линии;
- **Vertex type** — тип излома.

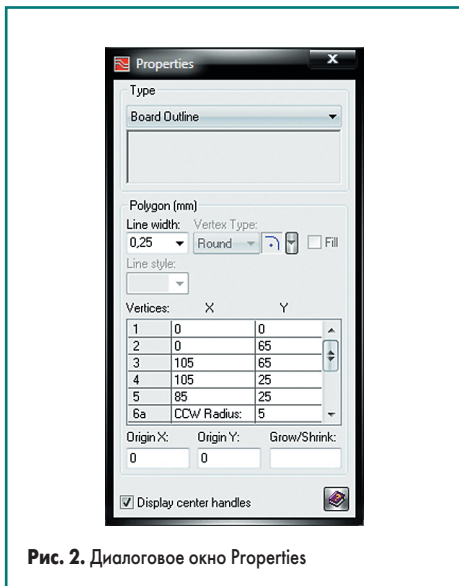


Рис. 2. Диалоговое окно Properties

Поле **Vertex type** может принимать следующие значения:

- Corner — угол;
- Round — скругление;
- Chamfer — фаска.

Для каждого из этих параметров есть возможность задавать угол скоса или радиус скругления.

Под таблицей **Vertices** находятся три поля:

- **Origin X** — начальная координата X;
- **Origin Y** — начальная координата Y;
- **Grow/Shrink** — изменение размера существующей границы.

Поле **Grow/Shrink** позволяет равномерно увеличивать (**Grow**) или уменьшать (**Shrink**) контур на заданную величину в зависимости от того, положительная эта величина или отрицательная. Эту опцию удобно использовать, например, для получения контура границы трассировки **Route Border** из сложного контура платы **Board Outline**.

В поле **Type**, которое находится в верхней части окна **Properties**, посредством выбора из выпадающего меню определяют тип геометрии платы (граница платы, граница трассировки, зона запрета размещения...).

После того как мы ознакомились с интерфейсом диалогового окна **Properties**, можно начинать создание контура платы. Этот процесс можно разбить на шесть этапов:

1. Открытие окна **Properties** при помощи команды меню **Edit/Place/Board Outline**.
2. Выбор значения **Board Outline** в поле **Type**.
3. Определение ширины линии рисования в поле **Line width**.
4. Определение типа излома углов контура платы в поле **Vertex type**, ввод угла скоса или радиуса скругления.
5. Определение контура платы путем ввода координат точек вершин контура в таблице **Vertices** или вручную в рабочем поле редактора Expedition PCB при помощи инструментов **Add Polygon**, **Add Rectangle** и **Add Circle**.
6. Сохранение проделанной работы при помощи команды меню **File/Save**.

При создании нового контура платы прежний удаляется. В каждом проекте может быть только один контур платы.

### Создание границы трассировки

Граница трассировки — это пространство для трассировки в топологии платы. Каждая плата имеет только одну границу трассировки. Граница трассировки создается при помощи команды меню **Edit/Place/Route Border** таким же способом, как и контур платы, либо же копированием контура платы и масштабированием его при помощи опции **Grow/Shrink** диалогового окна **Properties**. Рассмотрим второй способ более подробно.

Для того чтобы создать границу трассировки способом копирования уже отрисованного контура платы, необходимо выполнить такую последовательность действий:

1. Выделить при помощи левой кнопки мыши контур платы.
2. Удерживая на клавиатуре клавишу **Ctrl**, дважды кликнуть левой кнопкой мыши по выделенному контуру платы. В результате получаем новый контур, который представляет точную копию контура платы и имеет тип **Draw Object**.
3. Далее необходимо в поле **Type** диалогового окна **Properties** изменить тип нового контура с **Draw Object** на **Route Border**.
4. Затем следует изменить размеры нового контура путем ввода отрицательного значения в поле **Grow/Shrink** окна **Properties**. (Отрицательное значение задается потому, что граница трассировки должна быть меньше контура платы.)
5. Сохранить проделанную работу при помощи команды меню **File/Save**.

Рассмотренный способ особенно удобен в том случае, когда границу трассировки необходимо отрисовать в соответствии со сложным контуром платы.

### Создание монтажных отверстий

Монтажные отверстия — это специальные стеки контактных площадок, которые представляют металлизированные и неметаллизированные отверстия в топологии платы и доступны для выбора из центральной библиотеки. Для того чтобы разместить монтажное отверстие на плате, необходимо выполнить такую последовательность действий:

1. Вызвать диалоговое окно **Place Mounting Hole** при помощи команды меню **Edit/Place/Mounting Hole...** (Размещение монтажного отверстия на плате осуществляется в режиме трассировки.)
2. В открывшемся окне **Place Mounting Hole** в поле **Padstack** из выпадающего списка выбрать стек контактных площадок.
3. В поле **Net name** из выпадающего списка выбрать имя цепи. (Оно доступно только для металлизированных монтажных отверстий.)
4. В поле **Location** задать местоположение монтажного отверстия на плате (координаты X и Y), если известно точное местоположение отверстия. Можно разместить отверстие вручную при помощи мыши. В этом случае координаты отверстия в поле **Location** вводить не нужно.
5. В поле **Lock status** установить статус фиксации отверстия (**None** — не зафиксировано,

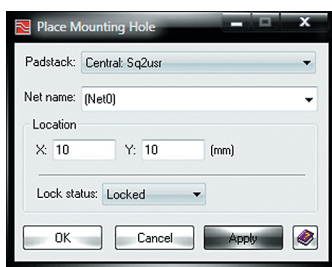


Рис. 3. Окно Place Mounting Pole

Fixed — фиксировано, Locked — заблокировано). Фиксированные монтажные отверстия отображаются на плате заштрихованными, а заблокированные — заполненными.

6. Нажать на кнопку **Apply** или **OK**.

Диалоговое окно **Place Mounting Hole** представлено на рис. 3. Свойства монтажных отверстий, размещенных на плате, можно изменять. Делают это при помощи команды меню **Edit/Properties...**, предварительно выделив монтажное отверстие левой кнопкой мыши.

#### Создание точки начала координат

Точки начала координат определяют абсолютную точку 0/0 для отсчета координат графики внутри топологии. В Expedition PCB используются две отдельные точки начала координат:

- начало координат платы (Board);
- начало координат сверления (NC Drill).

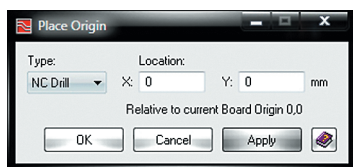


Рис. 4. Диалоговое окно Place Origin

По умолчанию точка начала координат сверления расположена в том же месте, где и точка начала координат платы. При необходимости точку начала координат можно сдвинуть. Для этого используется команда меню **Edit/Place/Origin...**, которая вызывает диалоговое окно **Place Origin** (рис. 4). Для изменения местоположения точки начала координат следует в окне **Place Origin** в поле **Type** из выпадающего меню выбрать тип: Board или NC Drill, а в поле **Location** ввести координаты нового местоположения (X и Y). Для вступления в силу произведенных изменений нужно нажать кнопку **Apply** или **OK**. (Обратите внимание на то, что нажатие на кнопку **Apply**, а затем на **OK** передвинет выбранную точку начала координат дважды.) Все изменения осуществляются в режиме рисования.

#### Создание зоны запрета размещения

Зоны запрета размещения создаются в такой топологии платы, где есть ограничения по высоте компонентов или где есть области, в ко-

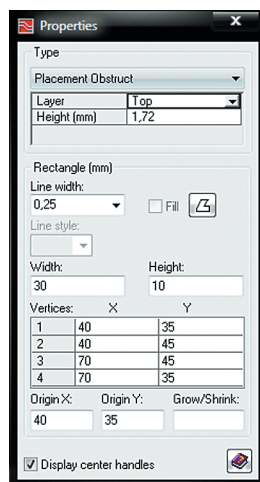


Рис. 5. Окно Properties

торых размещение компонентов вообще запрещено. Зоны запрета размещения создаются в режиме рисования. Для того чтобы создать зону запрета размещения, необходимо в меню **Edit/Place** выбрать пункт **Placement Obstruct**. В результате откроется диалоговое окно **Properties** (рис. 5), в котором в строке **Layer** поля **Type** следует задать слой запрета (сторону): Top (верх) или Bottom (низ). В строке **Height** поля **Type** нужно задать запрет по высоте. Значение 0 в этом поле означает полный запрет размещения компонентов внутри зоны запрета. Контур зоны запрета создается таким же способом, как и контур платы, путем ввода абсолютных координат вершин контура в поле **Vertices** диалогового окна **Properties** либо вручную при помощи мыши.

#### Создание зоны запрета трассировки

Запрет трассировки предназначен для указания соответствующих областей. Зоны запрета трассировки создаются в режиме рисования. Для того чтобы создать такую зону, необходимо в меню **Edit/Place** выбрать пункт **Route Obstruct**. В результате откроется диалоговое окно **Properties**, в котором в поле **Layer** нужно задать слой размещения. Зону запрета трассировки можно разместить на любом трассируемом слое или на всех слоях (значение All).

В поле **Obstruct type** следует задать тип запрета:

- Via — переход;
- Trace — трасса;
- Both — оба.

Контур зоны запрета трассировки создается таким же способом, как и контур платы.

#### Редактирование контура платы

Контур платы (Board Outline) — это рисованный объект, который можно изменять. Изменение контура платы осуществляется в режиме рисования (Draw Mode), который специально предназначен для рисования и редактирования графических элементов. Перед проведением изменений контур необходимо выделить с помощью левой кнопки

мыши, после чего станут активными следующие инструменты панели инструментов Draw, которые можно применить для редактирования:

- Flip Horizontal — горизонтальное отзеркаливание;
- Flip Vertical — вертикальное отзеркаливание;
- Rotate — поворот;
- Move — перемещение;
- Copy — копирование;
- Scale — масштабирование с заданным коэффициентом;
- Snap to Grid — привязка к сетке рисования;
- Dissolve Polygon/Polyline — разбиение контура на линии;
- Delete End Point Handle — удаление конечной точки контура.

Редактировать контур можно и путем перемещения, добавления, удаления его вершин. В вершинах можно применять скругления или скосы. Подобным образом редактируют и другие объекты геометрии платы (границы трассировки, зоны запрета трассировки, зоны запрета размещения).

#### Простановка размеров

Простановка размеров необходима для оформления документации. Размеры можно разместить на пользовательских слоях или слоях сборки. Размеры обычно наносят для контура платы и монтажных отверстий. Все размеры являются ассоциативными (если вы измените контур платы — изменится и связанный с ним размер). Простановка размеров доступна в режиме рисования.

Панель размеров открывается при помощи кнопки **Dimension** (размер), которая находится на панели инструментов Draw, в результате чего становятся доступными следующие инструменты:

- Dimension Options — настройка параметров размеров;
- Place Dimension Along a Linear Element — размер линейных элементов;
- Place Dimension Between Two Elements — размер между двумя точками;
- Place Stacked Dimension — многоярусный размер;
- Angle from X-Axis of Linear Element — угол с осью X;
- Angular Dimension Between Two Linear Elements — угол между линиями;
- Place a Radius or Diameter Dimension — радиусы и диаметры;
- Place Ordinate Dimension — размеры по оси Y.

#### Настройка простановки размеров

Настройку параметров простановки размеров проводят в диалоговом окне **Dimension Parameters** (параметры размеров), которое можно вызвать из меню **Setup/Dimension Parameters...** или при помощи кнопки **Dimension Options** на панели инструментов **Dimension**. Диалоговое окно **Dimension Parameters** разделено на две вкладки: **General** и **Placement**. Рассмотрим интерфейс вкладки **General** более подробно.

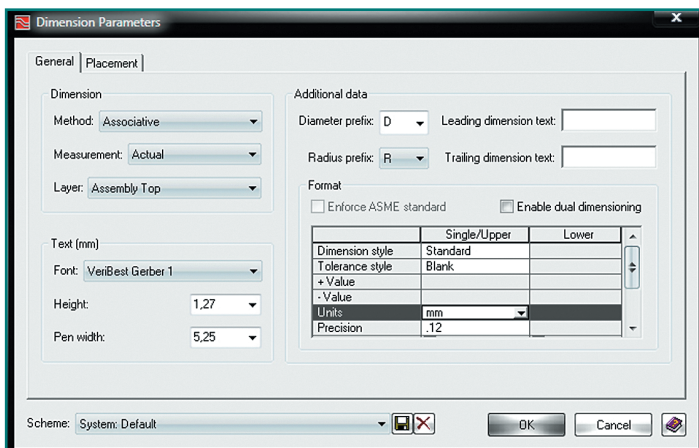


Рис. 6. Вкладка General окна Dimension Parameters

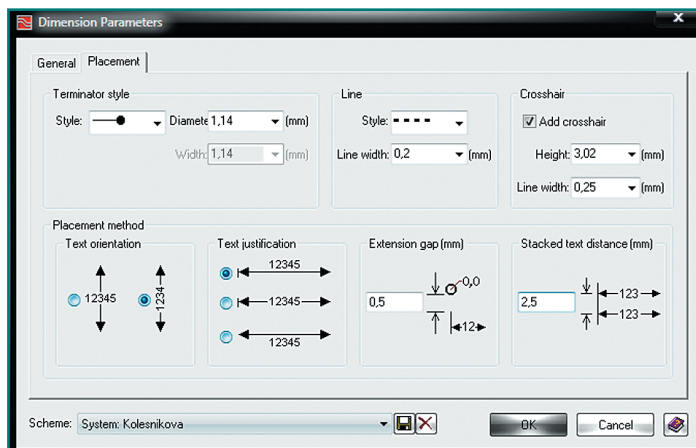


Рис. 7. Интерфейс вкладки Placement

В левой верхней части находится окно **Dimension** (размер), в котором можно задать:

- **Method** — метод;
- **Measurement** — тип измерений;
- **Layer** — слой простановки размеров.

Размеры могут быть проставлены на следующих слоях:

- **Assembly Top** (верхний монтажный) — определяет графику для сборочного чертежа.
- **Assembly Bottom** (нижний монтажный).
- **Silkscreen Top** (верхний маркировочный) — определяет графику, которая будет нанесена методом шелкографии на печатную плату.
- **Silkscreen Bottom** (нижний маркировочный).
- **Default User Layer** (пользовательский).

В левой нижней части вкладки находится окно **Text**, в котором задаются параметры вывода надписей размеров: шрифт, высота и ширина текста. В правой части вкладки **General** в окне **Additional data** (дополнительные данные) можно задать следующие параметры:

- **Diameter prefix** — префикс диаметра. Это буквенное значение, которое будет выводиться перед числовым значением диаметра. Значение префикса выбирают из выпадающего списка.
- **Radius prefix** — префикс радиуса. Буквенное значение, которое будет выводиться перед числовым значением радиуса. Значение префикса выбирают из выпадающего списка.
- **Leading dimension text** — текст, введенный в этом поле, будет добавлен как префикс перед числовым значением размеров.

- **Trailing dimension text** — текст, введенный в этом поле, будет добавлен как суффикс после числового значения размеров.
- **Format** — задаются единицы измерения размеров, допуск и точность, а также определяется значение формата размеров.

Настройки параметров размеров можно сохранить в виде схемы. В одном проекте может быть создано несколько схем, которые далее могут быть использованы и в других проектах. По умолчанию после нажатия на кнопку **OK** все внесенные изменения сохраняются в текущую активную схему (Default). Создать новую схему можно в поле **Scheme**, которое находится в нижней части окна **Dimension Parameters**, при помощи кнопки **Save Scheme**. После нажатия на эту кнопку откроется одноименное окно, в котором в поле **Scheme name** необходимо ввести название новой схемы и нажать на кнопку **OK**. На рис. 6 показана вкладка **General** окна **Dimension Parameters**.

Рассмотрим интерфейс вкладки **Placement**. В верхней части вкладки расположено три окна:

- **Terminator style** — стиль наконечника;
- **Line** — линия;
- **Crosshair** — перекрестие.

В окне **Terminator style** из выпадающего меню в поле **Style** можно задать стиль наконечника размерной линии. Ширина, высота и диаметр наконечника задаются в полях **Width**, **Height** и **Diameter** соответственно. В окне **Line** можно определить стиль и толщину размерной линии. При определении размеров монтажных отверстий в начало размерной линии в центр падающего можно добавить перекрестие. Если есть такая необходимость, то определить этот параметр можно в окне **Crosshair**. Для этого нужно в чекбоксе **Add crosshair** установить флажок, а в полях **Height** и **Line width** задать высоту и ширину линий перекрестия соответственно.

В нижней части вкладки **Placement** находится окно **Placement method** (способ размещения), в котором можно задать следующие параметры:

- **Text orientation** — ориентация текста: горизонтальная или вертикальная;
- **Text justification** — выравнивание текста над выносной линией, сверху на выносной линии, под выносной линией;

- **Extension gap** — расстояние между контуром платы или монтажным отверстием и началом выносной линии;
- **Stacked text distance** — расстояние в стековых размерах.

После внесения всех необходимых изменений следует нажать на кнопку **OK**.

Интерфейс вкладки **Placement** представлен на рис. 7.

Необходимо отметить, что все вносимые изменения в настройки параметров простановки размеров будут применимы к вновь задаваемым размерным линиям. Для того чтобы внести изменения в стиль уже существующей размерной линии, нужно выделить ее щелчком левой кнопки мыши, затем при помощи правой кнопки мыши вызвать контекстное меню, в котором выбрать пункт **Properties...** и в открывшемся одноименном окне внести необходимые изменения. Изменения будут видны еще до закрытия окна **Properties**.

### Размещение размеров

Для размещения размера на линейном элементе нужно нажать на панели инструментов **Dimension** на кнопку **Place Dimension Along a Linear Element**, после чего выделить с помощью левой кнопки мыши линейный элемент: размер разместится автоматически. Для того чтобы создать размер между двумя точками, следует нажать на кнопку **Place Dimension Between Two Elements**. Выберите с помощью левой кнопки мыши сначала первую точку, затем вторую, после чего к курсору присоединится размер, который можно разместить в нужном месте (щелкнуть в этом месте левой кнопкой мыши). Для того чтобы разместить размер радиуса или диаметра, необходимо нажать на кнопку **Place a Radius or Diameter Dimension**, после чего выбрать с помощью левой кнопки мыши окружность или дугу, для которой проставляется размер. В результате к курсору присоединится размер. Для выбора позиции размещения размера следует переместить курсор в нужное место и щелкнуть в этом месте левой кнопкой мыши.

Таким образом, мы рассмотрели основные этапы создания геометрии печатной платы и простановки размеров средствами программы Expedition PCB.