

Система **Electronics Labcenter (Proteus 4.73)** предназначена для проектирования многослойных печатных плат (ПП) аналоговых, цифровых и аналого-цифровых устройств. Она состоит из двух основных модулей:

- **ISIS** – графический редактор принципиальных схем со встроенным менеджером библиотек ;
- **ARES** - графический редактор печатных плат со встроенным менеджером библиотек и автотрассировщиком;

Рассмотрим основные этапы проектирования печатных плат (ПП):

1. Создание и редактирование символов элементов электрических принципиальных схем в **ISIS**, корпусов элементов ПП в **ARES** и взаимосвязей между ними;
2. Создание электрических принципиальных схем в **ISIS** и экспорт списка соединений в **ARES**;
3. Размещение корпусов элементов на ПП в **ARES**;
4. Выбор необходимой стратегии трассировки ПП с последующей автотрассировкой в **ARES**;
5. Вывод чертежей ПП и схем электрических принципиальных на принтер или плоттер.

## 1. Графический редактор принципиальных схем ISIS

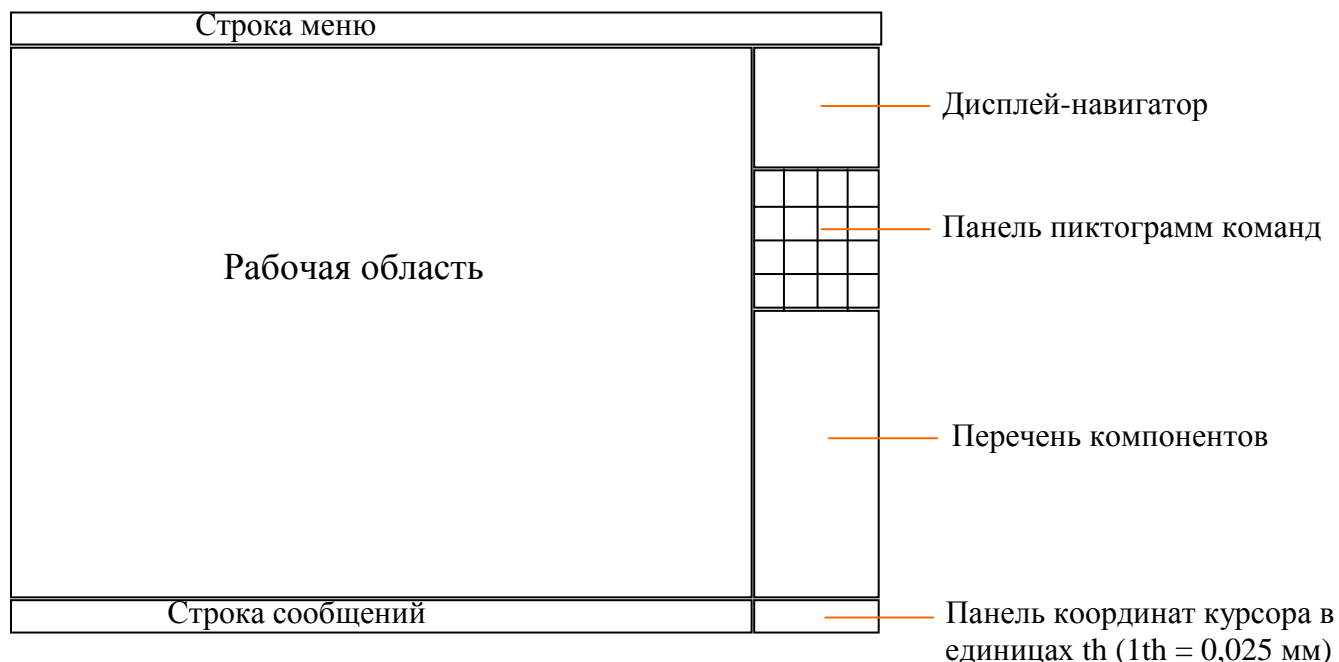










Рис 1. Внешний вид редактора ISIS

### 1.1 Создание и редактирование символов элементов электрических принципиальных схем.

- Выбираем необходимый шаг сетки. Доступны следующие градации сетки (**Snap**): 10 th = 0,25 мм (только из меню **Display**), 50 th = 1,25 мм [**F2**], 100 th = 2,5 мм [**F3**], 500 th = 12,5 мм [**F4**].

- Необходимый масштаб выбираем также из меню **Display** или [F5]...[F11] соответственно 200%...10%.
- На панели пиктограмм команд выбираем  (**Graphic Mode**), после чего становятся доступны графические примитивы  - линия,  - прямоугольник,  - эллипс, круг,  - сектор,  - замкнутая область, **TEXT** - текст. Комбинируя данными примитивами можно создать изображение любого элемента электрической схемы. После создания элемента необходимо присоединить и обозначить выводы. Для этого выбираем  (**Gadgets Mode**) и из доступных кнопок выбираем  - (**Devise pin**), после чего в перечне компонентов доступны типы выводов:

**Default** – обыкновенный (по умолчанию), **invert** – инвертирующий, **posclk** – счётный по положительному перепаду, **negclk** - счётный по отрицательному перепаду, **short** – укороченный обыкновенный. Выделив нужный тип вывода, щелчком левой кнопки мыши располагаем его согласно условному графическому обозначению (УГО) элемента на рабочей области. Крестик на внешней стороне вывода указывает на место подключения проводника. Щелчком левой кнопки мыши на рабочей области доступно меню **Edit Pin**, где в строке **Pin Name** – вводится имя вывода, в строке **Pin Number** – номер вывода. Метки **Draw body**, **draw name** и **draw number** определяют видимость соответственно вывода, имени и номера вывода. При определении выводов питания в разделе **Electrical Type** обязательно ставить метку **Power**, а в разделе **Pin Name** для обозначения вывода питания от положительного источника – ему присваивается имя **VCC**, а для обозначения вывода питания от общего источника – имя **GND**. Эти имена позволяют в дальнейшем задавать стратегию и трассировать цепи питания **Power** отдельно от сигнальных цепей **Signal**. Если в схеме имеется несколько питающих напряжений, в частности двухполярное, то **VCC** и **GND** присваиваются цепям питания с наибольшим подключением элементов, а остальные цепи питания трассируются либо как цепи **Signal** с последующей ручной корректировкой толщины дорожек (если потребуется), либо трассируются вручную перед автотрассировкой. После того как элемент создан, правой кнопкой мыши используем выделение окном всего элемента (засвечивается красным цветом) и в меню **Edit** выбираем **Make device**. В раскрывшемся окне **Make device** в строке **Device Name** набираем библиотечное название элемента латинскими буквами (например K561LN2), в строке **Reference Prefix** вводим префикс позиционного обозначения, например DD – для цифровых микросхем, VT – для транзисторов и т.д. В правой части окна **Make device** из перечня выбираем библиотеку, в которую будем помещать созданный нами элемент. Если корпус элемента содержит несколько однотипных функциональных элементов, то необходимо создание атрибута описания - **Pinout**. Для этого в строке с вопросом **Generate pinout script ?** обязательно ставится метка, а в строке **Use Pinout Script** вводится имя, совпадающее с библиотечным названием элемента. После создания элемента на рабочей области появляется текстовое описание **Pinout**, описывающий пока что только один функциональный элемент и имеющий следующий вид (для примера возьмём K561ЛА7):

```
*PINOUT K561LA7
ELEMENTS = 1
PINS = 3
IP A = 1
IP B = 2
OP Y = 3
```

Теперь для того, чтобы описать все 4 функциональных элемента 2И-НЕ, входящих в состав K561ЛА7, необходимо отредактировать **Pinout**. Для этого наводим курсор мыши на текст **Pinouta** на рабочей области и щёлкаем левой кнопкой мыши. Появляется окно редактирования **Edit Script Block**, в котором производим редактирование **Pinout**. Окончательный вариант **Pinout** для K561ЛА7 должен иметь следующий вид:

**\*PINOUT 561LA7** – заголовок \*PINOUT\_библиотечное имя 561LA7

- пустая строка-разделитель;

**ELEMENTS=4** - кол-во функциональных элементов в корпусе;

**PINS=14** - общее кол-во выводов в корпусе;

- пустая строка-разделитель;

**IP A = 1,5,8,12** - тип вывода **IP**(input pin)\_**A**\_ \_номера выводов всех входов A;

**IP B = 2,6,9,13** - тип вывода **IP**(input pin)\_**B**\_ \_номера выводов всех входов B;

**OP Y = 3,4,10,11** - тип вывода **OP**(output pin)\_**Y**\_ \_номера выводов выходов Y;

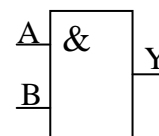
**PP (VCC) = 14** - тип вывода **PP**(power pin)\_ (**VCC**)\_ \_номер вывода +Уи.п.;


**PP (GND) = 7** - тип вывода **PP**(power pin)\_ (**GND**)\_ \_номер вывода -Уи.п.;

- пустая строка-разделитель;

**PINSWAP=A,B** - разрешение менять местами входы A и B при автотрассировке;

**GATESWAP=TRUE** - разрешение менять местами функциональные элементы внутри корпуса при автотрассировке.




Если в корпусе есть “пустые”( незадействованные) выводы то необходимо в после строки **PP (GND) = 7** перед строкой-разделителем написать **NC = x, x, x**. Где **NC** (no connected) – директива, обозначающая для выводов, отсутствие подключений, **x** – номера “пустых” выводов. После того как **Pinout** отредактирован, его нужно сохранить. Для этого закрываем окно **Edit Script Block** и на рабочей области правой кнопкой мыши выделяем текст созданного **Pinouta**. Необходимо обратить внимание на то, что повторный щелчок правой кнопкой мыши по уже выделенному элементу, приведёт к его удалению, поэтому необходимо повышенное внимание при работе с выделенными элементами. При случайном удалении необходимо воспользоваться командой меню **Edit – Undo** либо клавишей [U]. Снятие выделения с элемента производится щелчком правой кнопки мыши за пределами элемента. Вернёмся к **Pinouty**. После его выделения выбираем команду меню **Edit – Make Pinout**. В появившемся окне в строке **Pinout name** вводится библиотечное имя элемента, которому принадлежит данный **Pinout** (например K561LA7), а из списка **Library** выбираем ту же библиотеку, где находится сам элемент. В библиотеках **Pinouty** имеют те же имена, что и элементы, но заключены в квадратные скобки. Например [K561LA7]. При необходимости отредактировать УГО элемента, он извлекается из библиотеки нажатием курсором мыши на кнопку , затем в перечне компонентов в левой части строки-заголовка **DEVICES** появятся кнопки **P** (Pick Devices) и **L** (Devices Libraries Manager). Нажав на кнопку **P** мы получаем доступ к окну **Pick Devices** (выбор устройства), где в списке **Libraries** выбираем необходимую библиотеку, а в списке **Objects** – искомый элемент, изображение которого показано в окне просмотра справа. Выбранный элемент появляется в перечне компонентов **DEVICES**. Затем, закрыв окно **Pick Devices**, и выбрав элемент в перечне компонентов **DEVICES**, щелчком левой кнопки мыши на рабочей области помещаем туда элемент. Выделив его щелчком правой кнопки мыши выбираем из меню **Edit** команду **Decompose** (разло-

жить на составные части). Эта команда по своему действию обратна команде **Make device** и возвращает выбранный элемент на уровень графических примитивов, позволяя его редактировать. Этот режим особенно полезен для редактирования УГО зарубежных элементов- аналогов в соответствии с отечественными ГОСТами.

Система Electronics Labcenter (Proteus 4.73) укомплектована обширными библиотеками элементов зарубежного производства. Поэтому, зная отечественные аналоги, при минимуме редактирования можно легко создавать библиотеки отечественных элементов, к тому же работа с **Pinout**ами сводится к простому переименованию. Единственное на что нужно обратить внимание – в некоторых сериях зарубежных КМОП-микросхем выводы питания(Power) вместо имён VCC и GND имеют соответственно - VDD и VSS. В этом случае в меню **Edit Pin** в строке **Pin Name** надо переименовать на VCC или GND. Если корпус многоэлементный - то также необходимо в **Pinoute** отредактировать строки PP(VDD) = x на PP(VCC) = x, а PP(VSS) = x на PP(GND) = x, где x – номер вывода питания.

## 1.2 Работа с менеджером библиотек

Для вызова менеджера библиотек нажимаем курсором мыши на кнопку  в перечне компонентов в левой части строки-заголовка **DEVICES** нажимаем на кнопку **L** после чего открывается окно **Devices Libraries Manager** – это и есть менеджер библиотек. Справа и слева расположены два равнозначных окна со списками библиотек и содержимым выбранной библиотеки. Любое из этих окон может быть как источником информации (**Source**) так и приёмником (**Dest'n**). Направление от источника к приёмнику указывает большая чёрная стрелка посередине между ними. Так же между окнами **Source** и **Dest'n** расположены следующие кнопки для работы внутри библиотек:

**Order** – ручная сортировка порядка расположения библиотек в списке;

**Select All** – выбор всего содержимого библиотеки

**Unselect All** – отмена выбора всего содержимого библиотеки;

**Copy Items** – копирование выбранных элементов из источника в приёмник;

**Move Items** – перемещение выбранных элементов из источника в приёмник;

**Delete Items** – удаление выбранных элементов из источника;

**Rename Item** – переименование выбранного элемента в источнике;

**Information** – краткая информация о выбранном элементе;

**Prefixes** редактирование префикса.

В нижней части менеджера библиотек расположены кнопки для работы с самими библиотеками:

**Dump Library** – информация о библиотеке;

**Create Library** – создание новой библиотеки;

**ADI Library** ( ASCII Data Import) – импорт данных, описанных в текстовом виде;

**Delete Library** – удаление библиотеки;


**Backup Library** – резервная копия библиотеки, имеет расширение .bak;

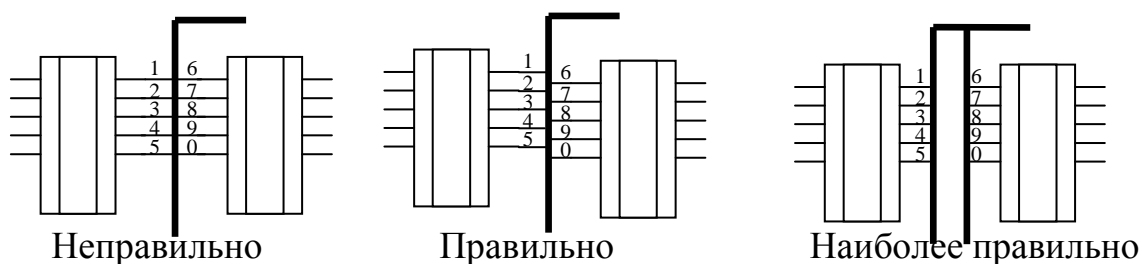
**Pack Library** – упаковка библиотеки;


**File Attribute** – “закрывает” библиотеку ( делает доступной только для чтения),либо “открывает” её ( снимает ограничение на запись ). “Закрывать” библиотека всегда является только источником информации.

### 1.3 Создание схемы электрической принципиальной

В первую очередь выбираем формат рабочего листа (по умолчанию – А4). Для этого в меню **System** выбираем **Set Sheet Sizes** и в появившемся окне **Sheet Size Configuration** выбираем один из форматов **A4, A3, A2, A1, A0** или **User**. Практика показывает, что лучше сразу выбирать **A3**, чтобы не испытывать нехватку рабочего пространства, потому что за пределами формата, очерченного синей рамкой, система не производит никаких действий. Изменить формат можно также на любом этапе пректа. Далее необходимо выбрать сетку с наиболее практичным шагом  $50 \text{ th} = 1,25 \text{ мм}$  [F2]. Затем нажав на кнопки  и , а потом – на **P** (в левом верхнем углу перечня компонентов), входим в окно **Pick Devices** (выбор устройств) и открывая библиотеки, извлекаем в локальную библиотеку нашего проекта необходимые элементы двойным щелчком левой кнопки мыши по ним. Эти элементы будут добавляться в список под строкой-заголовком **DEVICE** перечня компонентов. Набрав в проект необходимый список элементов, приступаем к размещению элементов на рабочей области в пределах выбранного формата. Для этого щелчком левой кнопки мыши выбираем из списка нужный элемент, изображение которого появляется на дисплее-навигаторе. После чего щелчком левой кнопки мыши в нужном месте на рабочей области, размещаем выбранный элемент. Для перемещения элемента, его нужно выделить щелчком правой кнопки мыши, затем нажав левую кнопку мыши и удерживая её, производим перемещение элемента. Для удаления элемента нужно два раза щёлкнуть правой кнопкой мыши. Поворот выбранного элемента на  $90^\circ$  осуществляется нажатием курсором мыши на кнопку . Зеркальное отображение выбранного элемента относительно осей X и Y осуществляется нажатием курсором мыши на кнопку . Кнопки  предназначены для работы с блоками, т. е. с группой выбранных элементов. Нажатие курсором мыши на кнопку  позволяет скопировать и размножить выбранный блок. Нажатие курсором мыши на кнопку  позволяет переместить выбранный блок. Нажатие курсором мыши на кнопку  позволяет удалить выбранный блок. Быстро перемещаться в нужную точку поможет дисплей-навигатор, в котором при нахождении курсора мыши на рабочей области, изображено в миниатюре всё то, что на данный момент нарисовано на рабочем формате, а зелёная рамка показывает участок, который мы видим на рабочей области. Оперирова клавишами изменения масштаба [F5]...[F12] и щёлкая левой кнопкой мыши в нужном месте изображения на дисплее-навигаторе, можно эффективно перемещаться по самым громоздким проектам, реализованных на форматах А0 и А1. После того как элементы будут размещены, приступаем к прокладке соединительных проводников между элементами. Для этого курсор мыши подводим к выводу элемента, от которого будет брать начало соединительный проводник и наблюдаем за появлением крестика на конце курсора мыши. После чего щёлкаем левой кнопкой мыши и тянем проводник в нужном направлении. Изгиб проводника осуществляется щелчком левой кнопкой мыши. При приближении к выводу элемента, где будет оканчиваться проводник, доводим его до появления крестика на конце курсора мыши и щёлкаем левой кнопкой мыши. Прокладка завершена. Если цепь имеет электрические узлы, т. е. соединяет более двух выводов элементов. То при наведении курсора мыши на проводник появляется такой же крестик, как и на выводе элемента, а значит, в любой точке проводника по всей его длине можно как начинать ответвление цепи, так и присоединять другой проводник в одну цепь. При этом в данном месте формируется электрический узел и ставится точка. При создании

проекта с наличием цифровых микросхем очень удобно применять линии групповой связи – шины. Для прорисовки шины нажимаем курсором мыши на кнопку  (**Bus**) и прокладываем шины на схеме, которые отображаются утолщёнными синими линиями. Подключение проводников к шине производить по правилам, указанным на рисунке.



Подключение к шине производится также как к проводнику (на шине появляется крестик на конце курсора мыши), но электрический узел при этом не формируется. Очень удобно подключать выходы одной микросхемы к шине следующим приёмом. Воспользуемся вышеприведённым рисунком. Дело в том, что система запоминает траекторию последнего проложенного проводника. Поэтому проложив проводник с меткой 1 (см. рис.) от вывода микросхемы к шине, остальные проводники (2,3,4,5) проложатся автоматически. Для этого необходимо стать курсором мыши на конец вывода микросхемы (пока не появится крестик) и два раза щёлкнуть левой кнопкой мыши. После всех необходимых подключений к шине наступает этап, требующий повышенного внимания – это маркировка цепей, т. е. присвоению каждой цепи уникального буквенно-цифрового имени (метки) **Label**. Для этого курсором мыши нажимаем на кнопку  **Wire Label** и далее подводя курсор мыши к маркируемому проводнику до тех пор пока не появится крестик, производим щелчок левой кнопки мыши. После чего появляется диалоговое окно **Edit Wire Label**, где в строке **String** набираем в буквенно-цифровой форме название маркируемой цепи. Переключатели **Rotate** и **Justify** задают ориентацию и выравнивание текста относительно проводника. Маркировать можно также «оборванные» проводники, которые с одной стороны подключены к выводу элемента, а другая сторона оборвана. Тем не менее если этот проводник имеет метку т. е. промаркирован, то система подключает его к цепи, имеющей такую же метку (имя). Это бывает полезно при отсутствии возможности вести проводник на большое расстояние из-за высокой степени заполнения схемы, а также удобно таким способом подключать к источнику питания выходы дискретных элементов, задавая им метки **VCC** и **GND**. Чертить «оборванные» проводники очень просто – начать его нужно как обычный проводник, а в месте обрыва нужно щёлкнуть сначала левой потом правой кнопкой мыши, при этом в месте обрыва формируется точка, затем вышеописанным способом промаркировать. Ещё одна замечательная особенность состоит в том, что позиционные обозначения элементов и метки маркированных цепей можно перемещать отдельно от самих элементов и цепей. Это позволяет рационально использовать рабочее пространство, избегая «наплывов» друг на друга позиционных обозначений или позиционного обозначения одного элемента на изображение другого элемента.

Если возникла необходимость изменить позиционное обозначение и номер элемента, следует выделить этот элемент правой кнопкой мыши затем нажать на левую кнопку мыши. После чего откроется окно редактирования свойств **Edit Component**, где в строке **Component Reference** вводим новое позиционное обозначение и

номер (например, V10 изменяем на VT10 или C25 – на C18). **Внимание! Категорически запрещается** заменять в позиционных обозначениях микросхем, имеющих многоэлементный корпус двоеточие с буквой на точку с цифрой (например DD1:A - на DD1.1 или DA2:B - на DA2.2). Все остальные изменения допускаются.

На этапе рисования схемы текущему проекту необходимо задать имя командой меню **File – Save Design As** и периодически сохранять проект командой меню **File – Save Design**, либо клавишей [S], причём ранее сохранённая копия сохраняется под новым именем – Backup of \_имя проекта, и к ней в любой момент можно вернуться и продолжить работу.

После того как схема полностью начерчена, необходимо передать список цепей **Netlist** в редактор печатанных плат **ARES** для дальнейшей работы с проектом.

Для этого необходимо каждому элементу на схеме указать соответствующий ему корпус на печатной плате, что позволит в дальнейшем произвести упаковку **Packaging** элементов в **ARES** на печатной плате. Упаковка элементов – это перенос элементов электрической схемы в соответствующие корпуса на печатной плате со всеми электрическими связями между ними. Упаковку элементов можно осуществить тремя способами:

а) **методом ручной упаковки в ISIS**. Для этого в окне редактирования свойств элемента **Edit Component** в текстовом поле **Other Properties** (другие свойства) необходимо набрать **PACKAGE=[библиотечное имя корпуса в ARES]**. Например, для 561LA7 нужно набрать **PACKAGE=DIL14**, для резистора - **PACKAGE=RES30**, для транзистора KT814 - **PACKAGE=ELINE100** и.т.д.;

б) **методом автоматической упаковки**. Для этого нужно создать текстовый **ADI-файл (ASCII Data Import)** т.е файл перекрёстных ссылок. Создать **ADI-файл** можно в любом текстовом редакторе (Notepad(Блокнот), WordPad, Word). **ADI-файл** должен иметь содержать следующий текст:

```
DATA DEVICE : PACKAGE- - заголовок блока 1
[Библиотечное имя элемента 1 в ISIS] : [Библиотечное имя элемента 1 в ARES]
[Библиотечное имя элемента 2 в ISIS] : [Библиотечное имя элемента 2 в ARES]
. . .
. . .
[Библиотечное имя элемента n в ISIS] : [Библиотечное имя элемента n в ARES]
END - конец блока.
```

```
DATA DEVICE + VALUE : PACKAGE- - заголовок блока 2
[Библиотечное имя элемента 1 в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента 1 в ARES]
[Библиотечное имя элемента 1 в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента 2 в ARES]
. . .
. . .
[Библиотечное имя элемента 1 в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента n в ARES]
[Библиотечное имя элемента n в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента 1 в ARES]
[Библиотечное имя элемента n в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента 2 в ARES]
. . .
. . .
[Библиотечное имя элемента n в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента n в ARES]
END
```

Например наш проект содержит следующие элементы: DD1, DD2 – К561ЛА7, DD3 – К561ИЕ10, R1, R2 – МЛТ-0,125, R3 – МЛТ-0,5, C1 – К10-17, C2 – К50-6 10 мкФ х 16В, C3 – К50-6 470 мкФ х 25В, C4 – К50-6 2200 мкФ х 25В, VD1 – КД522, VD2 – КС515А, VD3 – КЦ405А, VT1 – КТ315, VT2 – КТ814, VT3 – МП42Б.

В этом случае **ADI**-файл будет выглядеть следующим образом:

```
DATA DEVICE : PACKAGE-  
561LA7 : DIL14 (K561LA7)  
561IE10 : DIL16 (K561IE10)  
CAP : CAP20 (K10-17)  
R0125 : RES20 (МЛТ-0,125)  
R05 : RES30 (МЛТ-0,5)  
VD : DIODE25 (КД522)  
VDZEN : DIODE40 (КС515)  
BRIDGE : MOST405 (КЦ405)  
VTNPN : ELINE100 (КТ315)  
END
```

```
DATA DEVICE + VALUE : PACKAGE-  
CAP_ELEC 10u : ELECRAD10 (K50-6 10 мкФ х 16В)  
CAP_ELEC 470u : ELECRAD13 (K50-6 470 мкФ х 25В)  
CAP_ELEC 2200u : ELECRAD20 (K50-6 2200 мкФ х 25В)  
VTPNP KT814 : TO126 (КТ814)  
VTPNP MP42 : TO5 (МП42Б)  
END
```

После того как **ADI**-файл создан, его можно назвать любым именем (лучше именем проекта), например **Primer.txt**, после чего в файловом менеджере (FAR, Norton Commander) необходимо расширение **.txt** заменить на **.adi** (**Primer.adi**). Созданный **ADI**-файл необходимо импортировать в наш проект. Для этого в **ISIS** в меню **Tools** выбираем команду **ASCII Data Import** и в открывшемся окне указываем путь к **ADI**-файлу (**Primer.adi**). Затем элементам электрической схемы, которым в **ADI**-файле необходимо было для выбора корпуса указывать значения, в окне редактирования свойств **Edit Component** в строке **Component Value** необходимо ввести такое же значение как и в **ADI**-файле (для C2 – 10u, C3 – 470u, C4 – 2200u, VT2 – КТ814, VT3 – МП42Б).

**в) методом комбинированной упаковки.** Этот метод является наиболее удобным для упаковки элементов и заключается в том, что сначала редактируется при необходимости **ADI**-файл **Device.adi** (загружаемый по умолчанию) для групп элементов (резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов и.т.д), имеющих при разных значениях одинаковые корпуса. А затем для элементов, имеющих при разных значениях разные корпуса, а также для элементов, не вошедших в перечень **ADI**-файла **Device.adi**, применяется метод ручной упаковки, описанный выше.

После того как упаковка элементов произведена в меню **Tools**, выбираем команду **Netlist to ARES**, либо нажимаем комбинацию клавиш **[Alt]+[A]**. На этом работа по проекту в редакторе **ISIS** заканчивается за исключением вывода на печать, о чём будет описываться в последнем разделе.



## 2. Графический редактор печатных плат ARES

Работа в редакторе ARES является основным этапом проектирования печатных плат и по своему характеру совершенно отличается от работы в редакторе ISIS. Здесь требуется проявление от пользователя его конструкторских способностей.

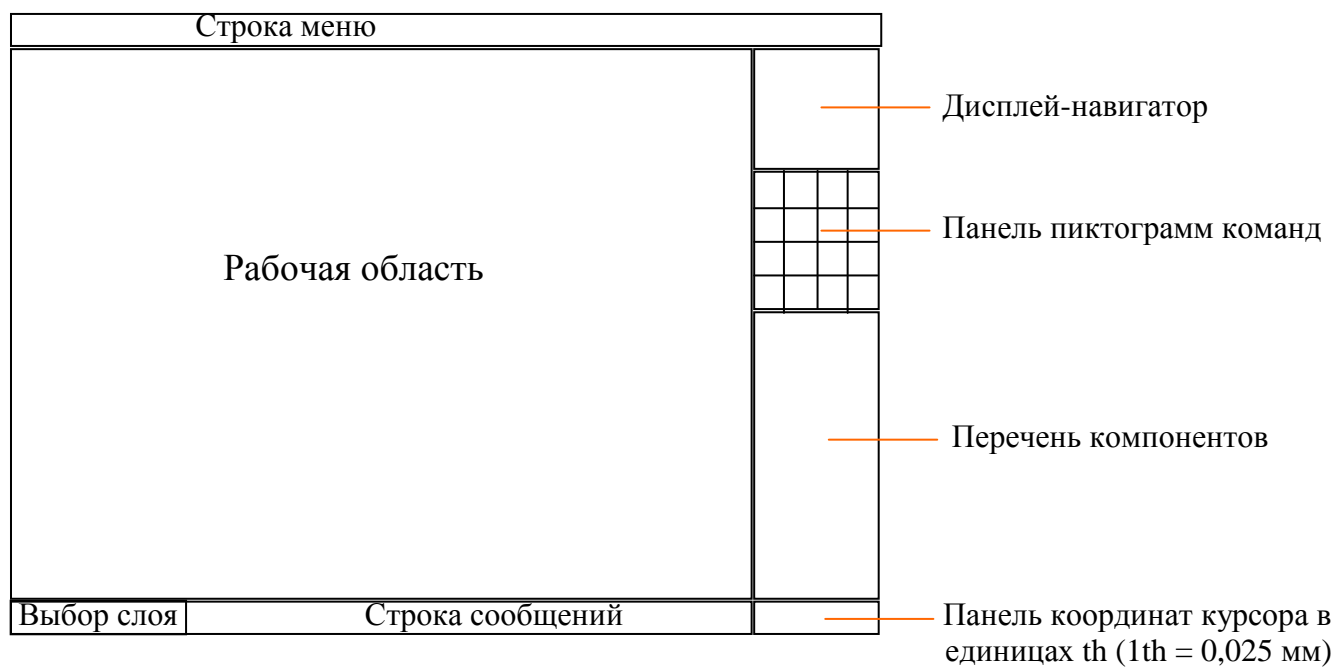


Рис 3. Внешний вид редактора ARES














Внешний вид ARES практически не отличается от редактора ISIS за исключением того, что в левом нижнем углу добавлен раскрывающийся список, в котором производится выбор текущего слоя, а также изменен фон рабочей области на чёрный для уменьшения зрительной нагрузки.

### 2.1. Создание и редактирование корпусов элементов.



Выбираем необходимый шаг сетки. Доступны следующие градации сетки (**Snap**): 1 th = 0,025 мм (только из меню **Display - Snap**), 5 th = 0,125 мм [F2], 25 th = 0,625 мм [F3], 50 th = 1,25 мм [F4]. В ARES имеется возможность переключения сетки на метрическую систему координат. Для этого в меню **Display** в пункте **Metric** ставим метку, после чего текущие координаты курсора в правой нижней панели будут отображаться в мм с дискретностью, равной текущему шагу сетки. Шаг сетки при этом имеет следующие градации: 0,1 мм (только из меню **Display - Snap**), 0,5 мм [F2], 1 мм [F3], 2,5 мм [F4]. Начало координат на рабочей области обозначено синим крестиком, очерченным кругом. Однако пользоваться метрической системой координат при разводке корпусов, созданных в другой системе координат (th) нужно с осторожностью, т. к. в виду того, что автотрассировщик привязан к сетке выбранной системы координат, узлы которой не совпадают с узлами сетки другой системы (в которой создан корпус элемента). То при автотрассировке, когда прокладывается дорожка между контактными площадками, расположенными друг от друга на рас-

стоянии 2,5мм, возможны варианты недопустимого сближения этой дорожки с одной из контактных площадок из-за несовпадения координатных сеток в разных системах координат. Полноценно пользоваться метрической системой координат можно лишь, создав библиотеку с необходимым набором корпусов изначально в метрической системе. Также можно пользоваться метрической системой при рисовании контура печатной платы заданных размеров.

Необходимый масштаб выбираем также из меню **Display – Zoom** или 10:1 [F5], 5:1 [F6], 2:1 [F7], 1:1 [F8], 1:2 [F9], 1:5 [F10], 1:10 [F11], показать всё [F12].




На панели пиктограмм команд выбираем  (**Graphic Mode**), после чего становятся доступны графические примитивы /  - линия,  - прямоугольник,  - эллипс, круг,  - сектор,  - замкнутая область,  - текст. Комбинируя данными примитивами можно создать контур любого по форме корпуса. Корпус элемента представляет собой проекцию корпуса натуральной величины на горизонтальную плоскость платы (отпечаток) с обязательным наличием всех посадочных мест (для штырьковых выводов элемента) или контактных площадок (для планарных элементов). Но прежде чем рисовать контур, необходимо разместить на рабочей области контактные площадки (**pad**), строго соблюдая их взаимное расположение в будущем корпусе элемента. Для этого на панели пиктограмм команд выбираем кнопку  (**Pad mode**), после чего становятся доступны кнопки:  - круглая контактная площадка со сквозным отверстием,  - квадратная контактная площадка со сквозным отверстием,  - прямоугольная контактная площадка со скруглёнными углами и сквозным отверстием,  - прямоугольные и квадратные контактные площадки для планарных элементов (без отверстия),  - элементы разъёмных контактов, изготавливаемых печатным монтажом.



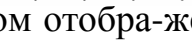
При нажатии курсором мыши на одну из вышеперечисленных кнопок, в перечне компонентов появляется список модификаций выбранного типа контактной площадки. Если ни один из вариантов нам не подходит, то, нажав на кнопку **E** в левом верхнем углу перечня компонентов, появляется окно **Edit Pad Style**, в котором быстро можно задать контактной площадке необходимые параметры. Выбрав контактные площадки, сетку и масштаб, размещаем их на рабочей области таким образом, чтобы отверстия в контактных площадках в точности соответствовали расположению штыревых выводов в реальном корпусе элемента, а для планарных элементов – центры контактных площадок в точности соответствовали расположению планарных выводов. В корпусах элементов с большим числом выводов (микросхемы, разъёмы) первый по нумерации вывод различными способами помечают – делают ключевым, чтобы избежать неоднозначности ориентировки корпуса при монтаже. Также и при создании библиотечного корпуса контактную площадку под первый вывод необходимо выбрать другого типа. Например, если под DIP-корпус микросхемы выбраны круглые контактные площадки, то под первый вывод обычно берётся квадратная контактная площадка. После того как все контактные площадки строго упорядочены согласно выводам реального корпуса, им необходимо присвоить буквенно-цифровые имена в точности совпадающие с именами или номерами выводов библиотечного элемента в **ISIS**, с которым необходимо связать данный корпус. Для этого по очереди выделяем контактные площадки правой кнопкой мыши и затем щелчком левой кнопки мыши вызываем диалоговое окно **Edit Single Pin** (редактирование одного вывода), в котором в строке **Number** вводится имя или номер вывода связанного с данным корпусом элемента **ISIS**. Вся нумерация контактных площадок производится со стороны элементов, т.е. если смотреть на корпус сверху.

После того как все контактные площадки проименованы, выбираем режим **Graphic Mode** , в списке слоёв выбираем слой **Top Silk** (голубой) и с помощью графических примитив рисуем контур корпуса. После чего выделяем окном все элементы созданного корпуса и выбираем в меню **Edit** команду **Make Package**. В появившемся окне **Make Package** в строке **New Package Name** вводим библиотечное имя корпуса, а в списке **Library** выбираем библиотеку, в которую необходимо поместить созданный корпус. После чего его можно выбирать для упаковки элемента, под который создавался этот корпус, на печатную плату. Можно также применить редактирование уже созданных корпусов, что существенно экономит время. Для этого нажимаем на кнопку  и после этого, нажав на кнопку **P** перечня компонентов, вызываем окно **Pick Packages** (выбор корпусов), откуда производим выбор корпуса. Затем, выделив его, разбиваем его на графические примитивы командой меню **Edit** – **Decompose**, после чего, сделав все необходимые изменения, сохраняем его под новым именем в библиотеке.

Работа с менеджером библиотек в **ARES** производится таким же образом, как и в **ISIS**, поэтому заострять внимание на нём мы не будем.

## 2.2 Компоновка корпусов элементов на печатной плате

После того, как в редакторе **ISIS** в меню **Tools** выбрана команда **Netlist to ARES**, система открывает редактор **ARES** и производит автоматическую выборку из всех существующих библиотек те корпуса, которые в процессе упаковки получили связь с соответствующими элементами электрической схемы. Если при этом возникают неоднозначности, связанные с допущенными при упаковке ошибками, в **ARES** открывается окно **Package Selector**, в котором предлагается, указанному в поле **Component** элементу схемы, выбрать из списков **Libraries** и **Packages** соответственно библиотеку и необходимый корпус. При этом можно запустить из Главного меню или с Рабочего стола ещё одну версию **ARES** и, нажав  и **P**, войти в окно **Pick Packages**, которое предоставляет визуальный просмотр корпусов всех библиотек, что существенно облегчит задачу при выборе корпуса. Все выбранные корпуса помещаются в локальную библиотеку (буфер) текущего проекта и отображаются в перечне компонентов при нажатии на . Все корпуса элементов с позиционными обозначениями и нумерацией согласно электрической схеме, заполняют стековый буфер и отображаются в перечне компонентов при нажатии на  и с которым будет связана вся дальнейшая работа по компоновке корпусов элементов на печатную плату. В **ARES** предусмотрена возможность автоматической компоновки внутри очерченного периметра печатной платы, но необходимо отметить очень низкую её эффективность, кстати такие же низкие результаты дают автокомпоновщики в **PCADe**, **ORCADe** и других **CAD**-системах, за исключением **SPECCTRA**, где помимо высокоэффективного алгоритма, существует множество различных настроек автокомпоновщика, а также возможность автоперестановки элементов при трассировке. Убедиться в не совсем корректной работе автокомпоновщика можно, выбрав в меню **Tools** команду **Auto Placer**. Поэтому важно отметить то, что основная и самая трудоёмкая работа в **ARES** приходится на этап ручной компоновки корпусов элементов на плате. Грамотно проведенная компоновка, резко повышает вероятность 100 % трассировки всех электрических связей, особенно при односторонней разводке платы. Итак, приступим к ручной компоновке. Для этого необходимо в меню **Display** выбрать команду **Layers** и в появившемся окне **Displayed Layers**

выбрать метками слои: **Top Copper** – дорожки со стороны элементов, **Bottom Copper** – дорожки со стороны монтажа, **Top Silk** – вид на корпуса, расположенные на верхней стороне платы, **Bottom Silk** – вид на корпуса, расположенные на нижней стороне платы, а также поставить метки на **Pin Numbers** – номера выводов и **Ratsnest** – визуальные связи («резиновые нити»), которые существенно помогают при компоновке. Как правило печатные платы, изготавливаемые под определённый корпус имеют либо фиксированные размеры, либо ограниченные максимально допустимыми пределами. Для таких плат перед началом компоновки рисуется бордюр – краевой периметр платы. Для этого выбираем режим **(Grab Mode)** и в списке слоёв - текущим выбираем **Board Edge**, затем с помощью графических примитив рисуем края платы – бордюр и крепёжные отверстия (можно в метрической системе). Затем в списке слоёв выбираем текущим слой **Component Side** (сторона компонентов). После этого, выделив левой кнопкой мыши нужный элемент в перечне компонентов (он отобразится на дисплее-навигаторе), производим щелчок левой кнопкой мыши в том месте рабочей области, где предполагается установка корпуса выбранного элемента. Затем смотрим на электрическую схему и таким же образом выбираем в перечне компонентов и размещаем на рабочей области, электрически связанный с предыдущим элемент. Между этими двумя элементами образовались визуальные зелёные связи - «резиновые нити». Выделив один из элементов правой кнопкой мыши (окрашивается белым цветом), затем нажимаем на левую кнопку мыши и с последующим её удержанием тянем мышью выделенный элемент к другому элементу. Выделенный элемент кроме вышеописанного  ния, можно вращать на  $90^0$ , используя кнопку , зеркально отображать используя кнопку , но при зеркальном отображении элемент переместится на другой слой **Solder Side** и он станет текущим. При повторном щелчке правой кнопкой мыши на выделенном элементе – этот элемент не удаляется, а перемещается обратно в перечень компонентов. Это свойство бывает полезно когда необходимо временно убрать мешающие элементы из рабочей области платы. Таким образом, используя перетаскивание и вращение элементов, необходимо по мере возможности добиваться как можно меньшей длины «резиновых нитей» и их пересечений. При этом необходимо соблюдать условия электромагнитной и тепловой совместимости устанавливаемых элементов и уметь находить компромис. И так далее перетаскивая из перечня компонентов элемент за элементом на рабочую область, производим равномерное заполнение корпусами элементов площади печатной платы. В ARES есть замечательная особенность – возможность проведения электрических связей при помощи «резиновых нитей», что позволяет обходиться без рисования электрической схемы в **ISIS**. Для этого выбираем **(Ratsnest)** и на предварительно размещённых на плате корпусах элементов, выбрав левой кнопкой мыши необходимый вывод, ведём курсор на соединяемый вывод, после чего щелчком левой кнопки мыши завершаем образовавшуюся электрическую связь. И так далее для остальных связей. После того, как все элементы из перечня компонентов извлечены и скомпонованы на плате, наступает этап трассировки. Но к этапу компоновки вероятно придётся всё-таки вернуться, т. к. результаты первых трассировок могут нас не удовлетворить и необходимо будет произвести перекомпоновку элементов на плате.

### 2.3. Автотрассировка печатной платы

Зададим стратегию автотрассировки, для чего в меню **System** выбираем пункт **Set Strategies**. И в открывшемся диалоговом окне **Edit Strategies** из раскрывающегося списка **Strategy To Edit**, выбирается группа цепей – **Power** (цепи питания **VCC** и **GND**), **Signal** (сигнальные цепи) или **Bus** (цепи, соединяемые по шине). Для каждой группы можно в зависимости от характера трассировки редактируются следующие настройки:

**Priority** – приоритет трассировки. 1 – самый высокий приоритет;

**Trace Style** – из списка выбирается ширина дорожки;

**Via Style** – из списка выбирается диаметр переходного отверстия;

**Neck Style** - из списка выбирается ширина дорожки в узких местах (“перешейка”);


**Pair (Hoz) и (Vert)** – из списков попарно задаются слои, по которым будут прокладываться соответственно горизонтальные и вертикальные дорожки. В случае необходимости **односторонней трассировки**, для всех групп цепей в строке **Pair (Hoz) и (Vert)** необходимо выбрать одинаковые слои **Bottom Copper**, либо из списка **Pair (Hoz)** выбрать слой **Bottom Copper**, а из списка **Pair (Vert)** выбрать **(None)**

**Tactics** – выбирается тактика прокладки дорожек (**Power, Bus, Signal**)

**Vias** – для переходных отверстий выбираются **Normal, Top Blind, Bottom Blind, Buried**;

**Corners** – для угловых участков дорожек выбираются **Optimize** – оптимизация углов, **Diagonal** – замена прямых углов усечёнными под 45°;

**Hide Ratsnest** – спрятать связи («резинковые нити»).

После задания стратегии трассировки, необходимо установить на плате барьеры трассировки – участки на печатной плате, запрещающие по своей территории прокладку дорожек автотрассировщиком. Барьеры необходимы для защиты участков платы в местах крепежа, установки радиаторов, надписей (децимальных номеров), а также для мест, где наличие дорожки нежелательно, например между соседними выводами микросхем и т.д. Для построения барьеров используется режим **Graphic Mode** , а из левого нижнего списка слоёв выбираем текущим - слой **Keepout**. После чего, пользуясь графическими примитивами, на печатной плате рисуем контуры барьеров необходимой формы. На этом подготовку платы к трассировке можно считать законченной.

Далее из меню **Tools** выбираем команду **Auto Router**, после чего появляется диалоговое окно **Auto Router** (автотрассировщик), в котором задаются следующие режимы автотрассировщика:

**Grid** – шаг координатной сетки, в узлах которой автотрассировщик будет размещать центры проводников и переходных отверстий – **50 th, 25 th, 20 th, 10 th**.


**Routers** – выбор трассируемых связей: **All** – трассировка всех связей; **Tagged** - трассировка выделенных связей; **Untagged** - трассировка невыделенных связей;


**Design Rules** – правила прокладки проводников: минимально допустимые зазоры **Pad - Pad** («контактная площадка - контактная площадка»), **Pad – Trace** («контактная площадка - проводник»), **Trace – Trace** («проводник - проводник»);

**Router Options** – параметры трассировки: **Routing Pass** – проходы трассировки (обязательный параметр); **Tidy Pass** – «подчищающие» проходы (по желанию); **Protect manual tracks** – защита дорожек, разведённых вручную (по желанию); **Enable map cacheing** – активизация кэширования (обязательный параметр).

**Rip-up and Retry Routing** – алгоритм трассировки «стирание – замена - повторный проход», необходимый для получения максимально возможного процента раз-

ведённых цепей. **Enable Rip-up and Retry** – активизировать алгоритм «стирание – замена - повторный проход»; **Auto-tidy on Stalemate** – автоматическое завершение трассировки цепей, не имеющих возможности для разводки - «тупик» (желательно включить) ; **Infinite Retry** – возвращение к неразведённой цепи, до тех пор, пока не будет достигнут результат (нежелательно, т.к. возможно бесконечное заикливание на одной цепи и трассировка не будет доведена до конца).

Задав все необходимые режимы в окне **Auto Router**, нажатием на **OK** разрешаем автотрассировщику начать работу. При необходимости остановить работу автотрассировщика, нужно нажать клавишу **Esc**. При этом автотрассировщик оставляет в **ARES** лучший на данный момент вариант разводки. Если результат трассировки не устраивает, то удалить дорожки можно войдя в режим , в списке слоёв выбрать необходимый текущий слой, затем выделив окном правой кнопкой мыши, нажимаем клавишу **Delete**. При этом плата принимает вид, который имела до трассировки. Также можно удалять по одной цепи - двойным щелчком правой кнопки мыши.

В **ARES** имеется возможность ручной трассировки цепей. Такой режим трассировки очень полезен и им очень часто пользуются опытные конструктора. Вручную рекомендуется разводить цепи питания, а также цепи, наиболее требовательные к электромагнитной совместимости и к ёмкости монтажа. После ручной трассировки, в окне **Auto Router**, обязательно нужно включить **Protect manual tracks**. Режим ручной трассировки выбирается нажатием на кнопку , затем выбрав в перечне компонентов **Traces** необходимую ширину дорожки и в списке слоёв – необходимый текущий слой, ставим курсор мыши на вывод элемента, от которого будет прокладываться дорожка. При этом выделится вся цепь, в которую входит данный вывод. Щелчком левой кнопки мыши тянем курсор в нужном направлении. Щелчок левой кнопки мыши позволяет при прокладке дорожки зафиксировать протянутый участок и изменить направление следующей протяжки на 45° или 90°. Двойной щелчок левой кнопки мыши ставит на плате переходное отверстие и меняет текущий слой на слой противоположной стороны платы. Таким образом, имея определённые навыки можно вручную быстро трассировать не только отдельные проводники, но и несложные платы в целом.

## 2.4 Вывод чертежей печатных плат и схем электрических принципиальных на принтер или плоттер

В **Electronics Labcenter (Proteus 4.73)** имеется мощный инструмент для вывода чертежей печатных плат и схем электрических принципиальных на принтер или плоттер. Для вывода на принтер непосредственно из **ARES** в меню **Output** выбираем команду **Set Output Area** и окном выделяем область печати, затем из этого же меню выбираем команду **Print**. После чего открывается диалоговое окно **Print Layout**, где в поле **Layers/Artworks** – выбирается слой, выводимый на печать, в поле **Scale** – выбирается масштаб вывода печатной платы (**50% = 1:2, 100% = 1:1, 150% = 1,5:1, 200% = 2:1, 400% = 4:1**). **Rotation** – ориентация печатной платы при выводе на печать (горизонтальная, вертикальная). **Reflection** - отражение печатной платы при выводе на печать (**Normal** - нормальное, **Mirror** – зеркальное). Важно обратить внимание на то, что при выводе на печать слоёв **Bottom Copper** и **Bottom Silk** необходимо включать режим зеркального отражения **Mirror**.

Помимо этого из ARES, в меню Output изображение печатной платы можно экспортировать в следующие графические форматы:

**Export Bitmap** – экспорт в формат \*.BMP;

**Export Metafile** – экспорт в формат \*.WMF;

**Export DXF File** - экспорт в формат \*.DXF;

**Export EPS File** - экспорт в формат \*.EPS;

**Export Vector File** - экспорт в формат \*.HGL.

После чего, полученные изображения \*.BMP и \*.WMF можно вставить в документ Microsoft Word и с него вывести на печать, а изображение \*.DXF можно открыть в Autocad и также с него распечатать.

В ISIS имеются те же возможности вывода на печать, что и в ARES. Из меню **File** выбирается команда **Set Area** – и окном выделяется область печати, затем из того же меню выбирается команда **Print** и в появившемся окне **Print Design** и в поле **Scope** выбирается **Marked Area** – выделенная область, **Current Sheet** – содержимое рабочего формата, видимое в окне рабочей области, **All Sheets** – всё содержимое рабочего формата; в поле **Scale** – выбирается масштаб вывода электрической схемы (**1:1, 2:3, 1:2, 1:3, 1:4**). В поле **Rotation** – ориентация электрической схемы при выводе на печать (горизонтальная, вертикальная). Экспорт в другие графические форматы осуществляется из меню **File** группой команд **Export Graphics**, откуда выбирается **Export Bitmap, Export Metafile, Export DXF File, Export EPS File, Export Vector File**.

Автор данного руководства – Гришко Юрий. По вопросам обращаться по адресу [yugri@mail.ru](mailto:yugri@mail.ru) либо на [www.kazus.ru](http://www.kazus.ru) на имя yugri. Желаю удачи в освоении этого по истине великого программного продукта.

Pdf: woodyfon