

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Составитель  
А. Н. Гаргаев

## **ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Методические указания к лабораторным работам**  
для студентов специальности СПО  
11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание  
и ремонт электронных приборов и устройств

Рекомендованы цикловой методической комиссией  
общепрофессиональных дисциплин  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2018

Рецензенты:

Григорьев А. В. – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Шаулева Н. М. – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

**Гаргаев Андрей Николаевич**

**Прикладное программное обеспечение профессиональной деятельности** [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности СПО 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств очной формы обучения / сост. А. Н. Гаргаев; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2019.

Приведен теоретический и практический материал, необходимый для успешного изучения дисциплины. Методические материалы дисциплины «Микропроцессорные системы» содержат перечень практических занятий, содержание практических и самостоятельных занятий, список учебно-методических материалов.

© КузГТУ, 2019

© Гаргаев А. Н.,  
составление, 2019

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ «НАЧАЛА ЭЛЕКТРОНИКИ»

Программа представляет собой электронный конструктор, позволяющий имитировать на экране монитора процессы сборки электрических схем, исследовать особенности их работы, проводить измерения электрических величин так, как это делается в реальном физическом эксперименте.

С помощью программы можно:

- изучать зависимость сопротивления проводников от удельного сопротивления его материала, длины и поперечного сечения;
- изучать законы постоянного тока – закон Ома для участка цепи и закон Ома для полной цепи;
- изучать законы последовательного и параллельного соединения проводников, конденсаторов и катушек;
- изучать принципы использования предохранителей в электронных схемах;
- изучать законы выделения тепловой энергии в электронагревательных и осветительных приборах, принципы согласования источников тока с нагрузкой;
- ознакомиться с принципами проведения измерений тока и напряжения в электронных схемах с помощью современных измерительных приборов, наблюдать вид переменного тока на отдельных деталях, сдвиг фаз между током и напряжением в цепях переменного тока;
- изучать проявление емкостного и индуктивного сопротивлений в цепях переменного тока, их зависимость от частоты генератора переменного тока и номиналов деталей;
- изучать выделение мощности в цепях переменного тока;
- исследовать явление резонанса в цепях с последовательным и параллельным колебательным контуром;
- определять параметры неизвестной детали;
- исследовать принципы построения электрических фильтров для цепей переменного тока.

Программу можно также использовать в рамках ее возможностей и для других задач в самостоятельной работе учащихся.

- Одной из главных особенностей комплекса является максимально

возможная имитация реального физического процесса. Для этой цели предусмотрено, следующее:

- изображения деталей конструктора и измерительных приборов приводятся не схематически, а в их реальном виде;
- при превышении номинальной мощности электрического тока, протекающего через сопротивление, последнее “сгорает” и приобретает вид почерневшей детали;
- лампочка и электронагревательный прибор при номинальной мощности начинают светиться и “перегорают”, если мощность, рассеиваемая на них, превышает рабочее значение;
- при превышении рабочего напряжения на конденсаторе, последний также “выходит из строя”;
- при превышении номинального рабочего тока через предохранитель, он “перегорает”;
- большинство операций и их результаты сопровождаются звуковыми эффектами.

Это выполнено для того, чтобы учащийся наглядно видел последствия своих ошибок, учился разбираться в причинах того или иного неудачного эксперимента и вырабатывал необходимые навыки предварительного анализа схемы.

## ОПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММЫ

При запуске программы, на экран монитора компьютера выводятся:

- монтажный стол с контактными площадками, на котором можно собирать и анализировать работу электрических схем (в центре экрана);
- панель деталей, содержащая набор электрических элементов (в правой части экрана);
- “мусорная корзина”, куда выбрасываются перегоревшие и ненужные детали (она расположена в левом нижнем углу экрана);
- панель управления программой с кнопками для вызова вспомогательных инструментов (расположена в верхней части экрана).

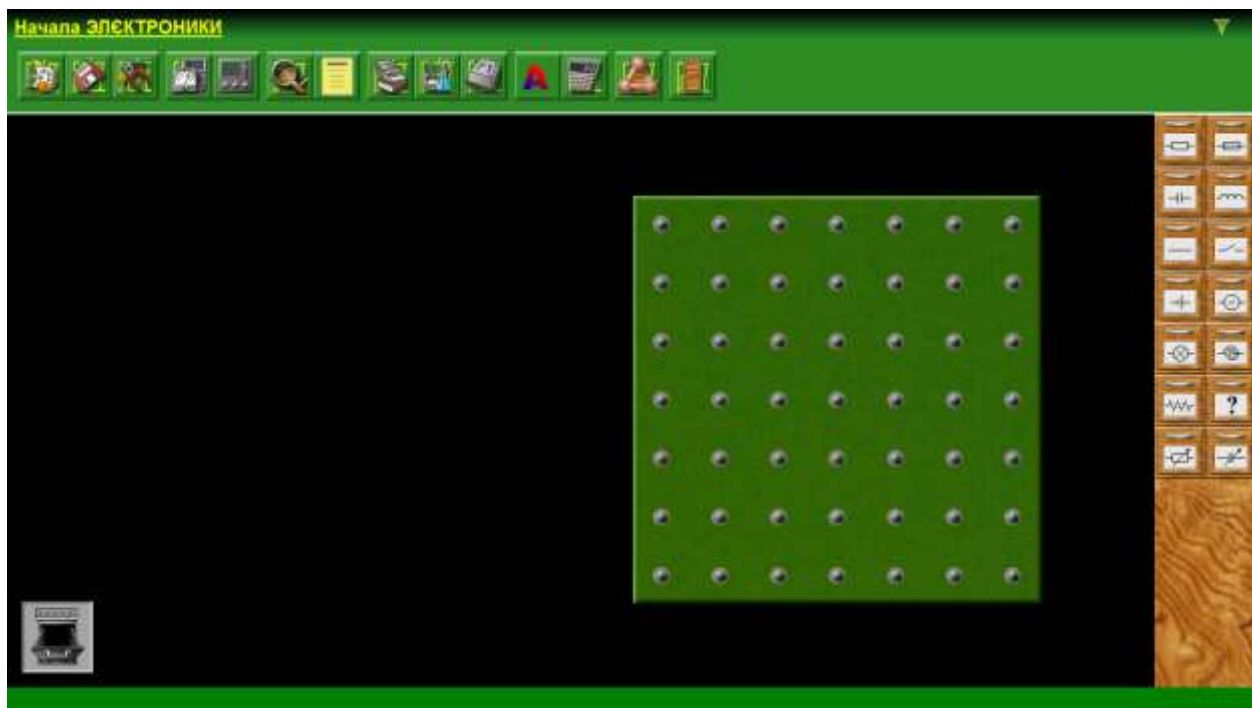


Рис. 1. Интерфейс программы «Начала электроники»

Монтажный стол представляет собой набор из  $7 \times 7 = 49$  контактных площадок, к которым “припаиваются” электрические детали, для сборки различных электрических схем. Каждая деталь может располагаться лишь между двумя ближайшими контактными площадками или вертикально или горизонтально. К деталям, в точки их соединения с контактными площадками, можно подключать щупы измерительных приборов. Выбор деталей из набора конструктора и размещение их на рабочем столе производится с помощью манипулятора “мышь”. Это делается стандартным для Windows –

приложений способом – необходимо поместить указатель “мыши” на нужную деталь (указатель принимает вид пинцета), затем нажать левую кнопку “мыши” и, удерживая ее в нажатом состоянии, переместить деталь в нужное место монтажного стола. После освобождения левой кнопки “мыши”, деталь будет установлена в указанном месте. Ненужные и “испорченные” детали можно удалить со стола в “мусорную корзину” таким же способом.

Можно удалять детали со стола и другим методом. Необходимо “щелкнуть” на детали правой кнопкой “мыши” – появится окно с надписью “Выбросить деталь”. После подтверждения (щелчка на кнопке), деталь будет удалена в корзину.

Детали, “вынесенные” за пределы монтажного стола, но не в корзину, накапливаются в нижней части монтажного стола.

На столе одновременно не могут быть расположены источники переменного и постоянного тока.

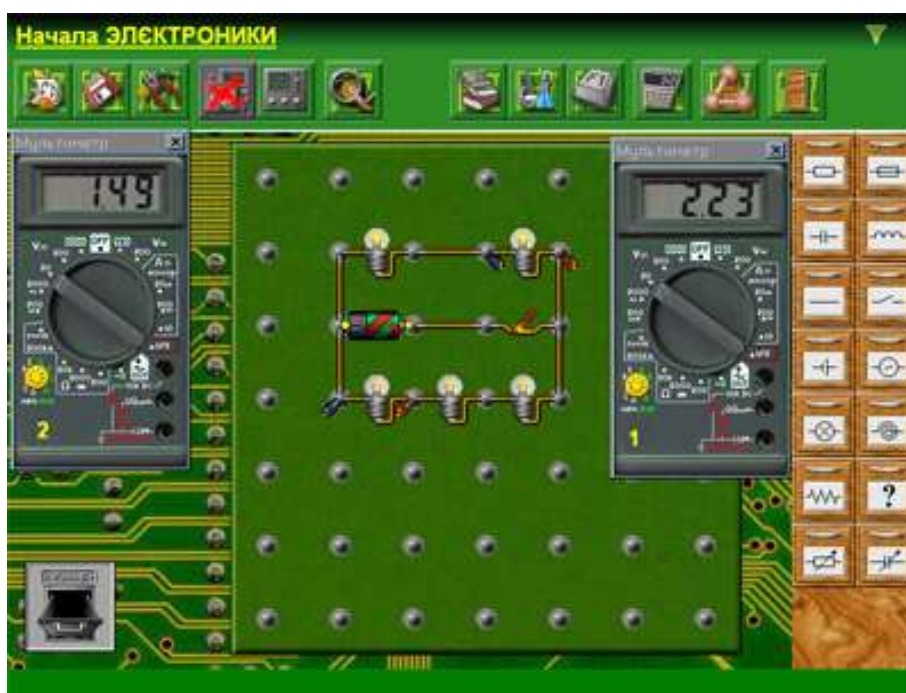


Рис. 2. Пример реализации схемы.

Таблица 1 - Функции кнопок панели управления

	Загрузить схему из файла	Кнопка открывает окно с папкой, в которой хранятся файлы со схемами, сохраненными ранее командой "Сохранить схему как...". Можно выбрать файл с необходимой схемой и открыть его стандартным способом, что приведет к появлению схемы в готовом виде на монтажном столе.
	Сохранить схему как...	Кнопка открывает окно, в котором необходимо указать имя файла для сохраняемой схемы, и при необходимости указать папку, в которой следует поместить файл. Схема, расположенная на монтажном столе, будет сохранена в указанном файле и папке. На монтажном столе схема остается. В дальнейшем, сохраненная схема может быть вызвана на монтажный стол командой "Загрузить схему из файла".
	Очистить монтажный стол	Кнопка удаляет собранную на монтажном столе схему. После подтверждения операции схема удаляется безвозвратно!
	Получить мультиметр	Нажатие кнопки приводит к появлению на рабочем столе измерительного прибора "Мультиметр". Можно одновременно иметь не более двух мультиметров.
	Пока- зать/Спрят ать окно "параметры детали"	Кнопка показывает или прячет окно "Параметры детали", в котором можно просматривать и изменять параметры выбранной на монтажном столе детали. Выбор детали осуществляется установкой на нее указателя "мыши" (он б принимает вид пинцета) и щелчком левой кнопки мыши. Выбранная деталь отмечается желтыми метками. Изменять значения параметров можно двумя способами: или выбирать их из выпадающего списка, после нажатия кнопки t справа от окна значения параметра, или заданием значения с клавиатуры (для этого необходимо сначала открыть выпадающий список). Окно "Параметры детали" автоматически появляется на экране после двойного "щелчка" левой кнопкой на детали.
	Пока- зать/Спрят ать	Кнопка показывает или прячет окно "Состояние детали", в котором можно видеть действительную и мнимую части сопротивления, тока,

	ть окно "Состояние детали"	напряжения и мощности, рассеиваемой на детали в данный момент времени. Это окно предназначено для отладки и контроля работы схемы, выполняемой преподавателем. Поэтому данная кнопка появляется на панели управления лишь при запуске программы в режиме "учителя" (с E.EXE / teacher). Это сделано для того, чтобы студент не мог воспользоваться столь простым способом решения задачи, а делал бы это с помощью проведения реальных измерений предоставленными ему приборами.
	Язык	Данная кнопка открывает окно, в котором можно выбрать язык для текстов справочной системы, описаний лабораторных работ и справочника по электричеству.
	Справоч- ник по электриче- ству	Кнопка открывает окно, со справочными материалами, составленными из кратких описаний данного раздела курса, содержащих формулы, иллюстрации и примеры.
	Справка по программе	Эта кнопка открывает окно со справочной информацией, содержащей описание правил работы с программой.
	Калькуля- тор win- dows	Кнопка вызывает стандартный калькулятор Windows.
	О про- грамме	Кнопка отображает сведения об авторах данного программного продукта.
	Выход из программы	Кнопка приводит к завершению работы с программой. Программа запрашивает о сохранении электрической схемы, находящейся на монтажном столе. Не сохраненная на рабочем столе схема теряется!



## Лабораторная работа №1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭДС И ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Цель работы:** определить внутреннее сопротивление источника тока и его ЭДС.

#### 1. Основные теоретические положения

Электроизмерительными приборами называют технические средства с нормированными метрологическими характеристиками, предназначенные для выработки сигналов, функционально связанных с измеряемыми электрическими величинами, в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Различают аналоговые и цифровые приборы. В аналоговых приборах электрическая энергия измеряемой величины преобразуется в механическую энергию подвижной части прибора – стрелки.

По способу преобразования различают: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические и др. приборы.

Электрический ток в проводниках вызывают так называемые источники постоянного тока. Силы, вызывающие перемещение электрических зарядов внутри источника постоянного тока против направления действия сил электростатического поля, называются *сторонними силами*. Отношение работы  $A_{\text{стор}}$ , совершаемой сторонними силами по перемещению заряда  $\Delta Q$  вдоль цепи, к значению этого заряда называется *электродвижущей силой*  $\varepsilon$  источника (ЭДС):

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор}}}{\Delta Q} \quad (1)$$

Электродвижущая сила выражается в тех же единицах, что и напряжение или разность потенциалов, т.е. в вольтах (В).

Работа – эта мера превращения энергии из одного вида в другой. Следовательно, в источнике сторонняя энергия преобразуется в энергию электрического поля

$$W = \varepsilon \Delta Q \quad (2)$$

При движении заряда  $Q$  на внешнем участке цепи преобразуется энергия стационарного поля, созданного и поддерживаемого источником:

$$W_1 = U \Delta Q, \quad (3)$$

а на внутреннем участке:

$$W_2 = U_{\text{вн.}} \Delta Q \quad (4)$$

По закону сохранения энергии

$$W = W_1 + W_2 \text{ или } \varepsilon \Delta Q = U \Delta Q + U_{\text{вн.}} \Delta Q \quad (5)$$

Сократив на  $Q$ , получим:

$$\varepsilon = U_{\text{вн.}} + U \quad (6)$$

т.е. электродвижущая сила источника равна сумме напряжений на внешнем и внутреннем участке цепи.

При разомкнутой цепи  $U_{\text{вн.}} = 0$ , то

$$\varepsilon = U \quad (7)$$

Подставив в равенство (6) выражения для  $U$  и  $U_{\text{вн.}}$  по закону Ома для участка цепи

$$U = I \Delta R; U_{\text{вн.}} = I \Delta r,$$

получим:

$$\varepsilon = I \Delta R + I \Delta r = I \Delta (R + r) \quad (8)$$

Отсюда

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (9)$$

Таким образом, сила тока в цепи равна отношению электродвижущей силы источника к сумме сопротивлений внешнего и внутреннего участков цепи. Это закон Ома для полной цепи. В формулу (9) входит внутреннее сопротивление  $r$ .

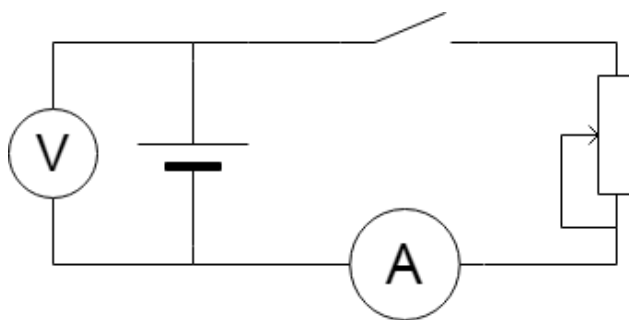


Рис. 1

Пусть известны значения сил токов  $I_1$  и  $I_2$  и падения напряжений на реостате  $U_1$  и  $U_2$ . Для ЭДС можно записать:

$$\varepsilon = I_1 \Delta (R_1 + r) \text{ и } \varepsilon = I_2 \Delta (R_2 + r) \quad (10)$$

Приравнивая правые части этих двух равенств, получим

$$I_1 \Delta (R_1 + r) = I_2 \Delta (R_2 + r) \text{ или } I_1 \Delta R_1 + I_1 \Delta r = I_2 \Delta R_2 + I_2 \Delta r$$

$$I_1 \Delta r - I_2 \Delta r = I_2 \Delta R_2 - I_1 \Delta R_1$$

Т. к.  $I_1 R_1 = U_1$  и  $I_2 R_2 = U_2$ , то можно последнее равенство записать так

$$r \Delta (I_1 - I_2) = U_2 - U_1,$$

откуда

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} \quad (11)$$

## 2. Порядок выполнения работы

1. Соберите цепь по схеме, изображенной на рисунке 1. Установите сопротивление реостата 7 Ом, ЭДС батарейки 1,5 В, внутреннее сопротивление батарейки 3 Ом.
2. При помощи мультиметра определите напряжение на батарейке при разомкнутом ключе. Это и будет ЭДС батарейки в соответствии с формулой (7).
3. Замкните ключ и измерьте силу тока и напряжение на реостате. Запишите показания приборов.

4. Измените сопротивление реостата и запишите другие значения силы тока и напряжения.
5. Повторите измерения силы тока и напряжения для 6 различных положений ползунка реостата и запишите полученные значения в таблицу.
6. Рассчитайте внутреннее сопротивление по формуле (11).
7. Определите абсолютную и относительную погрешность измерения ЭДС и внутреннего сопротивления батарейки.

### **3. Содержание отчёта**

1. Тема и цель работы.
2. Необходимое оборудование.
3. Краткие записи по самостоятельно изученному материалу.
4. Электрическая схема.
5. Результаты расчётов.
6. Обобщение и выводы по проделанной работе.

### **4. Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте закон Ома для полной цепи.
2. Чему равно ЭДС источника при разомкнутой цепи?
3. Чем обусловлено внутреннее сопротивление источника тока?
4. Чем определяется сила тока короткого замыкания батарейки?

## Лабораторная работа №2

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

**Цель работы:** изучить зависимость емкостного и индуктивного сопротивлений от частоты переменного тока и параметров элементов.

#### 1. Основные теоретические положения

В цепи переменного тока кроме резисторов могут использоваться катушки индуктивности и конденсаторы. Для постоянного тока катушка индуктивности имеет только активное сопротивление, которое обычно невелико (если катушка не содержит большое количество витков). Конденсатор же в цепи постоянного тока представляет "разрыв" (очень большое активное сопротивление). Для переменного тока эти элементы обладают специфическим реактивным сопротивлением, которое зависит как от номиналов деталей, так и от частоты переменного тока, протекающего через катушку и конденсатор.

##### 1.1. Катушка в цепи переменного тока

Рассмотрим, что происходит в цепи, содержащей резистор и катушку индуктивности. Колебания силы тока, протекающего через катушку:

$$i = I_m \cdot \cos(\omega t)$$

вызывают падение напряжения на концах катушки в соответствии с законом самоиндукции и правилом Ленца:

$$u_L = L \frac{di}{dt} = -L\omega I_m \sin(\omega t) = \omega L I_m \cos(\omega t + \pi/2)$$

т.е. колебания напряжения опережают по фазе колебания силы тока на  $\pi/2$ . Произведение  $\omega L I_m$  является амплитудой колебания напряжения:

$$U_L = \omega L I_m$$

Произведение циклической частоты на индуктивность называют *индуктивным сопротивлением* катушки:

$$X_L = \omega L \tag{1}$$

поэтому связь между амплитудами напряжения и тока на катушке совпадает по форме с законом Ома для участка цепи постоянного тока:

$$U_L = X_L I_m \quad (2)$$

Как видно из выражения (1), индуктивное сопротивление не является постоянной величиной для данной катушки, а пропорционально частоте переменного тока через катушку. Поэтому амплитуда колебаний силы тока  $I_m$  в проводнике с индуктивностью  $L$  при постоянной амплитуде  $U_L$  напряжения убывает обратно пропорционально частоте переменного тока:

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}.$$

## 1.2. Конденсатор в цепи переменного тока

При изменении напряжения на обкладках конденсатора по гармоническому закону:

$$u_C = U_m \cos(\omega t)$$

Заряд  $q$  на его обкладках изменяется также по гармоническому закону:

$$q = Cu_C = CU_m \cos(\omega t)$$

Электрический ток в цепи возникает в результате изменения заряда конденсатора, поэтому колебания силы тока в цепи будут происходить по закону:

$$i = \frac{dq}{dt} = -\omega CU_m \sin(\omega t) = \omega CU_m \cos(\omega t + \pi/2)$$

Видно, что колебания напряжения на конденсаторе отстают по фазе от колебаний силы тока на  $\pi/2$ . Произведение  $\omega CU_m$  является амплитудой колебаний силы тока:

$$I_m = \omega CU_m$$

Аналогично тому, как было сделано с индуктивностью, введем понятие *емкостного сопротивления* конденсатора:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (3)$$

Для конденсатора получаем соотношение, аналогичное закону Ома:

$$U_C = X_C I_m \quad (4)$$

## 2. Порядок выполнения работы

1. Соберите цепь, показанную на рисунке 1.
2. Установите следующие значения параметров:

Генератор – напряжение (эффективное) 100 В, частота 100 Гц;

Конденсатор – рабочее напряжение 400 В, емкость 10 мкФ;

Резистор – рабочая мощность 500 Вт, сопротивление 100 Ом.

3. Изменяя емкость конденсатора в диапазоне от 5 до 50 мкФ, запишите показания вольтметров (напряжение на конденсаторе и на резисторе).
4. Рассчитайте эффективное значение токов, текущих в цепи, в зависимости от значения емкости конденсатора (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление).
5. Определите значения емкостных сопротивлений конденсатора для соответствующих значений его емкости и сравните их с рассчитанными по формуле (3).
6. Установите емкость конденсатора 10 мкФ. Изменяя частоту генератора в диапазоне от 20 до 100 Гц, повторите измерения и расчеты емкостного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока.
7. Соберите цепь, показанную на рисунке 2.

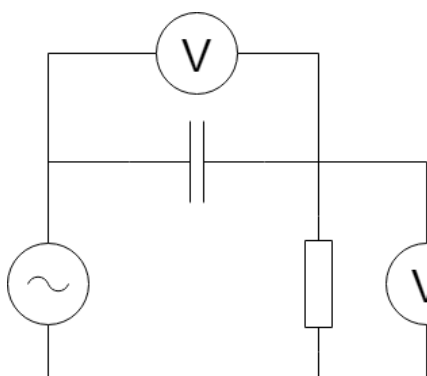


Рис. 1

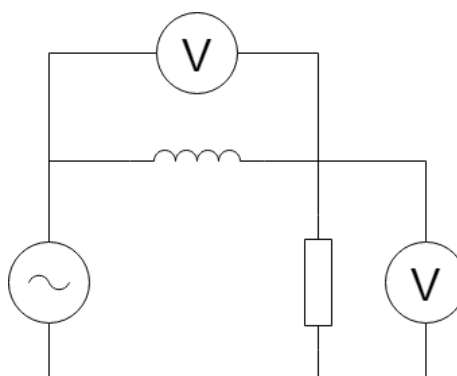


Рис. 2

8. Установите следующие значения параметров:

Генератор – напряжение (эффективное) 100 В, частота 100 Гц;

Катушка – индуктивность 50 мГн;

Резистор – рабочая мощность 500 Вт, сопротивление 100 Ом.

9. Изменяя индуктивность катушки в диапазоне от 50 до 500 мГн, запишите показания вольтметров (напряжение на катушке и на резисторе).

10. Рассчитайте эффективное значение токов, текущих в цепи, в зависимости от значения индуктивности катушки (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление).
11. Определите индуктивные сопротивления катушки для соответствующих значений ее индуктивности и сравните их с рассчитанными по формуле (1).
12. Установите индуктивность катушки 100 мГн. Изменяя частоту генератора в диапазоне от 20 до 100 Гц, повторите измерения и расчеты индуктивного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока..
13. Постройте графики зависимостей индуктивного и емкостного сопротивлений от частоты переменного тока.

### **3. Содержание отчёта**

1. Тема и цель работы.
2. Необходимое оборудование.
3. Краткие записи по самостоятельно изученному материалу.
4. Электрическая схема.
5. Результаты измерений и расчётов, сведённые в таблицу.
6. Графики
7. Обобщение и выводы по проделанной работе.

### **4. Контрольные вопросы**

1. Почему емкостное сопротивление уменьшается с увеличением частоты переменного тока а, индуктивное сопротивление – увеличивается?
2. Каковы разницы фаз между током и напряжением для катушки и конденсатора?
3. В каких единицах измеряются емкостное и индуктивное сопротивления?
4. Как записывается аналог закона Ома для максимальных (эффективных) значений тока и напряжения для реактивных элементов – конденсатора и катушки индуктивности?



# Лабораторная работа №3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ РЕЗОНАНСА В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

**Цель работы:** изучение установившихся вынужденных колебаний в цепях переменного тока. Исследование явления резонанса.

### 1. Основные теоретические положения

Рассмотрим электрическую схему на рис. 1, в которой последовательно соединенные конденсатор, резистор и катушка индуктивности подключены к генератору переменного напряжения:

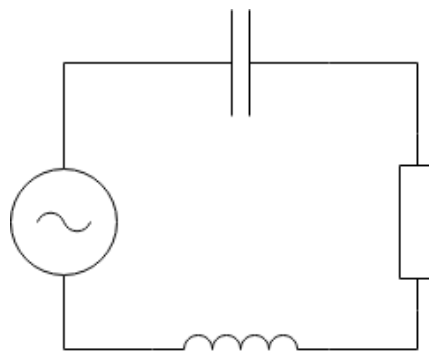


Рис. 1

В этой цепи возникают вынужденные колебания силы тока и напряжения на отдельных её элементах. Амплитуда колебаний силы тока в цепи будет зависеть от частоты  $\omega$  приложенного постоянного напряжения генератора, так как сопротивления реактивных элементов – конденсатора и катушки индуктивности зависят от частоты.

При низкой частоте  $\omega$  переменного тока емкостное сопротивление конденсатора  $X_C = 1/(\omega C)$  будет очень большим, поэтому сила тока в цепи будет мала. В обратном предельном случае большой частоты  $\omega$  переменного тока большим будет индуктивное сопротивление катушки  $X_L = \omega L$ , и сила тока в цепи опять будет мала.

Полное сопротивление  $Z$  цепи, изображенной на рис. 1, определяется формулой:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}.$$

Ясно, что максимальная сила тока в цепи будет соответствовать такой частоте  $\omega_0$  приложенного переменного напряжения, при которой индуктивное и ёмкостное сопротивления будут одинаковы:

$$\omega_0 L = 1/(\omega_0 C) \quad (1)$$

При равенстве реактивных сопротивлений катушки и конденсатора, амплитуды напряжений на этих элементах также будут одинаковыми  $U_C = U_L$ . Колебания напряжения на катушке и конденсаторе противоположны по фазе, поэтому их сумма при выполнении условия (1) будет равна нулю. В результате напряжение  $U_R$  на активном сопротивлении  $R$  будет равно полному напряжению генератора  $U$ , а сила тока в цепи достигает максимального значения  $I_m = U/R$ . Циклическая частота  $\omega$  колебаний силы тока и ЭДС при этом равна

$$\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (2)$$

и совпадает с циклической частотой свободных незатухающих электромагнитных колебаний в электрическом контуре.

Явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний силы тока в колебательном контуре при приближении циклической частоты  $\omega$  внешней переменной ЭДС к частоте  $\omega_0$  свободных незатухающих колебаний в контуре называется *резонансом в электрической цепи переменного тока*. Частота  $\omega = \omega_0$  называется *резонансной циклической частотой*. Резонансная циклическая частота не зависит от активного сопротивления  $R$ . График зависимости  $I_m$  от  $\omega$  называется *резонансной кривой*. Резонансные кривые имеют тем более острый максимум, чем меньше активное сопротивление  $R$ :

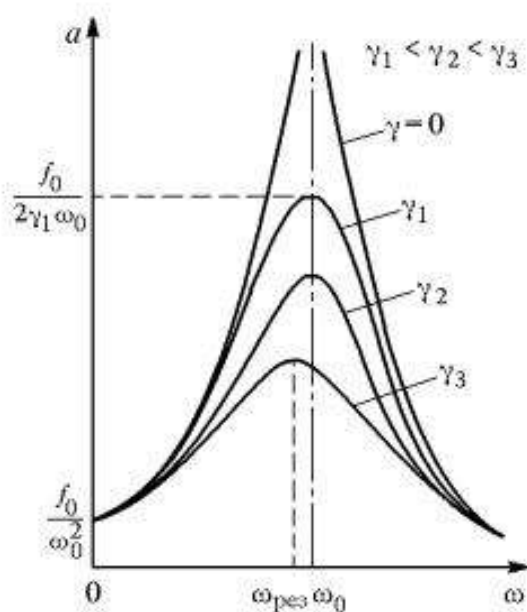


Рис.2

## 2. Порядок выполнения работы

1. Соберите на монтажном столе схему, показанную на рис. 1, предварительно выбрав значения параметров элементов следующими:

Генератор:  $U_{эф} = 100 \text{ В}$ ;  $f = 10 \text{ Гц}$ ;

Резистор:  $R = 200 \text{ Ом}$ ;  $P = 500 \text{ Вт}$ ;

Конденсатор:  $C = 10 \text{ мкФ}$ ;  $U_{раб} = 400 \text{ В}$ ;

Катушка:  $L = 1 \text{ Гн}$ .

2. Изменяя частоту генератора в диапазоне от 10 Гц до 100 Гц, с помощью вольтметров измерьте напряжения на катушке, конденсаторе, резисторе и занесите измеренные значения в таблицу. В наборе конструктора имеется лишь два мультиметра, поэтому придется, изменяя частоту генератора, провести измерения дважды – сначала подключив вольтметры к катушке и конденсатору, а второй раз – подключив вольтметр к резистору.

3. Постройте графики зависимости напряжений на резисторе, конденсаторе и катушке в зависимости от частоты генератора.

4. Рассчитайте по формуле (2) частоту резонанса и сравните полученное значение с экспериментальным.

5. Измените параметры элементов и повторите измерения и расчеты.

6. Объясните экспериментальные графики зависимости напряжений на элементах от частоты переменного тока в цепи.

### **3. Содержание отчёта**

1. Тема и цель работы.
2. Необходимое оборудование.
3. Краткие записи по самостоятельно изученному материалу.
4. Электрическая схема.
5. Таблица с результатами измерений напряжения на катушке, конденсаторе, резисторе.
6. Расчеты частоты резонанса и сравнение полученного значения с экспериментальным значением.
7. Обобщение и выводы по проделанной работе.

### **4. Контрольные вопросы**

1. Как зависят реактивные сопротивления конденсатора и катушки индуктивности от частоты переменного тока?
2. Почему сила тока в последовательной цепи с конденсатором, катушкой и резистором имеет максимум при определенной частоте и стремится к нулю при очень малой и очень большой частоте.
3. Почему при резонансе напряжение на резисторе равно напряжению источника переменного тока?
4. При каком условии наступает резонанс в последовательной цепи переменного тока?
5. Как используется явление резонанса в быту, технике, науке?

## Лабораторная работа №4

### ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

**Цель работы:** изучение параметров сигнала переменного тока и их влияния на форму сигнала.

#### 1. Основные теоретические положения.

Синусоидальный характер изменения тока – самый распространенный в электротехнике, поэтому, говоря о переменном токе, в большинстве случаев имеют в виду синусоидальный ток.

Для сравнения различных переменных токов (ЭДС и напряжений) существуют величины, характеризующие тот или иной ток. Они называются параметрами переменного тока. Период, амплитуда и частота – параметры переменного тока

Переменный ток характеризуется двумя параметрами – периодом и амплитудой, зная которые мы можем судить, какой это переменный ток, и построить график тока.

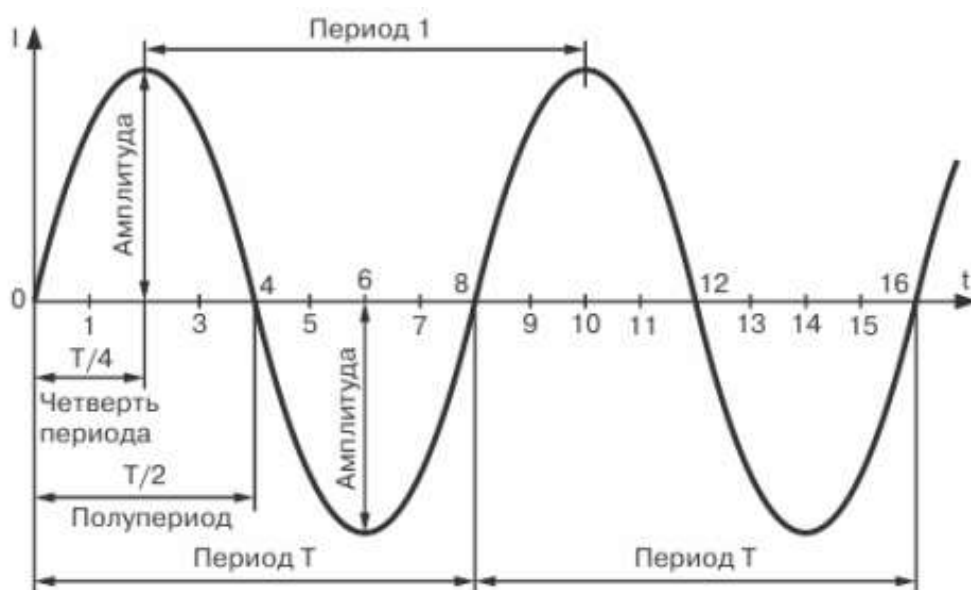


Рис. 7. Кривая синусоидального тока

Промежуток времени, на протяжении которого совершается полный цикл изменения тока, называется периодом. Период обозначается буквой  $T$  и измеряется в секундах. Промежуток времени, на протяжении которого совершается половина полного цикла изменения тока, называется полупериодом. Следовательно, период изменения тока (ЭДС или напряжения) состоит из двух полупериодов. Совершенно очевидно, что все периоды одного и того же переменного тока равны между собой.

Как видно из графика, в течение одного периода своего изменения ток достигает дважды максимального значения. Максимальное значение переменного тока (ЭДС или напряжения) называется его амплитудой или амплитудным значением тока.

$I_m$ ,  $E_m$  и  $U_m$  – общепринятые обозначения амплитуд тока, ЭДС и напряжения.

Как видно из графика, существует бесчисленное множество промежуточных значений тока, меньших амплитудного. Значение переменного тока (ЭДС, напряжения), соответствующее любому выбранному моменту времени, называется его мгновенным значением.  $i$ ,  $e$  и  $u$  – общепринятые обозначения мгновенных значений тока, ЭДС и напряжения.

Мгновенное значение тока, как и амплитудное его значение, легко определить с помощью графика. Для этого из любой точки на горизонтальной оси, соответствующей интересующему нас моменту времени, проведем вертикальную линию до точки пересечения с кривой тока; полученный отрезок вертикальной прямой определит значение тока в данный момент, т. е. мгновенное его значение.

Очевидно, что мгновенное значение тока по истечении времени  $T/2$  от начальной точки графика будет равно нулю, а по истечении времени  $-T/4$  его амплитудному значению. Ток также достигает своего амплитудного значения; но уже в обратном направлении, по истечении времени, равного  $3/4 T$ .

Итак, график показывает, как с течением времени меняется ток в цепи, и что каждому моменту времени соответствует только одно определенное значение как величины, так и направления тока. При этом значение тока в данный момент времени в одной точке цепи будет точно таким же в любой другой точке этой цепи.

Число полных периодов, совершаемых током в 1 секунду, называется частотой переменного тока и обозначается латинской буквой  $f$ .

Чтобы определить частоту переменного тока, т. е. узнать, сколько периодов своего изменения ток совершил в течение 1 секунды, необходимо 1 секунду разделить на время одного периода  $f = 1/T$ . Зная частоту переменного тока, можно определить период:  $T = 1/f$

## **2. Порядок выполнения работы.**

1. Разместите на монтажном столе источник переменной ЭДС.
2. Вызовите осциллограф нажатием соответствующей кнопки на панели управления.
3. Подсоедините зажимы одного из каналов осциллографа к выводам источника переменной ЭДС.
4. Задайте произвольные параметры источнику переменной ЭДС.
5. Скорректируйте органами управления осциллографа положение и масштаб кривой сигнала переменного тока, для удобного восприятия.
6. Зафиксируйте график сигнала переменного тока в отчёт.
7. Изменяйте частоту переменной ЭДС, фиксируя в отчёте изменения происходящие с формой сигнала.
8. Верните исходные значения частоты переменной ЭДС.
9. Изменяйте амплитудное значение ЭДС, фиксируя в отчёте изменения происходящие с формой сигнала.
10. Внесите на графики сигналов необходимые пояснения (амплитуду, период, подписи осей)

## **3. Содержание отчёта.**

1. Тема и цель работы.
2. Необходимое оборудование.
3. Краткие записи по самостоятельно изученному материалу.
4. Графики сигналов с пояснениями.
5. Обобщение и выводы по проделанной работе.

## **4. Контрольные вопросы.**

1. Как получается переменный ток?
2. Что называется периодом переменного тока?
3. Что называется частотой переменного тока?
4. Что называется амплитудным значением переменного тока?
5. Что называется действующим значением переменного тока?

## Лабораторная работа №5

### Работа в среде программы MathCAD. Основы построения в «MathCAD».

**Цель работы :** Знакомство с интерфейсом системы «MathCAD»;  
Получение начальных навыков проведения расчетов в системе «MathCAD».

#### 1.Краткие теоретические сведения

«MathCAD» является математическим редактором, позволяющий проводить разнообразные математические и научные расчеты, начиная от элементарной арифметики и заканчивая сложными арифметическими вычислениями. Пользователь получает возможность просто и наглядно в привычной для математика форме вводить с помощью редактора формул математические выражения и тут же получать результат.

В число выполняемых действий входит:

- ввод математических выражений,
- проведение различных расчетов,
- подготовка графиков различных результатов вычислений,
- ввод данных из внешнего файла,
- ввод данных во внешний файл,
- оформления веб-страниц,
- предоставление доступа к справочному материалу по математике.

#### 2.Краткое описание элементов интерфейса

MathCAD имеет стандартный интерфейс Windows:

- Строка меню.
- Строка инструментов.
- Строка форматирования.
- Рабочая область.
- Строка состояния.
- Всплывающее или контекстное меню (нажимается правая кнопка мыши), содержание зависит от места вызова.
- Панель инструментов Математика и доступные из нее инструменты.

Среди особых элементов интерфейса следует отметить панель инструментов Математика (рис.1). Эта панель служит для доступа к панелям инструментов, обеспечивающих вставку математических вычислений или символов. При необходимости панели инструментов можно установить: **View – Toolbars – v Resources**.



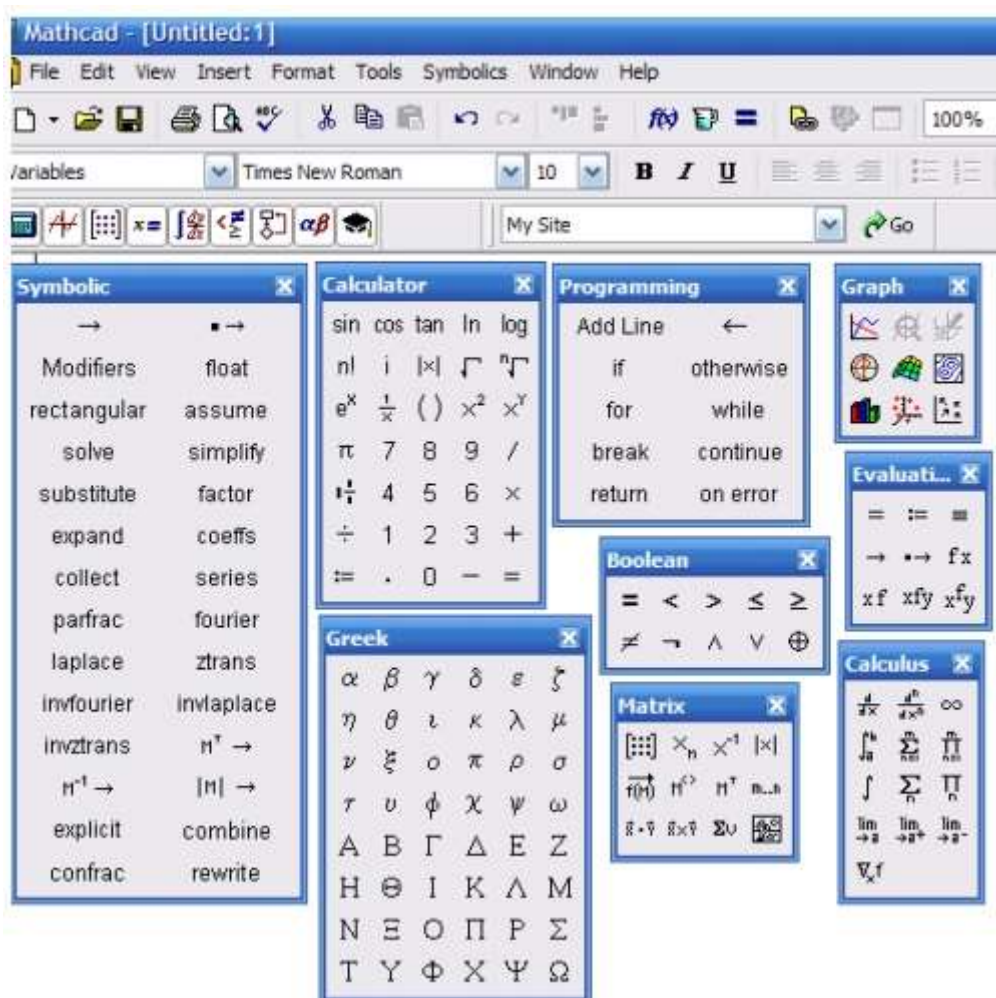


Рисунок 1. Панель инструментов Математика и доступные из нее инструменты

- Панель Calculator служит для вставки основных математических операций.
- Панель Graph служит для вставки графика в документ.
- Панель Matrix служит для вставки матрицы, для работы с матрицами и матричными операциями.
- Панель Evaluation представляет операторы вычисления.
- Панель Calculus представляет операторы интегрирования, дифференцирования, суммирования, ..
- Панель Boolean представляет булевы операторы и предназначена для вставки логических или булевых операций.
- Панель Programming служит для программирования средствами MathCad .
- Панель Greek представляет греческие символы.
- Панель Symbolic служит для вставки символьных операторов.

### 3. Построение выражений

Ниже перечислены элементы интерфейса редактора Mathcad (рис.2):

- указатель мыши – играет обычную для приложений Windows роль, следуя за движениями мыши;
- курсор – обязательно находится внутри документа в одном из трех видов:
  - курсор ввода(визир)* – крестик красного цвета, который отмечает пустое место в документе, куда можно вводить текст или формулу;
  - выделяющая рамка* – горизонтальная и вертикальная линии серого цвета, выделяющие в тексте или формуле определенную часть;
  - линия ввода текста* – вертикальная линия, аналог текстового курсора Word.
- местозаполнители – появляются внутри незавершенных формул в местах, которые должны быть заполнены символом или оператором:
  - местозаполнитель символа* – черный прямоугольник;
  - местозаполнитель оператора* – черная прямоугольная рамка.

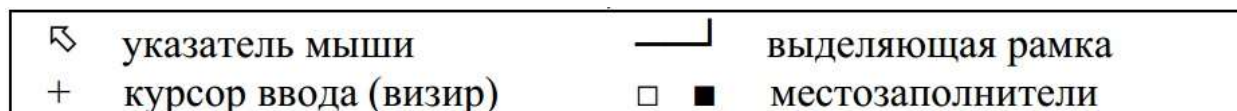


Рисунок 2. Интерфейс редактирования

Многие математические выражения можно создавать, просто печатая последовательность символов в любом месте документа Mathcad. Для этого нужно поместить курсор ввода в желаемое место документа, щелкнув в нем мышью, и просто начать вводить формулу. При этом в документе создается математическая область, которая предназначена для хранения формул.

Пример 1.

Продemonстрируем последовательность действий на примере ввода выражения  $x^{5+x}$  (рис.3):

1. Щелкните мышью, обозначив место ввода.
2. Нажмите клавишу  $\langle x \rangle$  и вместо курсора ввода появится регион с формулой, содержащей один символ «x», причем он будет заключен в выделяющую рамку.
3. Введите оператор возведения в степень, нажав клавишу  $\langle ^ \rangle$  либо выбрав кнопку возведения в степень  $x^y$  на панели инструментов Калькулятор (Calculator). В формуле появится местозаполнитель для введения значения степени, заключенный в выделяющую рамку.
4. Последовательно введите остальные символы «5+x».

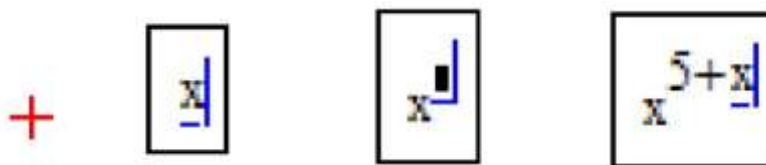


Рисунок 3. Пример ввода формулы

Выражение на экране можно редактировать, устанавливая в нужном месте указатель и печатая новые символы, цифры или операторы. Ключевым шагом в редактировании выражений в Mathcad является заключение нужной части выражения в выделяющую рамку. Запомните следующее основное правило: *то, что заключено в выделяющую рамку, становится операндом следующего вводимого оператора*. Выделяющая рамка включает некоторый оператор и все операнды, связанные с ним. Этот оператор называется *наивысшим оператором, заключенным в выделяющую рамку*. Наивысший оператор использует все компоненты в выделенном выражении. Например, в выражении  $\langle(3+2)*(5-8)\rangle$  наивысший оператор – умножение.

Способы заключения части выражения в выделяющую рамку:

- щелкнуть в нужном месте мышью (что иногда непросто сделать);
- нажимать на клавиши со стрелками, <Insert>, <пробел>:
  - клавиши со стрелками имеют естественное назначение, переводя выделяющую рамку вверх, вниз, влево или вправо;
  - клавиша <Insert> переводит вертикальную линию выделяющей рамки с одного конца горизонтальной линии на противоположный, указывая направление редактирования выражения;
  - клавиша <пробел> предназначена для выделения различных частей формулы.

Если раз за разом нажимать клавишу <пробел> в формуле из примера 3, то выделяющая рамка будет циклически изменять свое положение (рис. 4).

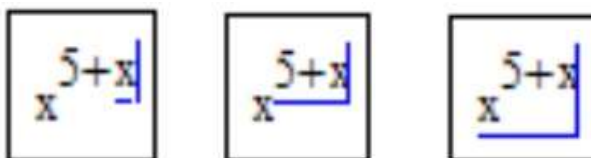


Рисунок 4. Изменение положения выделяющей рамки

## Пример 2

Построим выражение  $8^3 + \frac{1}{3+6} 8^{2+4} + \sqrt{8-1} + 1$

1. Напечатайте  $8^3$  <пробел>. Обратите внимание, что выделяющая рамка теперь включает 8 и 3.
2. Теперь введите:  $+1/3+6$  <пробел> <пробел>  $*8^2+4$  <пробел> <пробел>  $+$
3. Щелкните в арифметической палитре на кнопке  $\sqrt{\phantom{x}}$ . Затем наберите подкорнем  $8-1$  <пробел> <пробел>.

4. Напечатайте +1=, чтобы завершить выражение.

### Некоторые приемы редактирования выражений

**Выделение области.** При нажатой левой кнопке мыши заключить в выделяющий прямоугольник все, что нужно выделить, а затем отпустить кнопку мыши. Выбранные области будут заключены в пунктирные прямоугольники и их можно копировать, перемещать, выравнивать и удалять командами меню Правка (Edit).

**Отделение областей.** Для определения перекрывающихся областей используется команда Вид (View)\ Области (Regions). Для разделения перекрывающихся областей выполните команду Формат (Format)\ Отделить область (Separate Regions).

**Вставка оператора.** Операторы могут быть унарными (действующими на один операнд, как, например, оператор смены знака числа) и бинарными (действующими на два операнда, например, +). При вставке нового оператора Mathcad определяет, сколько операндов ему требуется. Если в точке вставки оператора один или оба операнда отсутствуют, Mathcad автоматически помещает рядом с оператором один или два местозаполнителя.

Чтобы вставить оператор в формулу, нужно:

1. Заключить в выделяющую рамку часть формулы, которая должна стать первым операндом. Чтобы вставить оператор перед выделенной частью формулы, нажмите <Insert>.

2. Ввести оператор, нажав кнопку на панели инструментов или сочетание клавиш.

**Удаление части формулы:** заключите нужную часть формулы в выделяющую рамку и нажмите клавишу <Backspace>.

**Удаление оператора:**

1. Поместите удаляемый оператор перед вертикальной линией выделяющей рамки.

2. Нажмите клавишу <Backspace>. В результате оператор либо исчезнет, либо появится местозаполнитель оператора в виде черной рамки. При желании можно удалить и этот местозаполнитель повторным нажатием <Backspace>.

**Изменение чисел, имен переменных, функций:**

1. Чтобы выделить число, имя переменной или функции, нужно дважды щелкнуть на них левой кнопкой мыши.

2. Введите с клавиатуры другие числа или буквы.

**Чтобы заключить часть формулы в пару скобок:**

1. Выделите нужную часть формулы в выделяющую рамку.

2. Нажмите клавишу с одиночной кавычкой <'> (апостроф).

**Чтобы вставить скобки по одной,** нужно маркер ввода поместить слева от выражения клавишами курсора или с помощью мыши и нажать клавишу <( >, затем перейти в правую часть выражения и нажать <)>.

**Копирование частей выражения.** Копирование и перенос можно осуществлять, используя пункты меню Правка (Edit). Для копирования с помощью мыши необходимо выделить требуемый фрагмент и, нажав <Ctrl> и левую кнопку мыши, перетащить фрагмент в нужное место. Если нужно осуществлять перемещение выражения, то используют клавишу <Shift>.

## 4. Ввод текста

Текстовые области служат для комментариев, объясняя и аннотируя уравнения и графики. Mathcad игнорирует текст при выполнении вычислений. Текст может использовать любые стили параграфов, а также шрифты всех гарнитур, размеров и начертаний; автоматически выполнять переносы по заданным границам.

### **Создание текстовой области:**

1. Щелкните в свободном месте документа.
2. Нажмите клавишу <”> или выполните команду Вставка (Insert)\ Текстовая область (Text Region). Появится текстовая область с красным курсором.
3. Введите нужный текст в рамку.
4. Щелкните вне текстовой области, рамка исчезнет.

**Для редактирования текста** щелкните между символами в текстовой области, появится текстовая рамка. Внесите необходимые изменения.

**Перенос строк внутри текстовой области:** набрать строку желаемой длины и нажать <Ctrl>+<Enter>. Перенос всех других строк будет автоматически сохранять заданную ширину даже после дописывания или редактирования текста.

**Изменение шрифта текста:** выделить фрагмент текста в текстовой области, выполнить команду Формат (Format)\ Текст (Text), в диалоговом окне задать параметры и щелкнуть на Ok.

## 5.Задачи

1. Наберите выражения

$$1. a) f(x) = \frac{3}{5}x^5 - \frac{1}{2x^4} - \frac{2}{\sqrt[4]{x^3}} + 7; \quad б) f(x) = \frac{e^x - \sin x}{\cos x + \sqrt{x}};$$

$$в) f(x) = \sqrt[4]{x^2 + \ln x}.$$

$$2. a) f(x) = \frac{2}{3}x^3 - \frac{1}{3x^9} + \frac{5}{\sqrt[5]{x^3}} - 6; \quad б) f(x) = (1 - x^2)(\operatorname{tg} x + 3^x);$$

$$в) f(x) = e^{\sin 5x - 3}.$$

$$3. a) f(x) = \frac{4}{5}x^5 - \frac{1}{6x^6} + \frac{7}{\sqrt[7]{x^3}} + 2; \quad б) f(x) = \frac{\ln x - \operatorname{tg} x}{7^x - 5};$$

$$в) f(x) = \sqrt{x^5 + \sin 5x}.$$

$$4. a) f(x) = 3x^2 - \frac{1}{7x^7} + \frac{3}{\sqrt[3]{x^2}} + 1; \quad б) f(x) = \frac{5^x - \ln x}{\cos x - 3};$$

$$в) f(x) = \arcsin(5x^3 + 1).$$

$$5. a) f(x) = 4x^5 - \frac{7}{4x^4} - \frac{3}{\sqrt[3]{x^2}} + 2; \quad б) f(x) = \frac{\sin x - \cos x}{3^x - \ln x};$$

$$в) f(x) = \cos(2x^2 + 3).$$

2. Вычислите простейшие выражения

$$a) \sqrt{11 - 4\sqrt{7}} + \sqrt{16 - 6\sqrt{7}};$$

$$е) \sqrt{18 - 8\sqrt{2}} + \sqrt{6 - 4\sqrt{2}};$$

$$б) \sqrt[3]{26 + 15\sqrt{3}}(2 - \sqrt{3});$$

$$ж) \sqrt{9 - 4\sqrt{5}} + \sqrt{14 - 6\sqrt{5}};$$

$$в) \frac{\sqrt{5 + 2\sqrt{6}}(5 + 2\sqrt{6})(49 - 20\sqrt{6})}{\sqrt{27} - 3\sqrt{18} + 3\sqrt{12} - \sqrt{8}};$$

$$з) \frac{(\sin 0.37 + 0.65)^2 \sqrt{\cos 0.89}}{2.76^{1.62^2} \ln 5.12};$$

$$г) \frac{2\sqrt[3]{2}}{1 + \sqrt{3}} - \frac{\sqrt[3]{20 + 12\sqrt{3}}}{2 + \sqrt{3}};$$

$$и) \left( \frac{6 + 4\sqrt{2}}{\sqrt{2} + \sqrt{6 + 4\sqrt{2}}} + \frac{6 - 4\sqrt{2}}{\sqrt{2} - \sqrt{6 - 4\sqrt{2}}} \right)^2;$$

$$д) \frac{\sqrt[4]{8} - \sqrt{\sqrt{2} + 1}}{\sqrt[4]{8} + \sqrt{\sqrt{2} - 1} - \sqrt[4]{8} - \sqrt{\sqrt{2} - 1}};$$

$$к) \left( \frac{3}{\sqrt[3]{64} - \sqrt[3]{25}} + \frac{\sqrt[3]{40}}{\sqrt[3]{8} + \sqrt[3]{5}} \right)^{-1} + \sqrt[3]{25}.$$

## **6. Контрольные вопросы**

1. Для чего предназначены позиции главного меню: File, Edit, View, Insert, Format, Math, Window, Help?
2. Каковы возможности системы Mathcad
3. Какова структура Главного меню системы Mathcad
4. Назовите состав падающего меню пункта Файл
5. Назовите состав падающего меню пункта «Правка»
6. Какие панели входят в панель математики из пункта меню Вид/Панели инструментов?

## Лабораторная работа №6

### Вычисления в «MathCAD»

#### Цель работы:

1. Знакомство с интерфейсом системы «MathCAD»;
2. Получение начальных навыков проведения расчетов в системе «MathCAD».

#### 2. Краткие теоретические сведения

К основным элементам математических выражений «MathCAD» относятся *типы данных, операторы, функции и управляющие структуры*.

##### 2.1. Операторы

Основные математические вычисления проводятся пользователем с помощью операторов. **Операторы** – это условные символы, служащие для выполнения определенных задач, например: -, +, \*, /, =. Знаки -, +, = не меняют своего значения как при вводе с клавиатуры, так и при отображении на экране. При введении с клавиатуры знака \* (звездочка) на экране появляется привычный для математики знак умножения. При введении знака / (деление), на экране появляется математическая десятичная дробь.

При выполнении символьных операций, числа  $e$  и  $\pi$  используются только в виде символов. А при выводе результатов они приобретают свои численные значения.

**Операторы** используются для составления математических выражений – формул. При написании формул знак равенства (=) используется как знак вывода результатов вычислений, а для присваивания значения переменной следует применять знак присваивания (:=).

Например: для присваивания переменным  $a$  и  $b$  числовых значений, следует ввести:  $a:=3$   $b:=5$ , а для вычисления суммы  $a$  и  $b$  ставят знак равенства (=)  $a+b=$

Если переменной присваивается начальное значение при помощи оператора (:=), или даже =, то такое присваивание называется *локальным*. До этого присваивания переменную нельзя использовать, т.к. она не определена. Однако с помощью знака  $\equiv$  (три горизонтальные черточки) можно обеспечить *глобальное* присваивание. Оно может производиться в любом месте документа. К примеру, если провести присваивание таким образом в конце документа, то она будет иметь тоже значение, что и в начале документа. Но в дальнейшем значение этой переменной может изменяться при помощи локального присваивания.



## 2.1. Создание формул

Mathcad выполняет расчеты по формулам, которые близки к естественной математической символике. Формула - это математическое выражение, которое состоит из операндов, соединенных знаками математических операций. Операндами могут быть числа, переменные, встроенные и определенные пользователем функции.

Для ввода формул можно использовать пиктограммы всевозможных меню из математической панели инструментов. Пиктограммы позволяют вводить знаки математической символики, греческие буквы, графические и текстовые блоки следующим образом:

- указать позицию ввода: указатель мыши переместить в нужное место экрана и щелкнуть левой кнопкой, в результате это место отметится крестиком;
- выбрать нужную пиктограмму и щелкнуть на ней левой кнопкой мыши (объект, обозначенный на пиктограмме, появится на месте крестика).

Математические выражения имеют строго определенную структуру. Выражения не просто печатаются, а строятся по правилам старшинства операций и другим дополнительным правилам, которые упрощают ввод знаменателей, показателей степени, выражений в радикалах. Скобки вставляются везде, где это необходимо, чтобы указать нужный порядок вычислений. Ключевым шагом в построении и редактировании формул является заключение части выражения в выделяющую рамку. При этом, то, что заключено в выделяющую рамку, становится операндом следующего вводимого оператора. Управлять выделяющей рамкой можно мышью, клавишами управления курсором и клавишей [Space].

При редактировании необходимо следить за правильным размещением выделяющей рамки.

Если нужно вставить оператор перед существующим выражением, то его заключают в рамку и нажимают клавишу [Ins].

Пример 1. Вычислим значение выражения  $\frac{27+4 \cdot 3^5}{-7+\sqrt{85-2}}$

1. Щелкните в любом месте рабочего документа: появляется небольшой красный крестик – визир.

2. Введите 27+. После ввода оператора появляется небольшой прямоугольник - поле ввода.

3. Далее введите  $4 \cdot 3^5$ , на экране увидите:  $27+4 \cdot 3$ .

Если теперь нажать клавишу  $\langle / \rangle$ , то 5 станет числителем, а нам необходимо чтобы все выражение стало числителем. Для этого нужно выражение заключить в выделяющую рамку, нажав клавишу  $\langle \text{пробел} \rangle$ . Маркер ввода превратится в выделяющую рамку.

4. Нажмите клавишу  $\langle \text{пробел} \rangle$  для данного выражения три раза и оно будет заключено в увеличивающуюся рамку.

5. Нажмите клавишу  $\langle / \rangle$ , чтобы создать дробную черту.

6. Наберите  $-7+$  и щелкните в арифметической палитре на кнопке  $\sqrt{\phantom{x}}$ . Затем набейте

рите под корнем 85-2.

7. Наберите знак равенства  $\leq$ . Mathcad выполнит вычисления и выведет результат.

## 2.2. Числа

Mathcad выполняет вычисления над вещественными и комплексными числами. Числа можно задавать в десятичной, восьмеричной и шестнадцатеричной системах счисления. Признаком восьмеричных чисел является латинская буква "o" шестнадцатеричных чисел - буква "h". Для обозначения мнимой единицы в комплексных числах используются буквы i или j. Пользователь может выбрать обозначение мнимой единицы по своему усмотрению. Для этого нужно использовать главное меню Format/Number. Нельзя использовать для обозначения мнимой единицы буквы i или j сами по себе. Следует печатать 1i или 1j. Чтобы ввести числа в экспоненциальном представлении, нужно умножить мантиссу на степень десяти.

Пример 2.

769.07

-22.34578

1.237·10

4

156o - восьмеричное число

4ABh - шестнадцатеричное число

47.09-0.7i - комплексное число

В вычислениях можно использовать числа, представленных в различных системах счисления.

Систему счисления числового результата можно установить командой Format/Number.

Пример 3.

156o +12=122

156o +12=172o

14h+156o=13o


14h+156o=82h

14h+156o=202o

## 2.3. Переменные и Функции

**Переменные** - это поименованные объекты, которым можно присваивать различные значения. Имена констант, переменных и объектов называются идентификаторами. Идентификаторы в системе Mathcad могут иметь практически любую длину. При их задании можно использовать латинские и греческие буквы, а также цифры. Однако начинаться идентификатор может только с латинской буквы, например:  $z$ ,  $w1$ ,  $CTY$ ,  $L_{123p}$ ,  $SUMM$ . Пробел, недопустим, его заменяют значком  $_$ .

В математике часто возникает необходимость в задании некоторого ряда значений – чаще всего упорядоченного. Например, для вычисления факториала  $N! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (N-1) \cdot N$  нужно сформировать ряд целых чисел от 0 до  $N$  с шагом 1. Для создания таких рядов в Mathcad используется **ранжированная переменная**.

**Способ ее задания:** для задания переменной  $n$  интервала значений от 1 до 5 с шагом 0,5 набирают:  $n := 1, 1.5..5$ . После знака присваивания ставится начальное значение интервала, запятая, следующее значение переменной, т.е. после 1 с учетом шага 0.5 следует число 1.5, после этого нажимают на кнопку задания диапазона  (панель **Матрицы**), и пишется конечное значение переменной. Для того, чтобы просмотреть значения ранжированной переменной, надо написать  $n =$ , после этого, на листе появится табличка с вычисленными данными.

**Функции** в Mathcad записываются в обычной для математика форме:

$f(x, \dots)$  – функция;

$f$  – имя функции;

$x, \dots$  - список переменных.

В Mathcad формально можно разделить функции на два типа:

- Встроенные функции (например,  $\sin(x)$ );
- Функции, определенные пользователем (например,  $f(x,y) = x^2 \cdot \cos(x+y)$ ).

Система Mathcad содержит расширенный набор встроенных элементарных функций. Имя функции отождествляется с выполняемой ей математической функцией, например:  $\sin(x)$  – функция, вычисляющая синус аргумента  $x$ , где  $\sin$  - имя функции. Полный перечень вычисляемых функций можно просмотреть, нажав на пользовательской панели инструментов на кнопку  $f(x)$  или выбрав пункт меню **Вставка** подменю **Функция**.

Аргумент и значение функции могут быть действительным или комплексным числом  $z$ . Ниже приведены функции разбитые на 6 групп.

Тригонометрические:  $\sin(z)$ ,  $\cos(z)$ ,  $\tan(z)$ ,  $\sec(z)$ ,  $\csc(z)$ ,  $\cot(z)$ .

Гиперболические:  $\sinh(z)$ ,  $\cosh(z)$ ,  $\tanh(z)$ ,  $\operatorname{sech}(z)$ ,  $\operatorname{csch}(z)$ ,  $\operatorname{coth}(z)$ .

Обратные тригонометрические:  $\arcsin(z)$ ,  $\arccos(z)$ ,  $\arctan(z)$ .

Обратные гиперболические:  $\operatorname{arsinh}(z)$ ,  $\operatorname{arcosh}(z)$ ,  $\operatorname{artanh}(z)$ .

Показательные и логарифмические:  $\exp(z)$ ,  $\ln(z)$ ,  $\log(z)$ .

Функции комплексного аргумента:  $\operatorname{Re}(z)$  – выделение действительной части  $z$ ,  $\operatorname{Im}(z)$  – выделение мнимой части  $z$ ,  $\arg(z)$  – вычисление аргумента.

## 2.4. Определение переменных и функций.

В качестве операндов в математических выражениях могут использоваться числовые константы, переменные и функции. При этом переменная в выражении представлена своим именем, а функция – именем и списком фактических аргументов, заключенных в скобки.

Правила именования функций и переменных:

- имя может содержать прописные и строчные латинские и греческие буквы, цифры 0, ..., 9, символ подчеркивания, символ процента, символ бесконечности, символ штрих («'» – на одной клавише с символом «~»);
- использование символа "пробел" не допустимо;
- все символы в имени должны быть написаны в одном регистре, одним шрифтом и размером;
- имя может начинаться только с буквы или символа бесконечности;
- символ « $\infty$ » может быть только первым символом имени;
- Mathcad не делает различий между именами функций и переменных. Если, например, определена функция  $d(t)$ , а затем переменная  $d$ , то окажется невозможным использовать  $d(t)$  ниже определения  $d$ ;
- имена не могут совпадать с именами встроенных функций, констант и размерностей, например,  $\sin$  или TOL.

Переменная – это имя, с которым может быть связано одно или несколько числовых значений. Переменная должна быть определена до ее использования в вычислениях.

Для определения переменной необходимо:

1. Напечатать имя переменной, которую нужно определить.
2. Нажать клавишу <:=> (двоеточие), чтобы ввести символ присваивания «:=».
3. Ввести в появившийся местозаполнитель значение переменной. Значение может быть числом или может зависеть от ранее определенных переменных.

Замечание. Отличие знака присваивания от математического знака равенства состоит в том, что он прямо говорит о действии, выполняемом в данном месте документа: значение переменной не выводится на экран (о чем говорит знак «=»), а некоторое значение присваивается (:=) данной переменной. Определив переменную, можно использовать ее в вычислениях везде ниже и правее ее определения.

Пример 4.

1. Для определения переменной  $a$  введите  $a:-9.8$ . В окне появится  $a:=-9.8$ .
2. Для определения переменной  $b$  введите  $b:10$ . Теперь, когда переменные  $a$  и  $b$  определены, их значения могут быть использованы в других выражениях.
3. Поместите указатель мыши ниже предыдущих определений переменных и напечатайте  $a/2$  <пробел>  $*b^2$ .
4. Нажмите клавишу <=> для получения результата вычисления.

Функция – имя, с которым связана некоторая вычислительная процедура.

Для определения функции пользователя нужно:

1. Ввести в желаемом месте документа имя функции. Например, d.
2. Ввести левую скобку «(», имена переменных через запятую (аргументы функции) и правую скобку «)». При вводе левой скобки и запятой автоматически будут появляться соответствующие местозаполнители. Например, набрать d(a,b).
3. Ввести оператор присваивания нажатием клавиши <:=>.
4. В появившийся местозаполнитель ввести математическое выражение, определяющее функцию. Например, a+b.

**Замечание.** Все переменные, присутствующие справа в выражении определения функции, либо должны входить в список аргументов функции, либо должны быть определены ранее. В противном случае будет выведено сообщение об ошибке, причем имя неопределенной переменной будет выделено красным цветом.

Для вывода значения переменной или функции наберите ее имя, для функции задайте в скобках фактические аргументы (в соответствии со списком формальных аргументов) и знак равенства. Например, d(2,8)=.

## 2.5. Вычислительные операторы

Вычислительные операторы вставляются в документы при помощи панели инструментов **Вычисления**. При нажатии любой из кнопок в документе появляется символ соответствующего математического действия, снабженный несколькими местозаполнителями (рис.1).

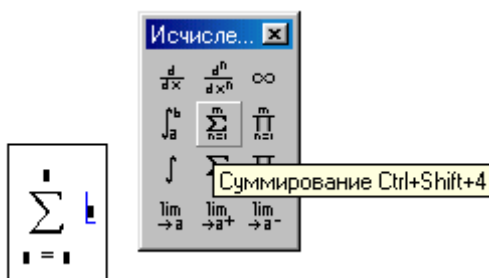


Рис. 1. Вставка оператора суммирования

После ввода какого-либо вычислительного оператора имеется возможность вычислить его значение либо численно, нажатием клавиши <=>, либо символично, с помощью оператора символического вывода.

### 3. Задачи

1. Задайте переменным a и b числовые значения и выполните над ними элементарные операции: сложение, вычитание, умножение, деление, возведение a в степень b, корень из a.

2. Вычислить тригонометрические функции при заданном самостоятельно значении x, используя пункт Меню **Вставить / Функция**

$$\sin(x) \quad \cos(x) \quad \tan(x) \quad \operatorname{atan}(x) \quad \sec(x) \quad \csc(x)$$

3. Вычислить натуральный и десятичный логарифмы при заданном x.

4. Вычислить производные первого, второго и третьего порядка от заданной функции

$$f(x)=2x+3+\cos(x)^2$$

5. Вычислить определенный (пределы интегрирования задать самостоятельно) и неопределенный интегралы двух функций:

$$f(x)=2x+3+\cos(x)^2$$

$$f(x)=e^x \cos(x)$$

6. Вычислить пределы функций

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(x)}{x} \qquad \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{x^2 + 2}}{3 \cdot x + 6}$$

7. Найти сумму и произведение. Число m – задать самостоятельно.

$$\sum_{n=1}^m \frac{2 + (-1)^n}{n - \ln(n)}$$

Для присвоения n значений от 1 до 5 использовать Булево равенство **=** из панели **Булевы операторы**.

$$x^4 \cdot \prod_{(n=1..5)} \frac{1}{x+n}$$

8. Пользуясь мастером функций получить значение синуса и гиперболического арккосинуса

$$n := 1..5$$

$$m := -4, -2.8..2$$

$$n = \quad \operatorname{acosh}(n) = \quad m = \quad \sin(m) =$$

1	0	-4	0.757
2	1.317	-2.8	-0.335
3	1.763	-1.6	-1
4	2.063	-0.4	-0.389
5	2.292	0.8	0.717
		2	0.909

#### **4. Контрольные вопросы**

1. С помощью какого оператора можно вычислить выражение?
2. Что называется оператором в системе Mathcad? Назовите их
3. Каковы правила применения встроенных функций
4. Как формируется и используется функция пользователя
5. С помощью каких операторов можно вычислить интегралы, производные, суммы и произведения?
6. Какой должен быть порядок вычислительных блоков?
7. Какие системные (предопределенные) переменные Вам известны? Как узнать их значение? Как изменить их значение?

## Лабораторная работа №7

### Построение графиков функций в «MathCAD»

#### Цель работы:

- 1.1. Знакомство с интерфейсом системы «MathCAD»;
- 1.2. Получение начальных навыков проведения расчетов в системе «MathCAD».

#### 1. Краткие теоретические сведения

Для построения графика в декартовой системе координат необходимо:

1. Определить дискретную переменную, которая принимает значения в желаемом диапазоне значений аргумента, например,  $x := -10..10$ .
2. Ввести выражение, описывающее некоторую функцию, например  $f(x) := x + \sin(x)$ .
3. В меню Вставка (Insert) выбрать пункт График (Graph), затем выбрать X-Y координаты (X-Y Plot). В документе появится область для построения графика.
4. В поле по оси абсцисс ввести имя дискретной переменной, например  $x$ .
5. В среднее поле оси ординат ввести имя функции, например  $f(x)$  (рис. 1).  
Если функций несколько, то все они записываются в этом поле через запятую. Вместо имени функции можно ввести выражение для ее вычисления.
6. Щелкнуть мимо графического региона или нажать <F9>.

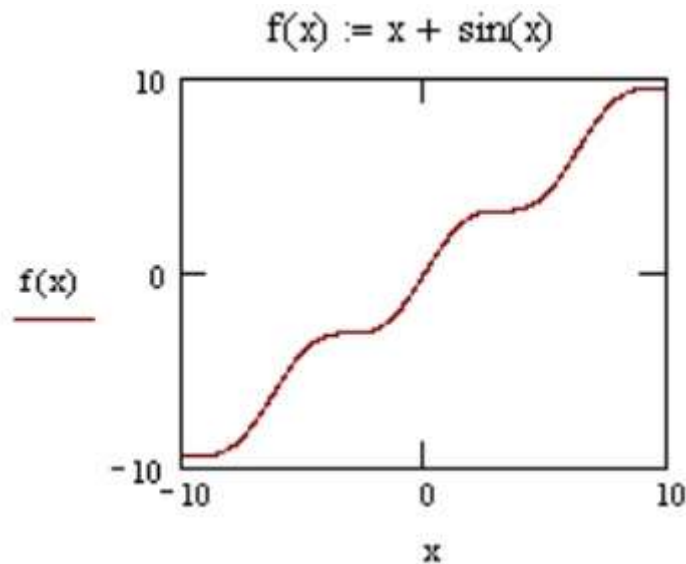


Рис. 1. График функции  $f(x) = x + \sin(x)$ , построенный автоматически



## 1.1. Форматирование двумерных графиков

Для изменения формата уже построенного графика необходимо его выделить, затем в меню Формат (Format) выбрать График (Graph). Появившееся диалоговое окно имеет несколько вкладок.

На вкладке Оси X-Y (X-Y Axes) задаются параметры форматирования осей X и Y (Axis X и Axis Y) (рис. 2):

1. Log Scale (мерная линейка) – установка логарифмического масштаба;
2. Grid Lines (линии сетки) – установка линий масштабной сетки;
3. Numbered (пронумеровать) – установка цифровых данных по осям;
4. Autoscale (автомасштаб) – автоматическое масштабирование графика;
5. Show Markers (показать маркеры) – установка рисок по осям;
6. Auto Grid (автосетка) – автоматическая установка масштабных линий;
7. Number of Grids (число клеток сетки) – установка заданного числа масштабных линий.



Рис. 2. Окно форматирования двумерных графиков

Группа Стил осьей (Axes Style) (рис.2) позволяет задать стиль отображения координатных осей: Boxed (рамка) – оси в виде прямоугольника; None (ничего) – отсутствие осей; Crossed (визир) – оси в виде креста; Equal Scales (равные деления) – одинаковый масштаб по осям.

Вкладка Линии графика (Traces) (рис. 3) служит для управления отображением линий, из которых строится график:

1. Legend Label (метка легенды) – выбор типа линии в легенде;
2. Symbol (символ) – выбор символа для отметки базовых точек графика;
3. Line (линия) – установка типа линий (сплошная, пунктирная и т. д.);

4. Color (цвет) – установка цвета линий и базовых точек;
5. Type (тип) – установка типа графика;
6. Weight (толщина) – установка толщины линий.

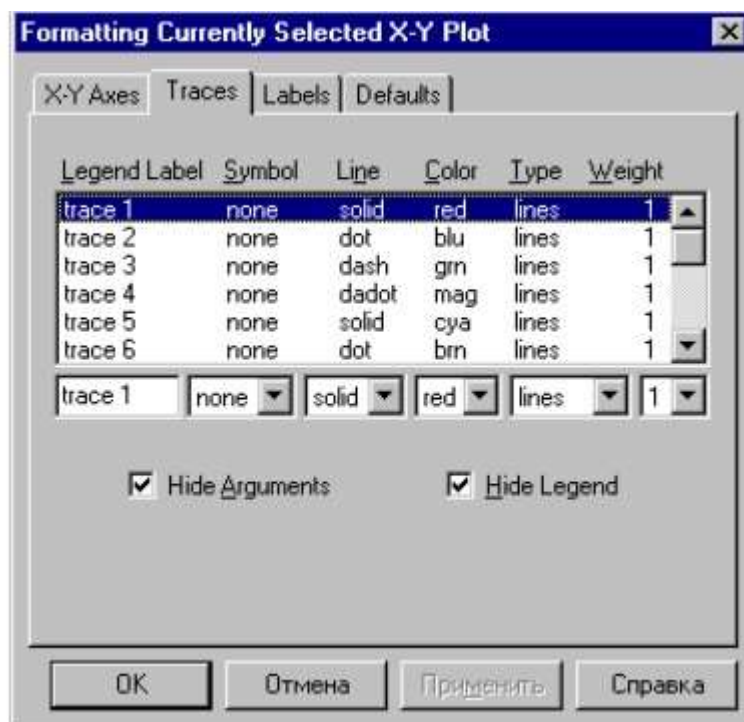


Рис. 3. Вкладка Traces

Узловые точки графиков (точки, для которых вычисляются координаты) позволяют настроить раскрывающийся в нижней части списка столбца Symbol: none (без отметки), box (квадрат), x's (наклонный крестик), dmnd (ромб), +'x (прямой крестик), o's(окружность).

Графики отдельных функций можно также выделять, используя для их построения линии различного типа, настраиваемые с помощью списка в нижней части столбца Line: solid (непрерывная линия), dot (точечная линия), dash (пунктирная линия), dadot (штрихпунктирная линия). Линии, относящиеся к различным кривым на графике, можно также изменить с помощью раскрывающегося списка в нижней части столбца Color. Раскрывающийся список в нижней части столбца Type позволяет выбрать типы линий графика: lines (построение линиями), points (построение точками), error (построение вертикальными черточками с оценкой интервала погрешностей), bar (построение в виде столбцов гистограммы), step (построение ступенчатой линией), draw (построение протяжкой от точки до точки), stem (построение вертикальными черточками).

Вкладка Надписи (Label) позволяет вводить в график дополнительные надписи.

Для визуализации выбранных параметров при открытом окне их установки служит кнопка Применить каждого диалогового окна. Щелчок на этой кнопке позволяет наблюдать за сделанными изменениями еще до закрытия окна, что заметно облегчает экспериментирование с различными форматами графиков. Пример форматирования двумерного графика приведен на рис. 4.

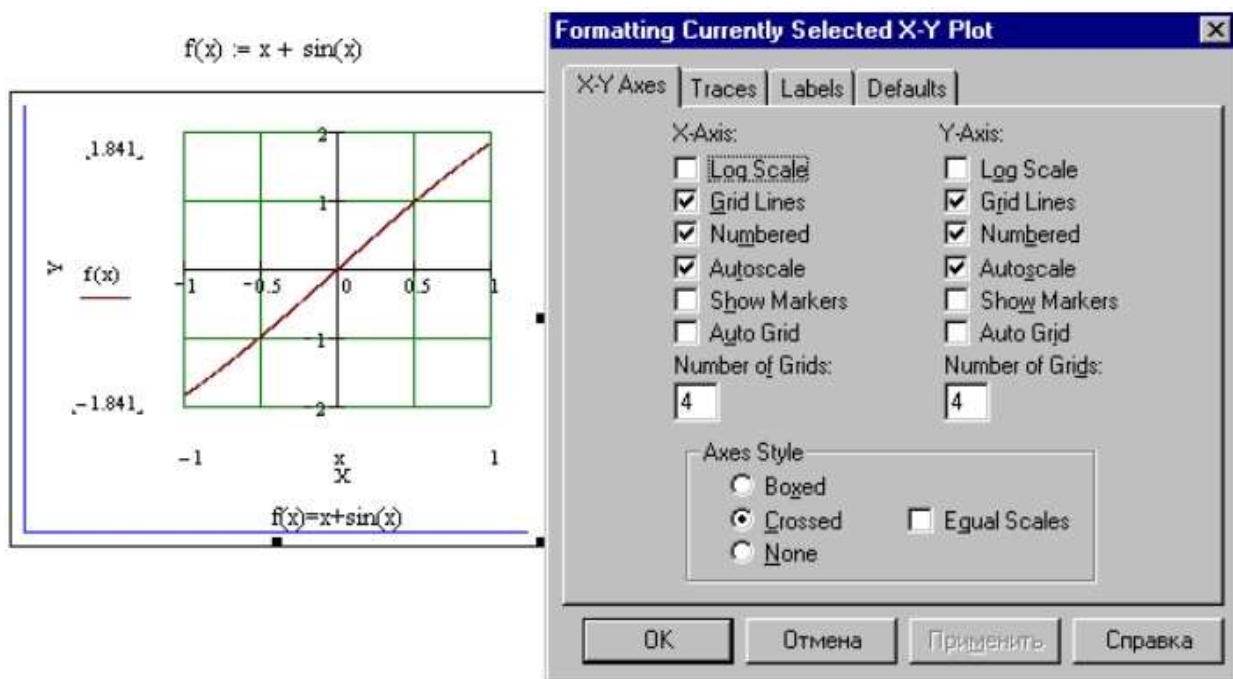


Рис. 4. Пример форматирования двухмерного графика

Чтобы удалить график, щелкните в его пределах мышью и выберите в меню Edit (Правка) пункт Cut (Вырезать) или Delete (Удалить).

## 1.2.Трассировка и масштабирование

Трассировка позволяет очень точно изучить строение графика. Для того чтобы включить режим трассировки, щелкните в области графика правой кнопкой мыши и выберите в контекстном меню пункт Трассировка (Trace) либо выделите график и выполните команду Формат (Format)\ График (Graph)\ Трассировка (Trace). В результате появится окно трассировки (рис. 9), а после щелчка в поле графика вы увидите две пересекающиеся пунктирные линии.

Перемещая указатель мыши по графику, вы тем самым передвигаете точку пересечения линий трассировки. При этом координаты точки указываются с высокой точностью в полях Значение X (X-Value) и Значение Y (Y-Value).

Нажатие кнопки Копировать X (Copy X) или Копировать Y (Copy Y) копирует соответствующее число в буфер обмена. В дальнейшем его можно вставить в любое место документа.

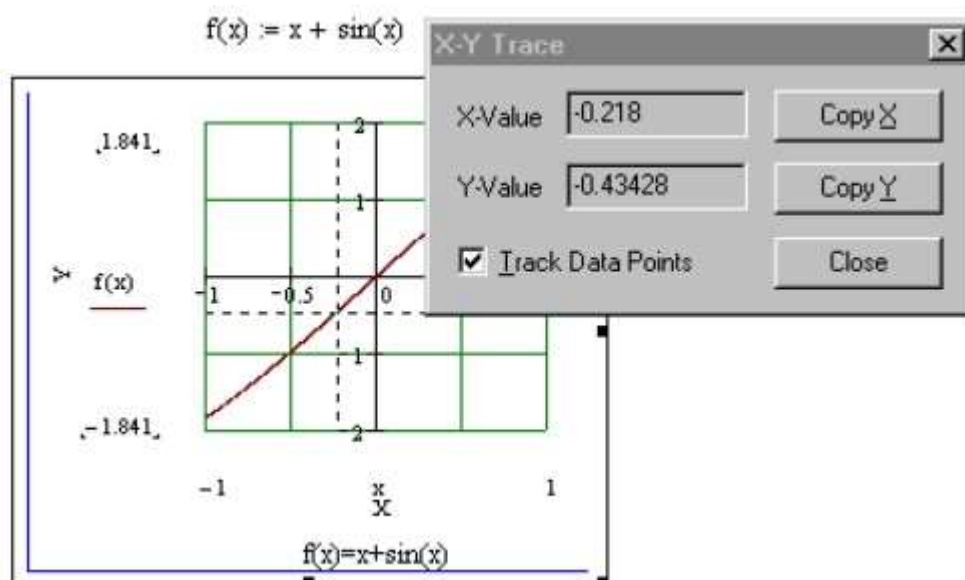


Рис. 5. Трассировка графика

Если установлен флажок Следовать за рядом данных (Track Data Points) (рис. 5), то линии трассировки следуют точно вдоль линии графика. Еще одно средство для работы с двухмерными графиками заключается в просмотре графика в увеличенном масштабе. Для вызова окна диалога выберите в контекстном меню или в меню Формат (Format) пункты График (Graph) и Масштаб (Zoom). После этого указателем мыши выделите прямоугольную область на графике, которую вы хотите просмотреть в увеличенном масштабе (рис. 6), и нажмите кнопку Увеличить (Zoom). В результате часть графика будет прорисовываться более крупно.

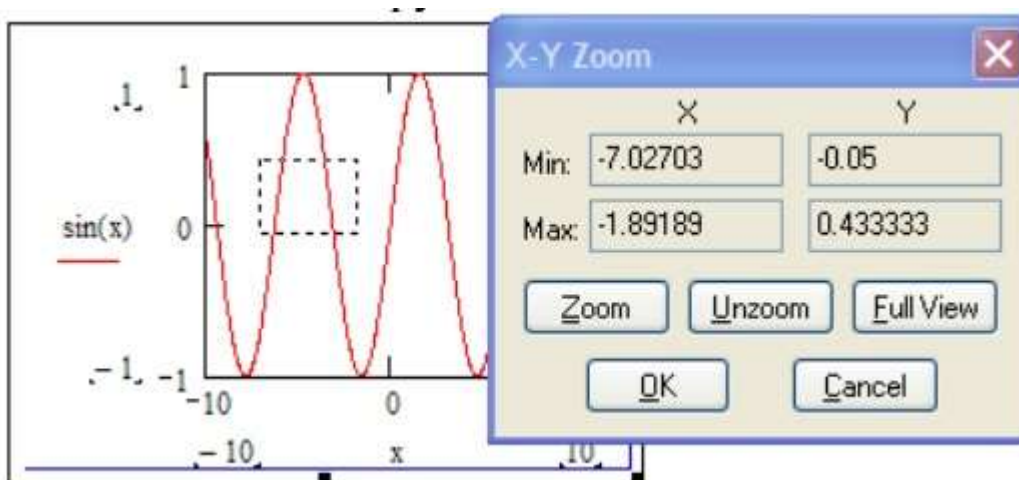


Рисунок 6. Масштабирование графика

Далее можно продолжать изменять масштаб, вернуться к прежнему виду графика кнопкой Показать целиком (Full View) либо закрыть окно диалога для окончательной перерисовки графика в крупном масштабе (нажав кнопку OK).

### 1.3. Графики в полярной системе координат

В полярной системе координат каждая точка задается углом  $\varphi$  и модулем радиус-вектора  $r(\varphi)$ . График функции обычно строится в виде линии, которую описывает конец радиус-вектора при изменении угла  $\varphi$  в определенных пределах, чаще всего от 0 до  $2\pi$ .

Чтобы создать график в полярных координатах:

1. Определите приращение для угла. Например,  $N:=50$ .
2. Определите угол как дискретный аргумент с заданным приращением. Например,  $\varphi:=0,2 * \pi / N \dots 2 * \pi$ .
3. Определите радиус как функцию от угла. Например,  $r(\varphi):=\cos(\varphi)+1$ .
4. Щелкните мышью там, где нужно создать график.
5. Выберите в меню Вставка (Insert) пункт Графики(Graph)\ Полярные координаты (Polar Plot). Появится круг с четырьмя полями ввода.
6. В поле ввода внизу введите угловую переменную графика или любое выражение, включающее эту переменную. Например,  $\varphi$ .
7. Поле ввода слева должно содержать выражение для радиуса. Например,  $r(\varphi)$ .
8. Два поля ввода справа предназначены для верхнего и нижнего граничных значений радиуса. Mathcad заполняет эти поля автоматически.
9. Нажмите <F9>, чтобы увидеть график.

Форматирование графика в полярной системе координат во многом совпадает с форматированием графика в декартовой системе координат.

Можно построить несколько графиков на одном и том же чертеже в полярных координатах, также как и при построении графиков в декартовых координатах.

### 2.Задания

1. Постройте график функции  $f(x):=x+\sin(x)$  как описано выше. Выделите построенный график. На выделенном графике справа и слева от буквы  $x$  стоят числа  $-10$  и  $10$ , которые означают, что график построен на интервале  $[-10,10]$ . Изменяя эти значения, можно изменить диапазон построения графика. Например, измените число  $-10$  на  $-1$ , а число  $10$  на  $1$ , указывая диапазон построения графика  $[-1,1]$ .

2. Построить график функции  $S=\sin(x)$  для  $x=0..2\pi$  с шагом  $0.02\pi$ .
3. То же для  $C=\cos(x)$  в новой графической области.
3. Построить график зависимости  $S(C)$ .
4. Построить в одной системе координат два графика:  $S=\sin(x)$  и  $C=\cos(x)$ .
5. Построить график зависимости  $R(\varphi)=a*\cos(m*\varphi)$  для  $\varphi=-\pi.. \pi$  с шагом  $\pi/120$  со следующими значениями параметров:  $a=3$ ,  $m=2$ ,  $m=3$ ,  $m=4$ .
6. Постройте кривые, заданные в полярной системе координат (таблица 1).

Коэффициенты  $a$  и  $b$  выберите самостоятельно. Для каждой кривой постройте первый график, используя установки формата по умолчанию, а затем постройте второй график, в котором измените установки для осей координат и свойства графика.

Таблица 1

Уравнение кривой $r=f(\varphi)$	Название кривой
$r=a*\cos(4*\varphi)$	роза
$r=a*\varphi$	спираль Архимеда
$r=a*\varphi^2$	спираль Галилея
$r^2=a^2*\varphi$	спираль Ферма
$r=a*\sin(3*\varphi)$	четырёхлепестковая роза
$r=a*\sin(2*\varphi)$	трехлепестковая роза
$r=a*\sin(\varphi/3)$	роза
$r=a*\sin(4*\varphi/3)$	роза
$r=a*\sin(\varphi/2)$	роза
$r=a*\sin(5*\varphi/3)$	роза
$r=2*a*\sin^2(\varphi)/\cos(\varphi)$	циссоида
$r=a*\cos(\varphi)+b$	улитка Паскаля

### 3. Контрольные вопросы

1. Как построить графики: поверхности; полярный; декартовый?
2. Как построить несколько графиков в одной системе координат?
3. Как изменить масштаб графика?
4. Как определить координату точки на графике?
5. Как нанести сетку на график?
6. Как задать на графике предельные значения аргумента и функции?

## Системные переменные

Ниже приведены системные переменные и константы Mathcad с их значениями по умолчанию.

$\pi = 3.14159$	Число $\pi$ . Чтобы напечатать нажмите [Ctrl-P]
$e = 2.71828$	Основание натурального логарифма
$\infty$	Бесконечность ( $10^{307}$ ). Чтобы напечатать, нажмите [Ctrl-Z]
%	Процент. Используйте его в выражениях, подобных 10.% или как масштабируемый множитель.
i	Мнимая единица
j	Мнимая единица
$TOL = 10^{-3}$	Допустимая погрешность при различных алгоритмах аппроксимации (интегрирования, решения уравнений). Изменить значение системной переменной TOL и ниже следующих можно с помощью команды <b>Математика</b> ⇒ <b>Параметры</b> .
$CTOL = 10^{-3}$	Устанавливает точность ограничений в решающем блоке, чтобы решение было допустимым.
ORIGIN = 0	Определяет индекс первого элемента векторов и матриц.
FRAME = 0	Используется в качестве счетчика при создании анимаций.
PRNPRECISION = 4	Число значащих цифр.
PRNCOLWIDTH = 8	Число позиций для числа.
CWD	Текущий рабочий каталог в форме строки.

### Встроенные операторы

В таблице, приведенной ниже, используются следующие обозначения:  $X$  и  $Y$  – переменные или выражения любого типа;  $x$  и  $y$  – вещественные числа;  $z$  и  $w$  – вещественные или комплексные числа;  $m$  и  $n$  – целые числа;  $A$  и  $B$  – массивы (векторы или матрицы);  $i$  – дискретный аргумент;  $t$  – любая переменная;  $f$  – любая функция.

Оператор	Клавиши	Назначение оператора
$X := Y$	$X : Y$	Локальное присваивание $X$ значения $Y$
$X \equiv Y$	$X \sim Y$	Глобальное присваивание $X$ значения $Y$
$X =$	$X =$	Вывод значения $X$
$X + Y$	$X + Y$	Сложение $X$ с $Y$
$X$ $+ Y$	$X$ [Ctrl][↵] $Y$	То же, что и сложение. Перенос чисто косметический.
$X - Y$	$X - Y$	Вычитание из $X$ значения $Y$
$X \cdot Y$	$X * Y$	Умножение $X$ на $Y$
$\frac{X}{z}$	$X / z$	Деление $X$ на $z$
$z^w$	$z \wedge w$	Возведение $z$ в степень $w$
$\sqrt{z}$	$z \setminus$	Вычисление квадратного корня из $z$
$\sqrt[n]{z}$	$n$ [Ctrl] \ $z$	Вычисление корня $n$ -ой степени из $z$
$n !$	$n !$	Вычисление факториала
$B_n$	$B [ n$	Ввод нижнего индекса $n$
$A_{n,m}$	$A [ n , m$	Ввод двойного индекса
$A^{<n>}$	$A$ [Ctrl]6 $n$	Ввод верхнего индекса
$\sum_{i=m}^n X$	[Ctrl][Shift] 4	Суммирование $X$ по $i = m, m + 1, \dots n$
$\sum_i X$	\$	Суммирование $X$ по дискретному аргументу $i$
$\prod_{i=m}^n X$	[Ctrl][Shift] 3	Перемножение $X$ по $i = m, m + 1, \dots n$
$\prod_i X$	#	Перемножение $X$ по дискретному аргументу $i$
$\sum_i X$	\$	Суммирование $X$ по дискретному аргументу $i$
$\int_a^b f(t)dt$	&	Вычисление определенного интеграла $f(t)$ на интервале $[a, b]$
$\frac{d}{dt} f(t)$	?	Вычисление производной $f(t)$ по $t$
$\frac{d^n}{dt^n} f(t)$	[Ctrl]?	Вычисление производной $n$ -го порядка функции $f(t)$ по $t$
( )	‘	Ввод пары круглых скобок с шаблоном
$x > y$	$x > y$	Больше чем



## Лабораторная работа №8

# ЗНАКОМСТВО С ИНТЕРФЕЙСОМ ПРОГРАММЫ sPlan

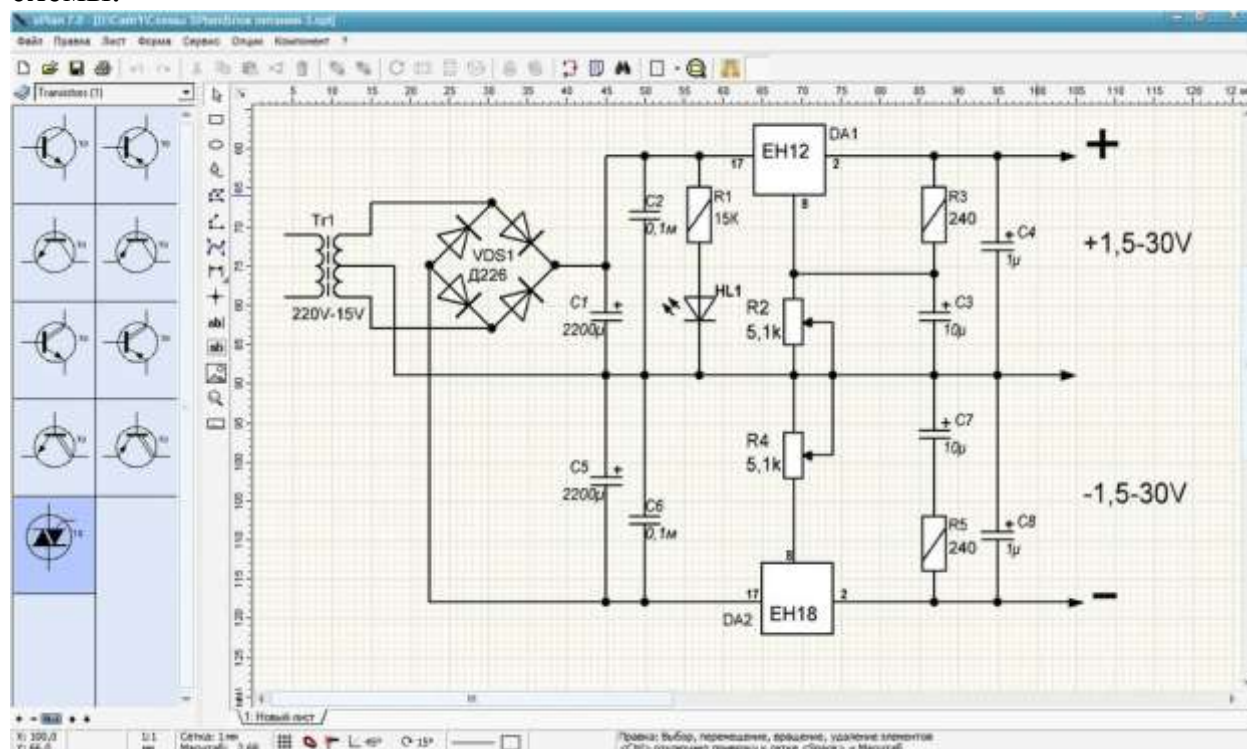
**Цель работы:** Ознакомиться с интерфейсом и инструментами программной среды sPlan. Получить первоначальные навыки рисования в графическом редакторе.

### 1. Краткие теоретические сведения

**sPlan** – векторный графический редактор с элементами, позволяющими легко рисовать электрические схемы. Очень простой и интуитивно понятный интерфейс. sPlan создает качественные файлы для печати, которые могут быть предварительно просмотрены, имеется изменение масштаба и расположения схемы на листе. Для рисования электрических схем имеется несколько библиотек, элементы которых могут легко редактироваться и добавляться, есть функция автоматической нумерации элементов, привязка линий к выводам элементов, группировка элементов, привязка к сетке. Возможность рисования линий под определенным углом, поворот элементов, вставка рисунка, экспорт в форматы jpg, bmp. Удобный вывод на печать.

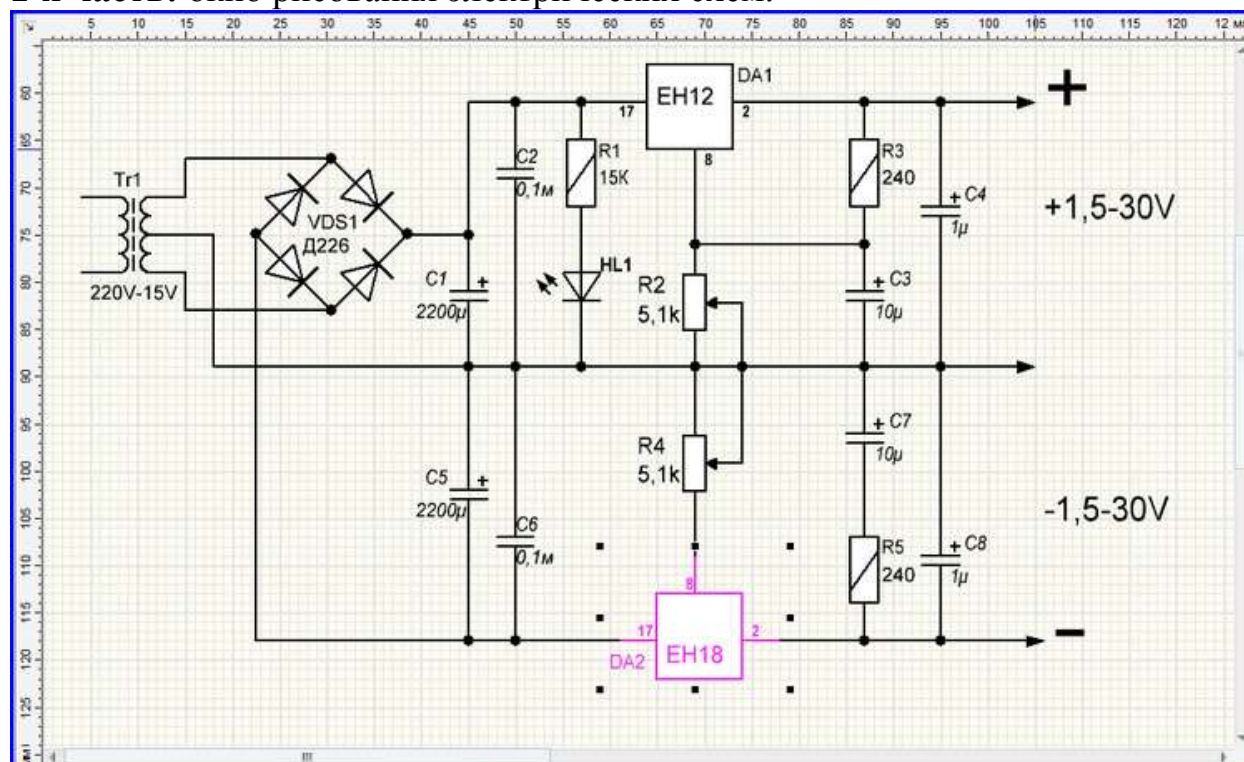
### 2. Интерфейс и основные элементы

После запуска программы мы попадаем в режим редактирования электрической схемы.



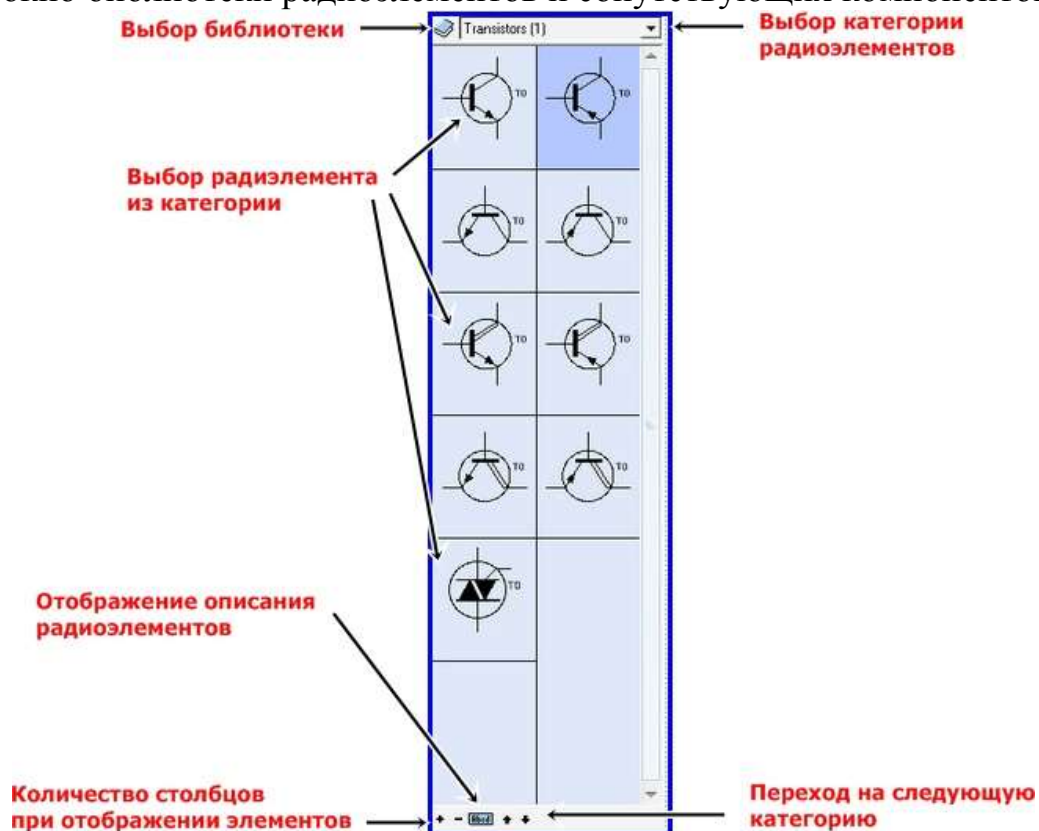
Рассмотрим интерфейс программы по частям.

## 1-я часть: окно рисования электрических схем.



Данное окно представляет собой поле, с нанесенной сеткой в виде линий или точек, или вообще без них и двух линеек – горизонтальной и вертикальной (в миллиметрах).

## 2-я часть: окно библиотеки радиоэлементов и сопутствующих компонентов.



*Выбор библиотеки.* Здесь вы можете выбрать стандартную или вашу библиотеку радиоэлементов, или другие библиотеки, также созданные вами или загруженные с интернета.

*Выбор категории элементов.* Здесь выбирается нужная вам категория радиоэлементов: транзисторы, диоды, катушки и т.д.

*Выбор радиоэлементов из категории.* Здесь выбирается конкретный радиоэлемент (в данном случае – транзистор n-p-n или p-n-p и т.д.).

*Количество столбцов при отображении элементов* – в данном случае 2 столбца (комментирования не требует).

*Отображение описания радиоэлементов.* При включении данной опции под радиоэлементами будет отображаться их краткое описание (если есть).

*Переход на следующую категорию* – тоже, что и выбор категории радиоэлементов.

**3-я часть:** главное меню:



♦ файл: стандартный набор опций:

- создать
- открыть
- сохранить
- шаблон (выбор параметров листа на котором будет рисоваться схема)
- загрузить изображение (в формате BMP или JPEG)
- экспорт
- буфер обмена
- печать

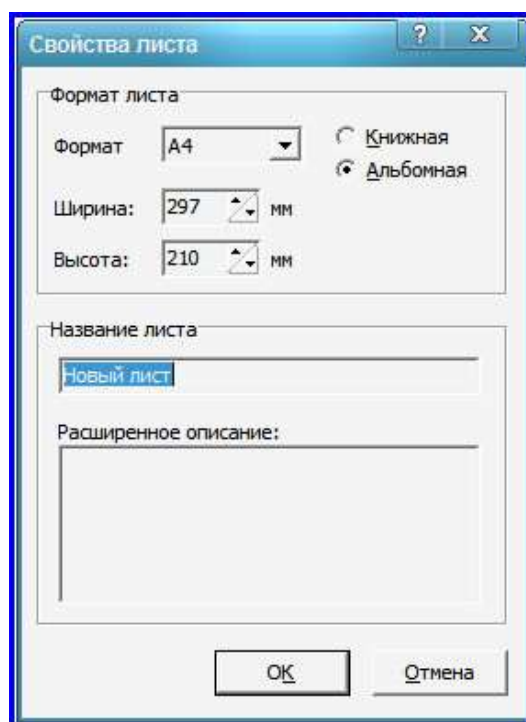
Все опции стандартные для любой программы и особых комментариев не требуют

♦ правка:

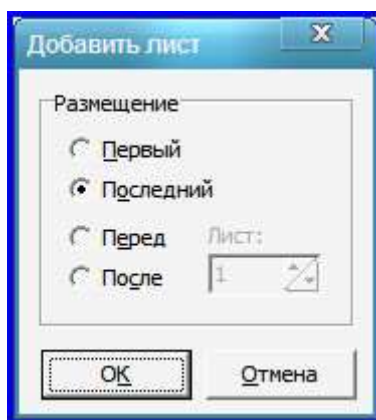
- отменить
- повторить
- вырезать
- копировать
- вставить
- дублировать
- повторить

Также вполне стандартный набор опций, не требующий комментариев

- ◆ ЛИСТ:
- СВОЙСТВА

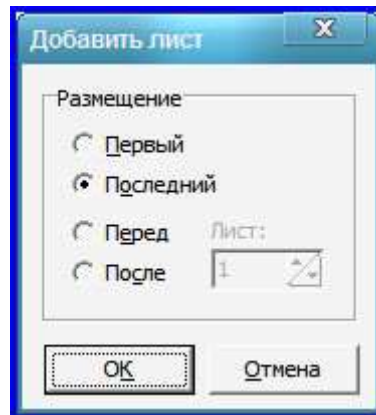


- Здесь выбирается формат листа, его название и дается расширенное описание.
- НОВЫЙ ЛИСТ:



Здесь добавляется новый лист и его место среди всех листов проекта.

– дубликат:



Здесь дублируется уже имеющийся лист и указывается его место среди остальных листов.

♦ форма:

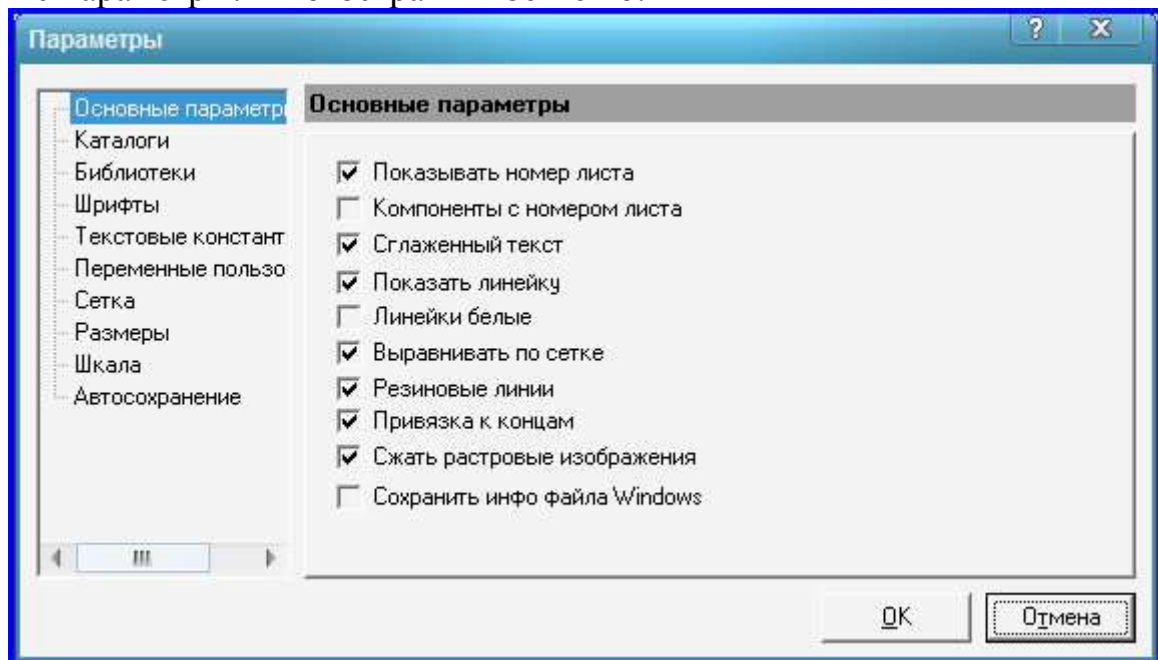
здесь выбирается или редактируется форма листа на котором будет разрабатываться проект, образцы форм можно посмотреть, выбрав опцию “открыть форму”.

♦ сервис:

тоже довольно стандартный набор опций в котором очень просто разобраться.

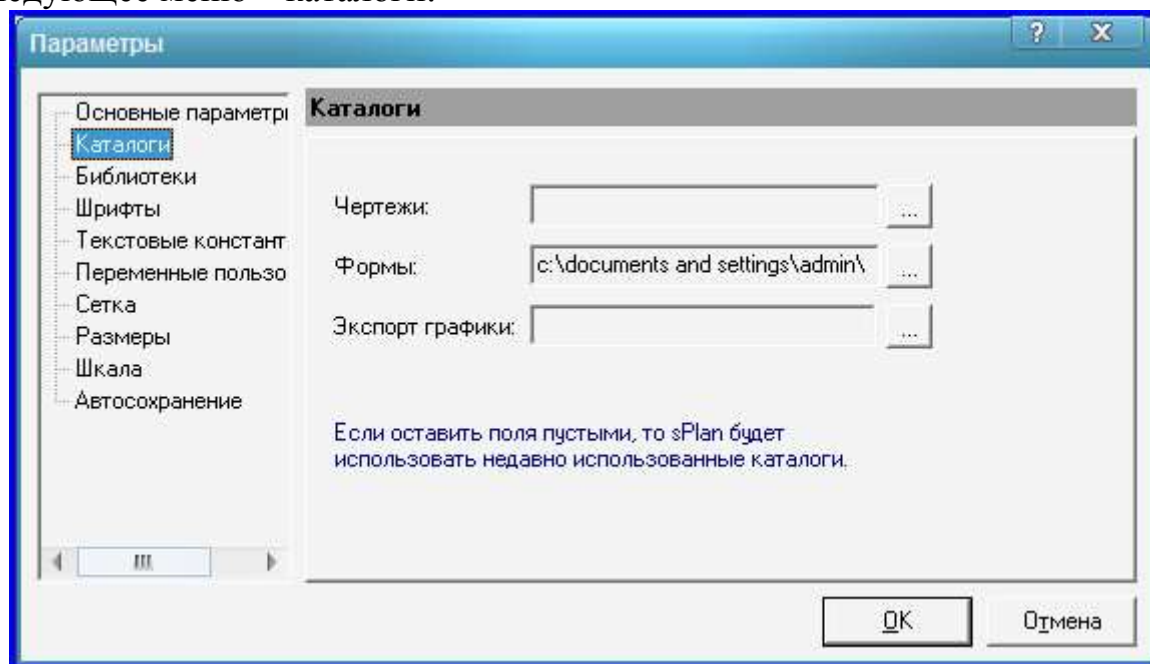
♦ опции:

– основные параметры. Многостраничное меню:



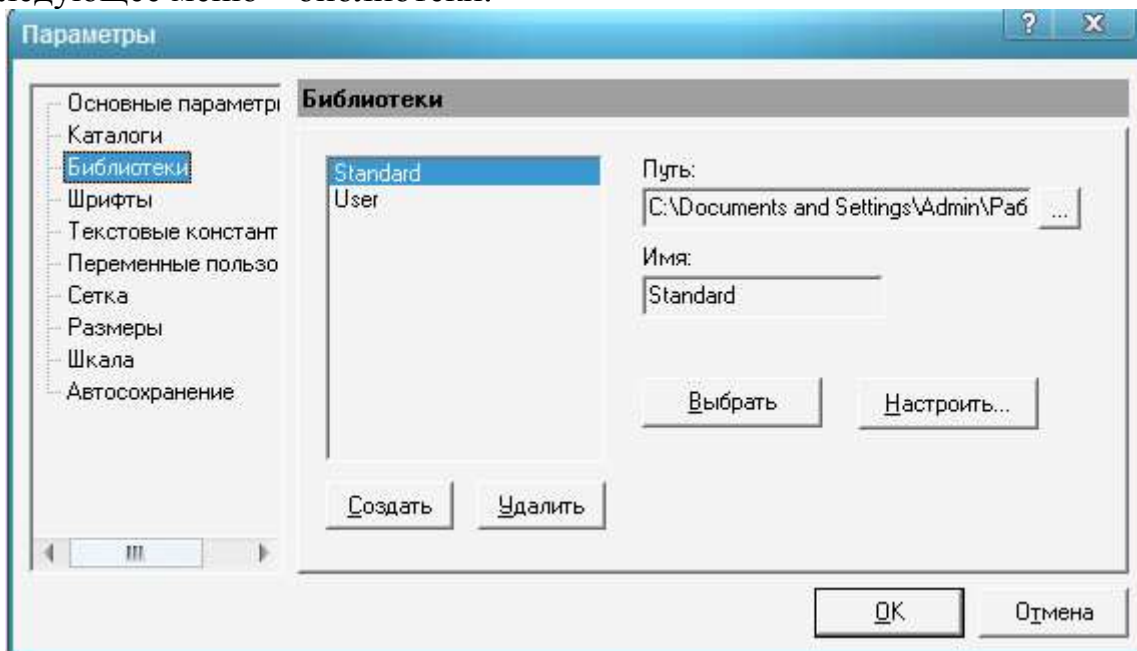


Следующее меню – каталоги:



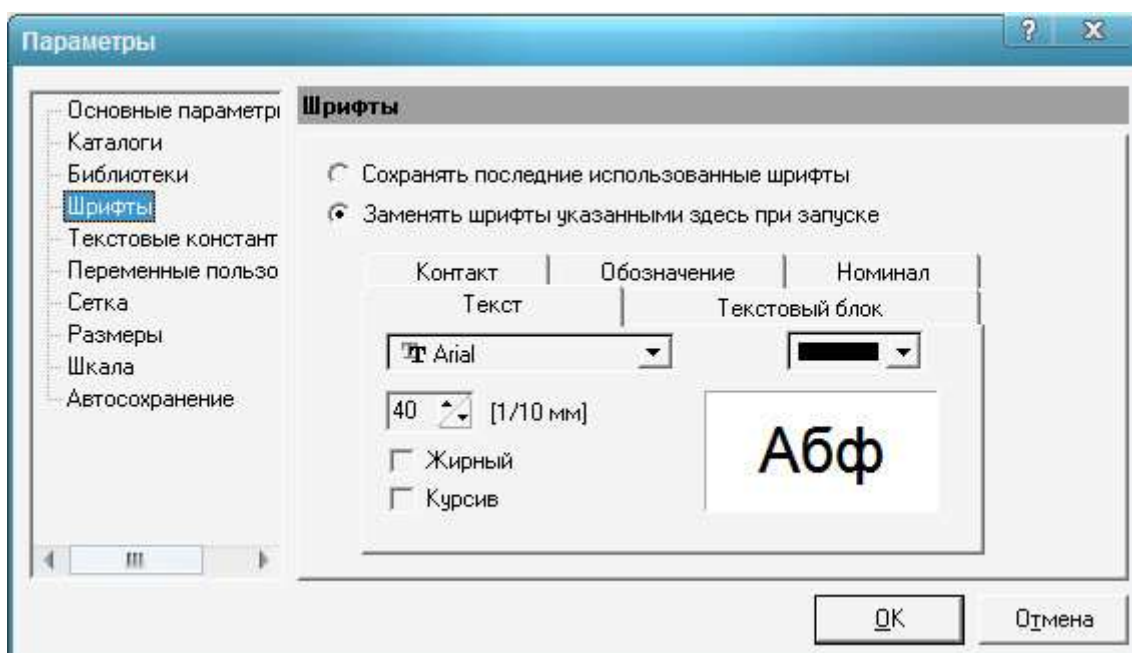
Места сохранения чертежей, форм и куда будет экспортироваться графика.

Следующее меню – библиотеки:



Здесь можно настроить следующие параметры: создать библиотеку, удалить библиотеку, присвоить ей имя, указать место хранения библиотеки.

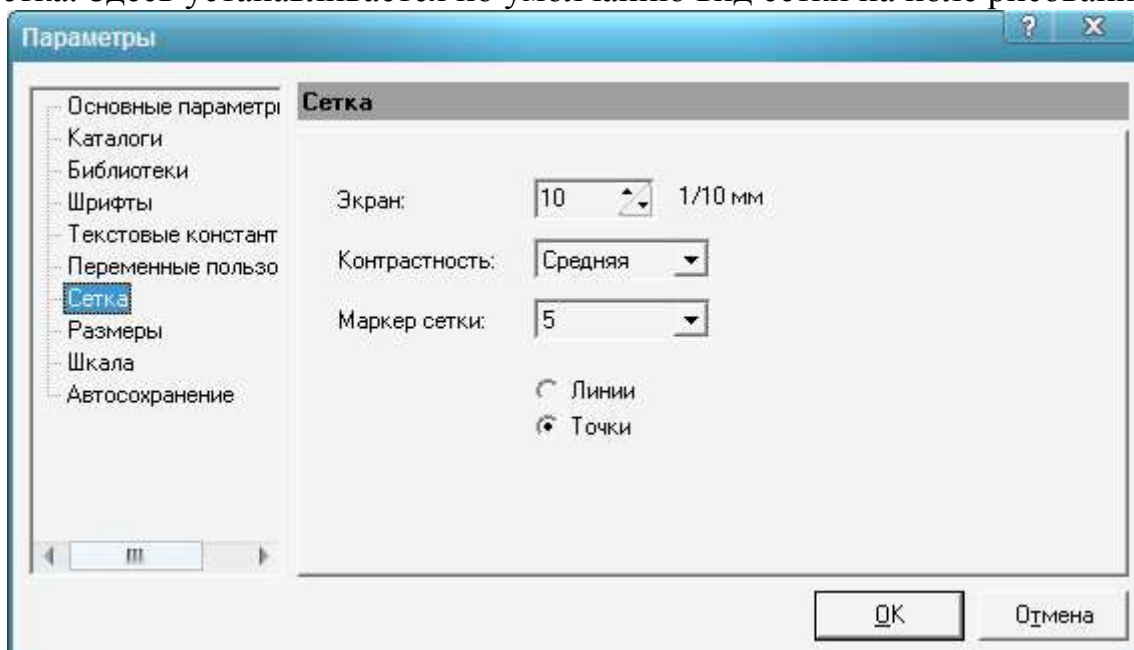
Следующее меню – шрифты:



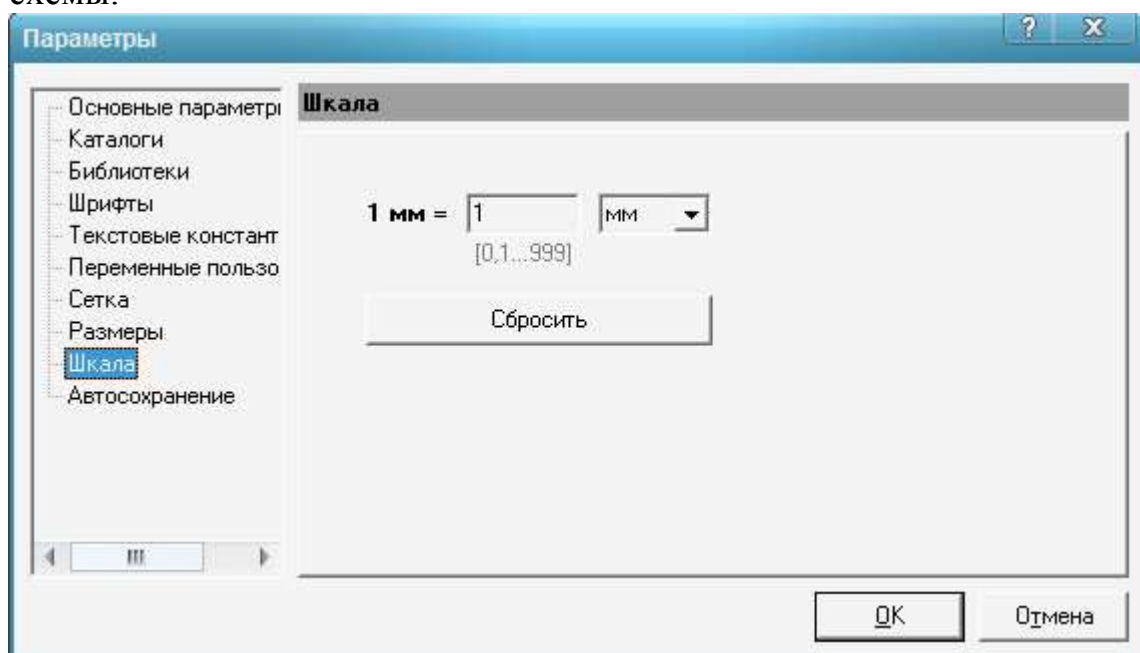
Здесь вы можете указать программе, каким шрифтом вы будете пользоваться по умолчанию.

Из оставшихся опций рассмотрим еще две – сетка и шкала:

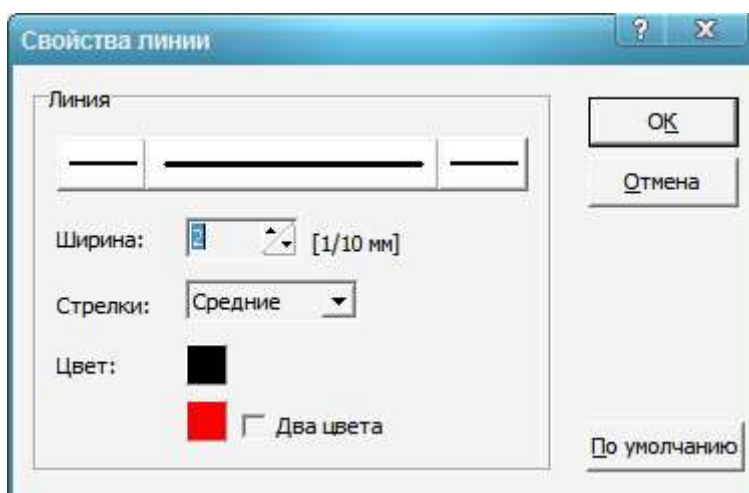
Сетка. Здесь устанавливается по умолчанию вид сетки на поле рисования схемы.



Шкала. Установки по умолчанию горизонтальной и вертикальной линеек поля рисования схемы.



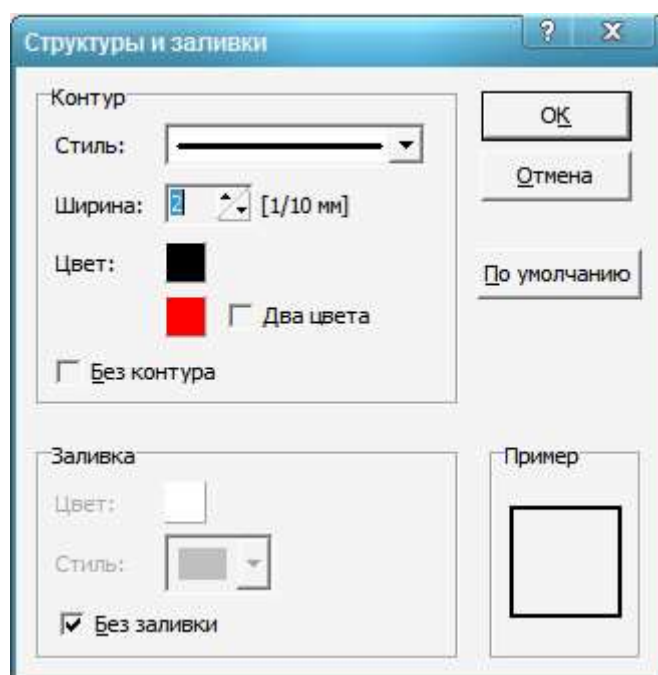
- стили линии по умолчанию:



Здесь выбирается стиль линий, которыми соединяются компоненты, создаются новые элементы.



- стили многоугольника по умолчанию:



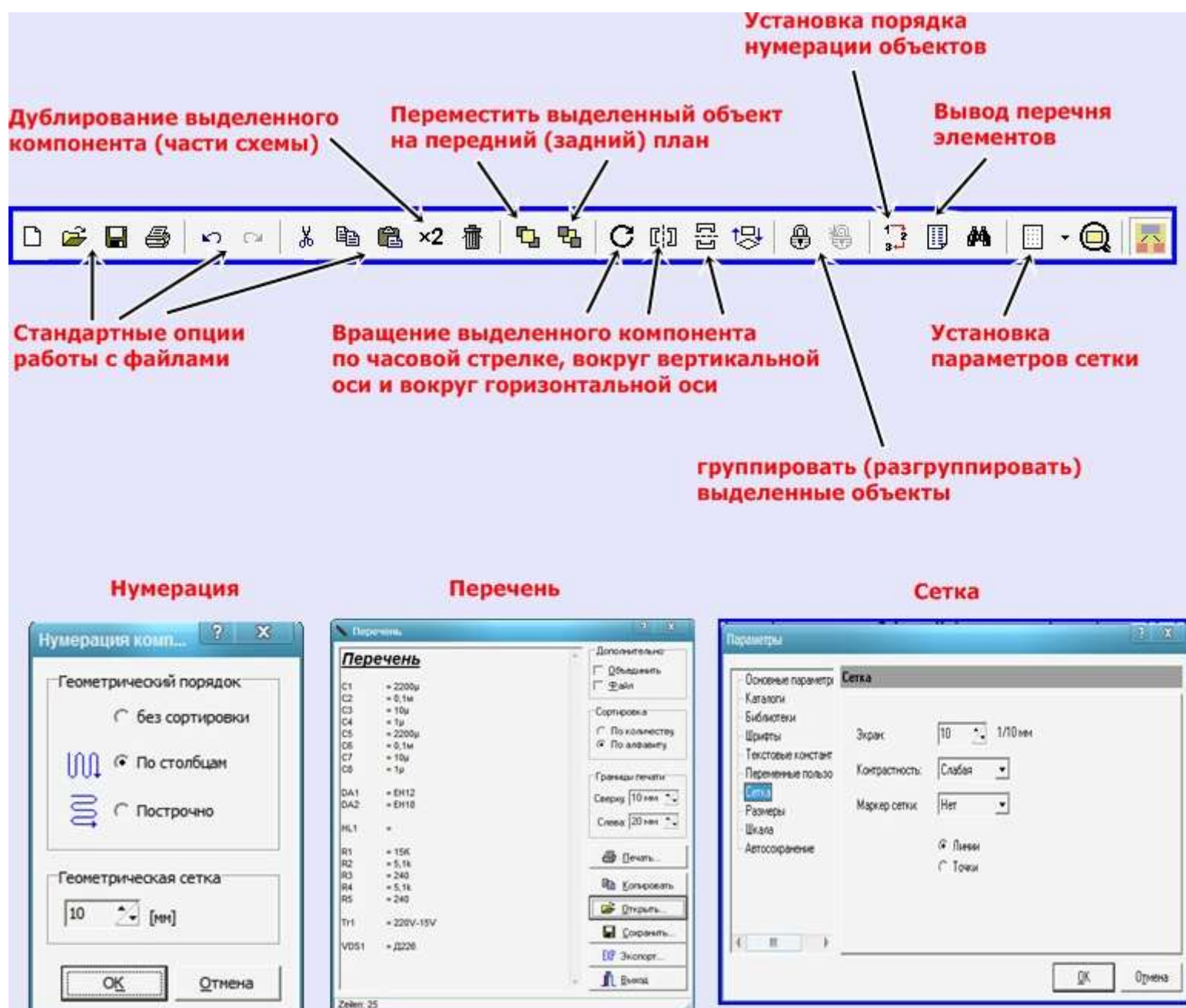
Здесь выбирается стили контура и заливки многоугольных форм.

◆ компонент:

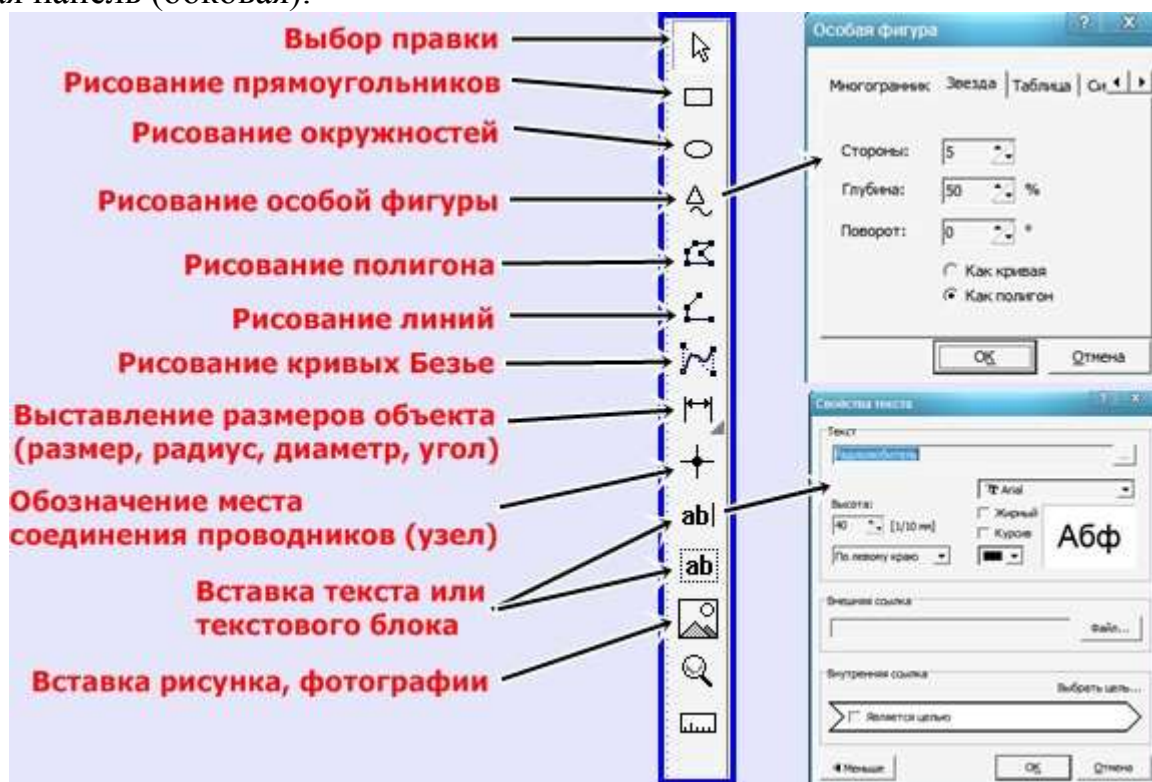
этот раздел - создание нового радиоэлемента, мы рассмотрим немного позже.

**4-я часть:** три панели для работы с электрическими схемами.

♦ первая панель (верхняя):



♦ вторая панель (боковая):



♦ панель третья (нижняя):



### 3. Содержание отчёта

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Ответы на контрольные вопросы

### 4. Контрольные вопросы

1. Как изменить формат листа? (A4, A3 и т. д.)
2. Как изменить толщину элемента «Линия»?
3. Как изменить толщину линии элемента «Прямоугольник»?
4. Как изменить масштаб сетки в окне рисования?
5. Как изменить шаг угла при рисовании ломаной линии?

## Лабораторная работа №9

### СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НЕСЛОЖНОГО УСТРОЙСТВА В sPlan

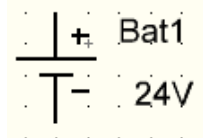
**Цель работы:** Научиться создавать графический вариант электрических схем с помощью графического редактора sPlan.

#### 1. Краткие теоретические сведения

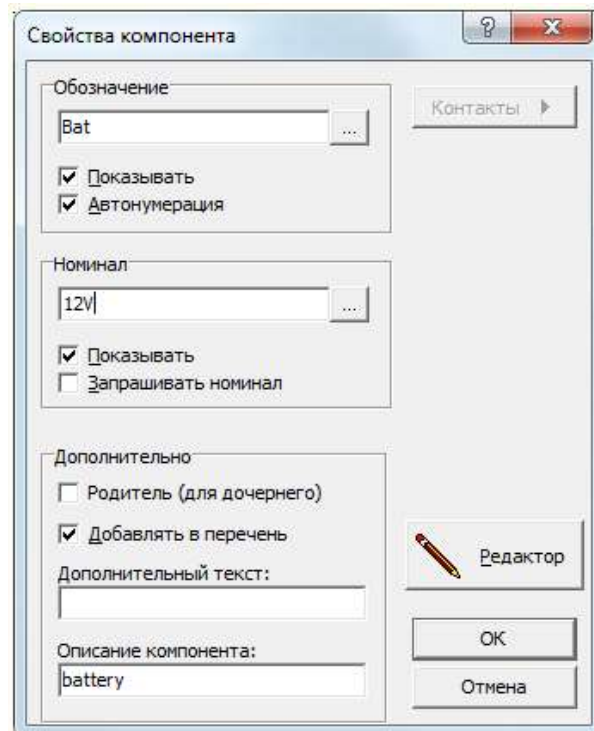
Электрическая схема – это документ, составленный в виде условных изображений или обозначений составных частей изделия, действующих при помощи электрической энергии, и их взаимосвязей.

#### 2. Ход работы

В окне библиотеки элементов выбираем раздел «Батареи» и перетаскиваем на окно рисования электрических схем нужный нам элемент «Battery»



Два раза щелкнув левой кнопкой мыши по элементу, вызываем окно «Свойство компонента». В данном окне вводим обозначение и номинал.



Кликнув на кнопку «Редактор» переходим в режим редактирования элемента, в котором можем изменять графическое представление выбранного элемента. Данный пункт не является обязательным и используется по мере необходимости.

Пример редактирования:



В окне библиотеки элементов выбираем раздел «Диоды» и перетаскиваем на окно рисования электрических схем нужный нам элемент «Светодиод»

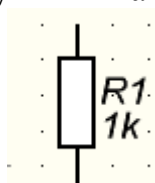


В «Свойство компонента» указываем нужные нам параметры обозначения и номинала.

Для копирования выделяем диод в окне рисования электрических схем и с помощью комбинации клавиш «Ctrl + C» копируем, с помощью комбинации клавиш «Ctrl + V» вставляем. Нумерация новых элементов происходит автоматически. Выключить это возможно в «Свойства компонента», убрав галочку напротив пункта «Автонумерация».

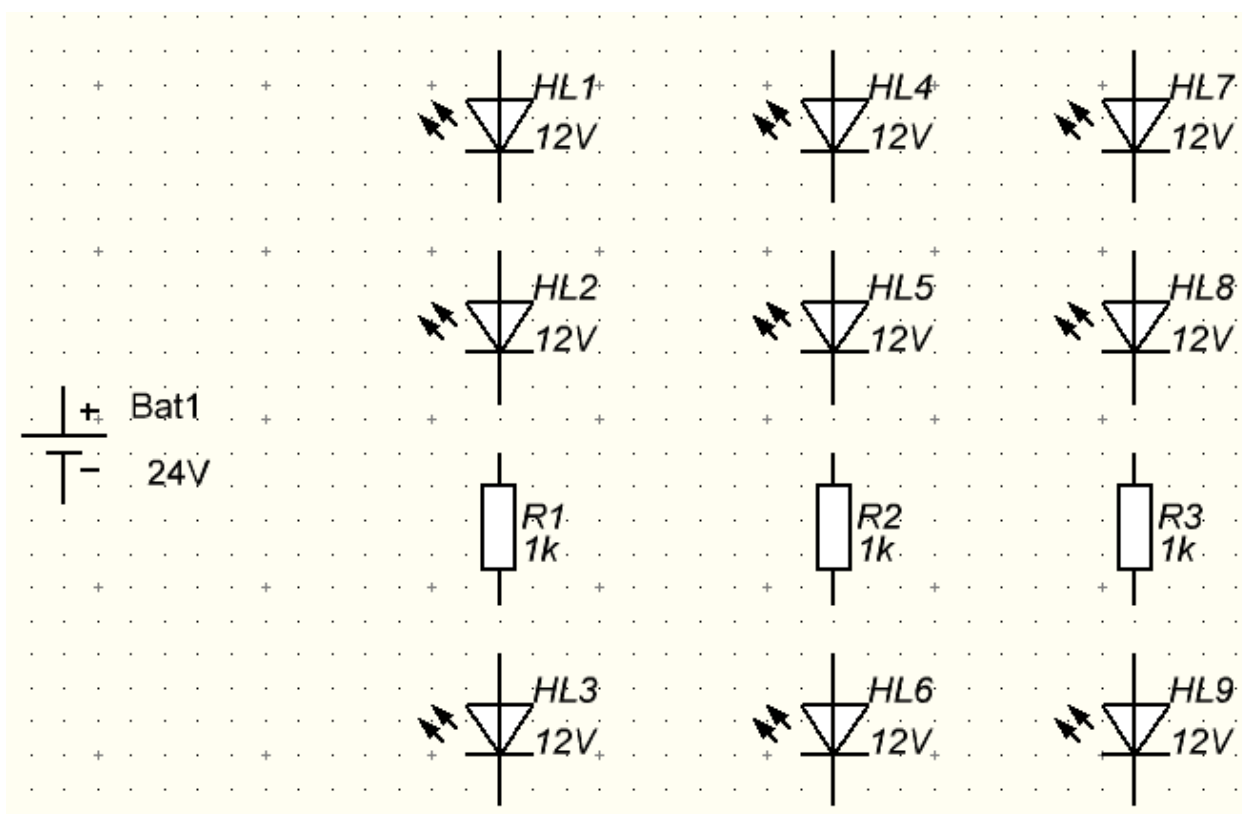


В окне библиотеки элементов выбираем раздел «Резисторы» и перетаскиваем на окно рисования электрических схем нужный нам элемент.

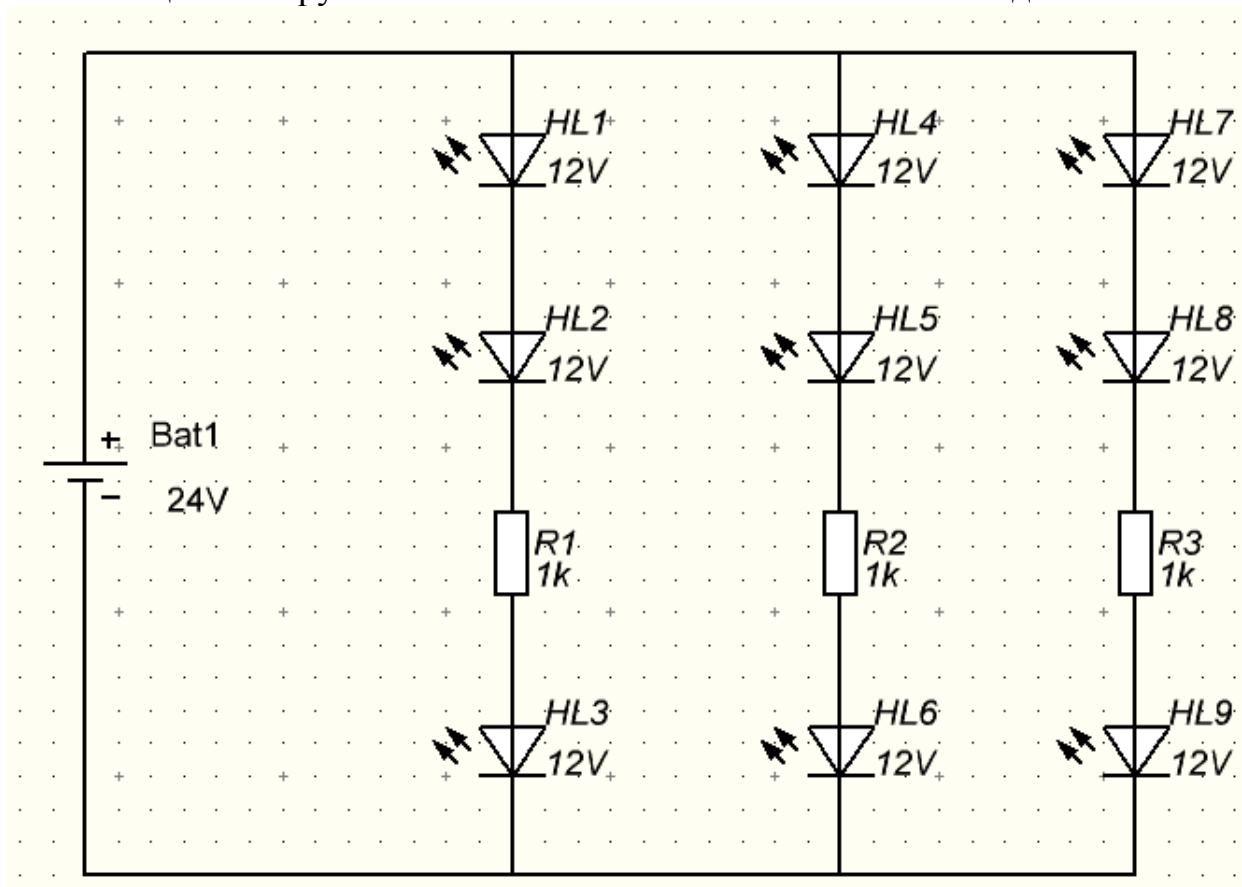



В «Свойство компонента» указываем нужные нам параметры обозначения и номинала.

Расставляем все элементы в нужном нам порядке. Получаем следующее:

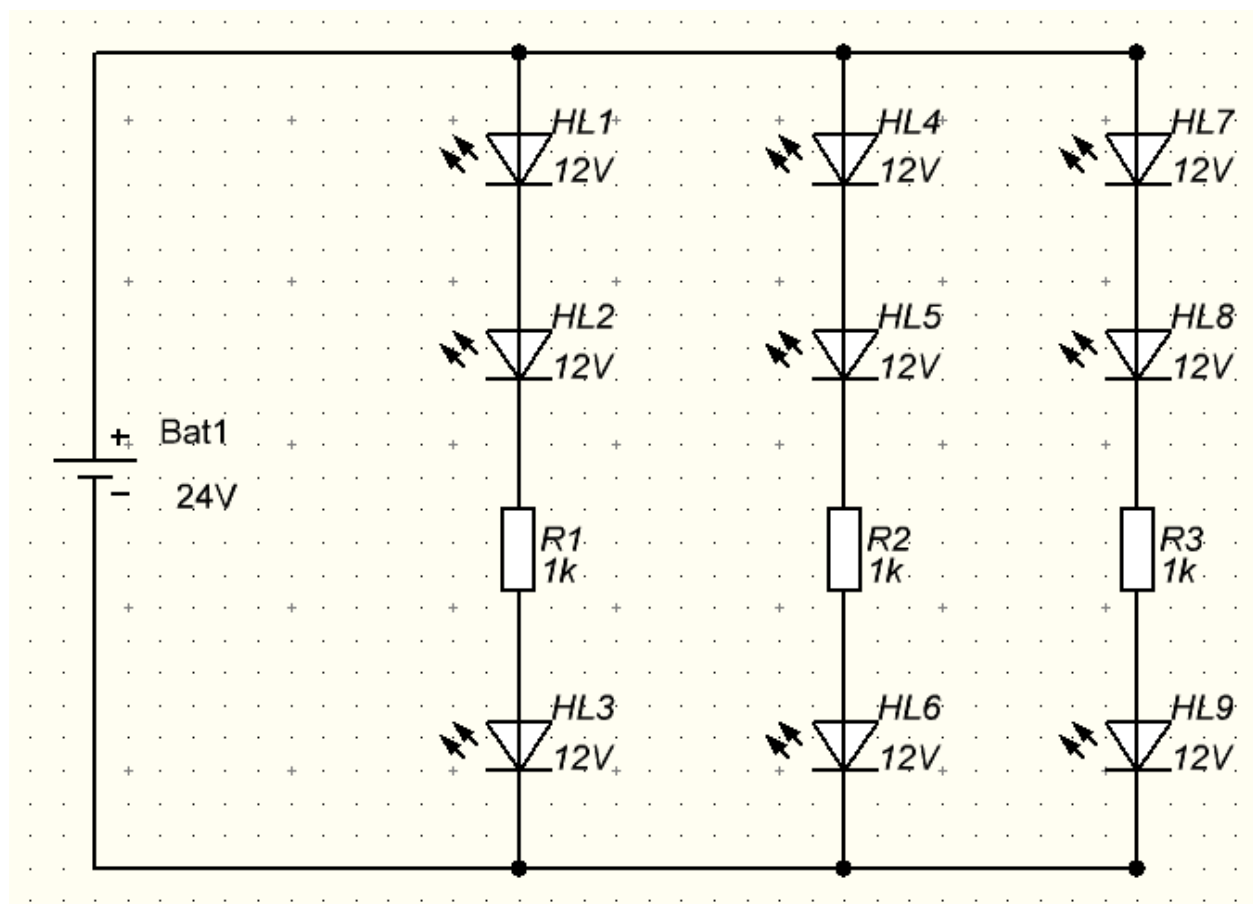


С помощью инструмента «Линия»  на боковой панели соединяем элементы.



С помощью инструмента «Узел»  на боковой панели расставляем узлы соединений.





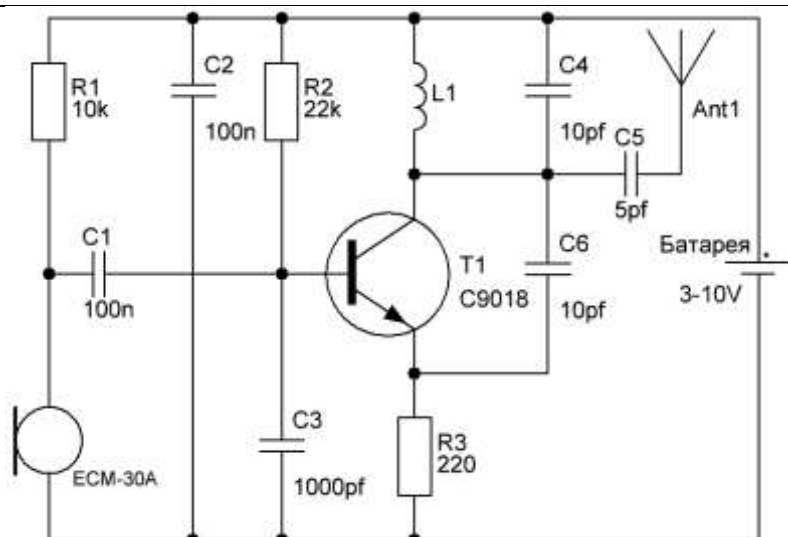
### 3. Задание

1. В соответствии со своим вариантом построить принципиальную электрическую схему устройства.

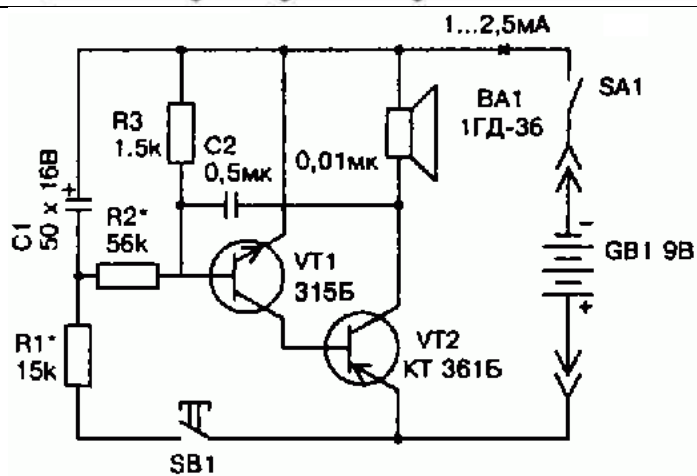
Вариант	Схема
1	
2	



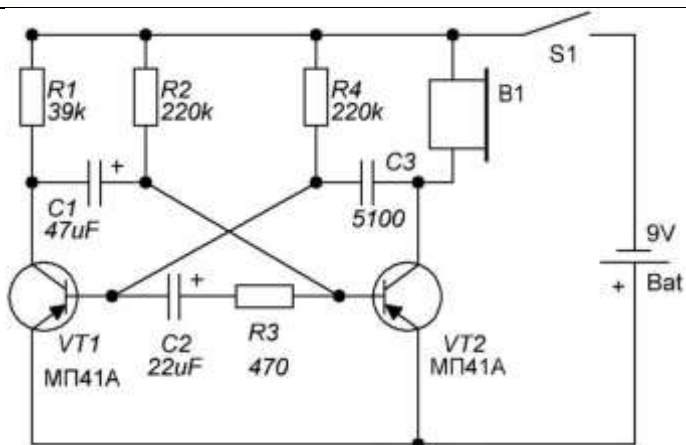
3



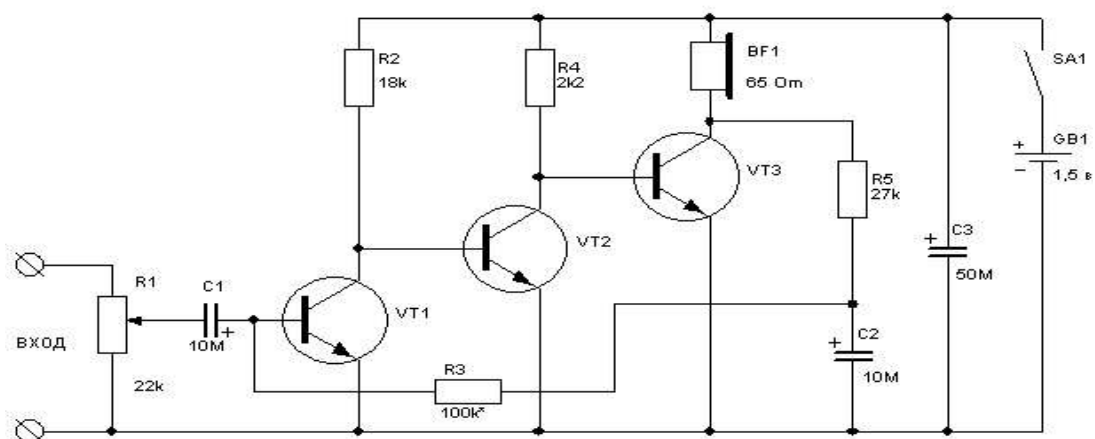
4



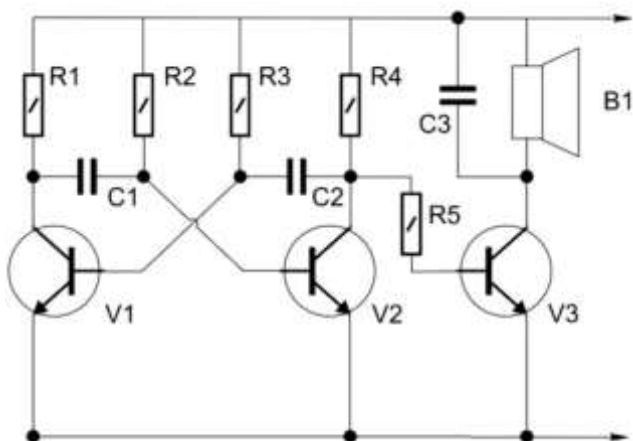
5



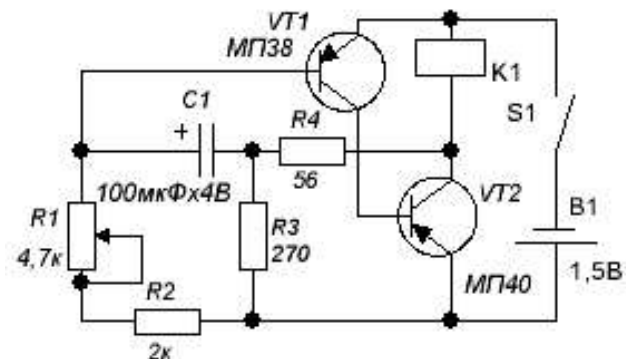
6



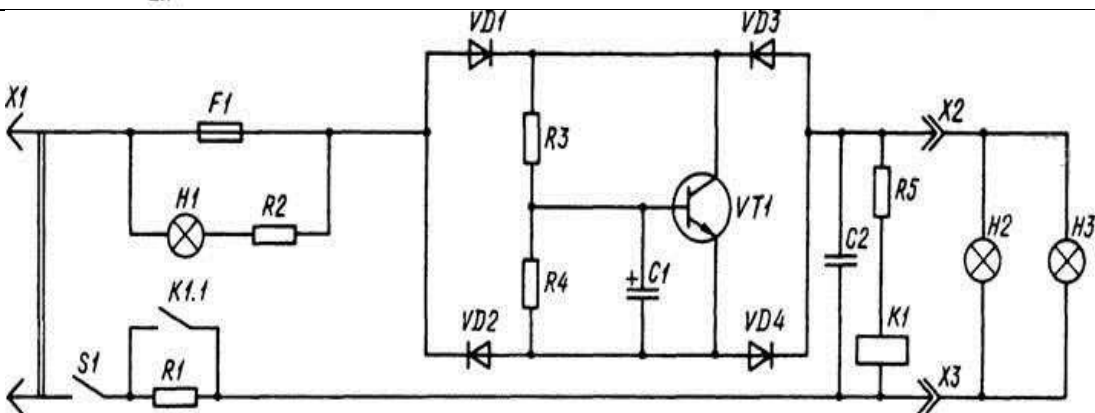
7

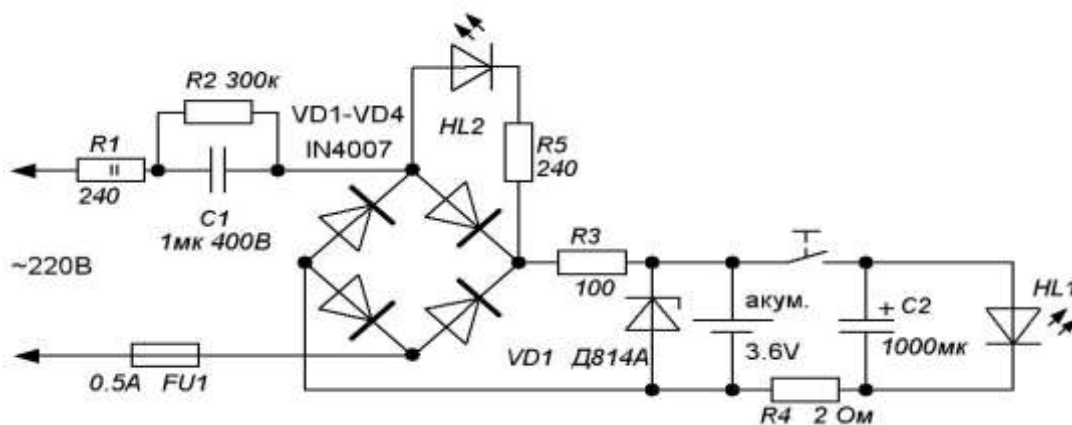


8



9





#### 4. Содержание отчёта

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Исходная схема (задание)
4. Построенная в sPlan схема
5. Ответы на контрольные вопросы

#### 5. Контрольные вопросы

1. Что такое электрическая схема?
2. Из чего состоит электрическая схема?
3. Как редактировать изображение элемента?
4. Что такое «номинал» электрического элемента?
5. Как изменить обозначение и номинал элемента?

## Лабораторная работа №10

### СОЗДАНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ НЕСЛОЖНОГО УСТРОЙСТВА В sPlan

**Цель работы:** Узнать, что такое печатные платы и где они применяются. Научиться созданию графических схем печатных плат в программной среде sPlan.

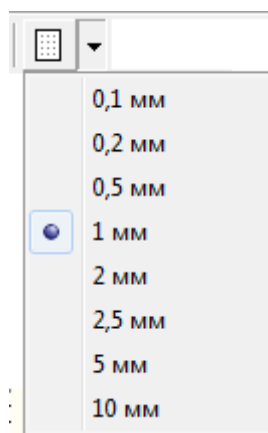
#### 1.Краткие теоретические сведения

Печатная плата – пластина из диэлектрика, на поверхности и/или в объёме которой сформированы электропроводящие цепи электронной схемы. Печатная плата предназначена для электрического и механического соединения различных электронных компонентов. Электронные компоненты на печатной плате соединяются своими выводами с элементами проводящего рисунка обычно пайкой.

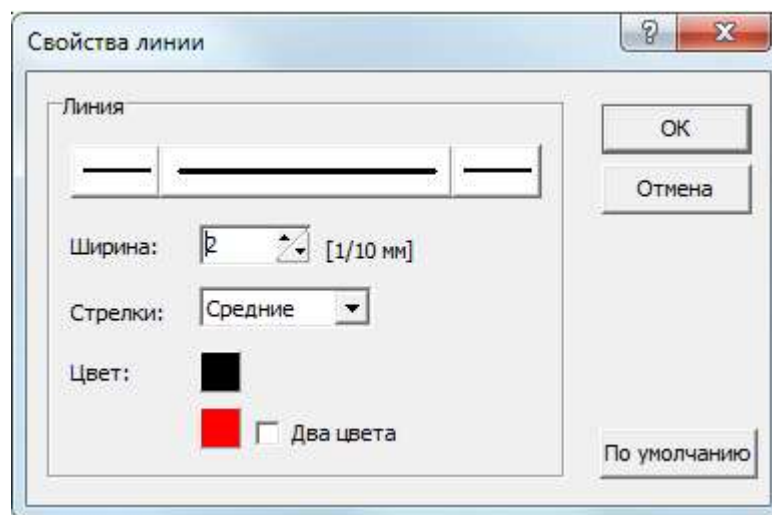
#### 2.Ход работы

Для рисования схемы печатной платы в sPlan основные инструменты, которые нам потребуются это – «Линия», «Окружность», «Кривая Безье».

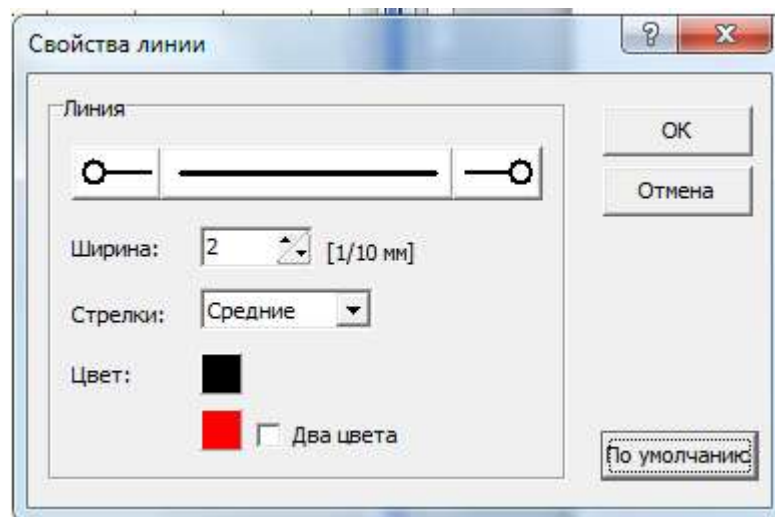
Для более точно прорисовки настраиваем размеры сетки, выбрав на верхней панели инструментов элемент «Сетка».





Так как размеры контактных дорожек и площадок различны, то мы должны настроить ширину линии. С помощью «Свойства линии» на нижней панели инструментов можно указать, какие будут концы линий (стрелки), ширину линии, размер стрелок и цвет.

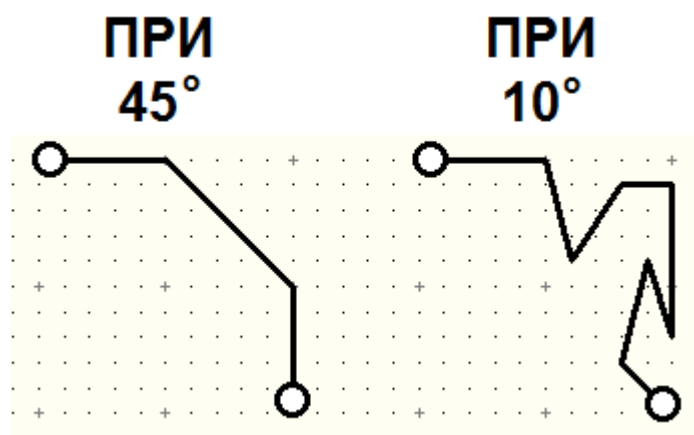


Установим стрелки – окружности, что облегчит работу по рисованию схемы печатной платы.

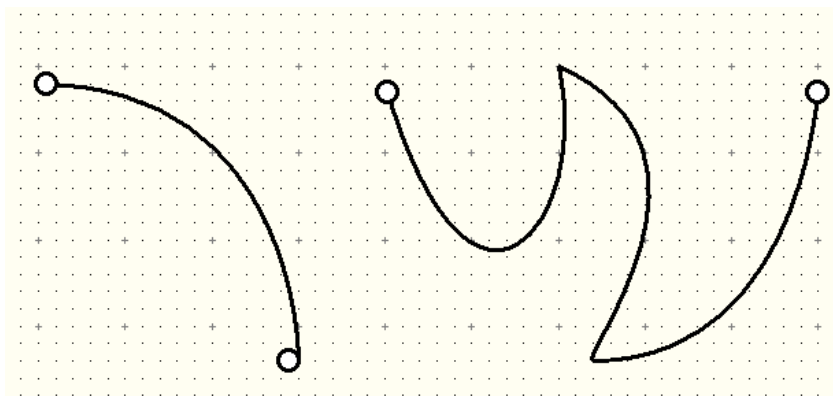



С помощью инструмента «линия»  выполняем построение.


Для того, чтобы изменить поворот угла линии воспользуемся параметром «Ограничение углов»  45° на нижней панели инструментов.

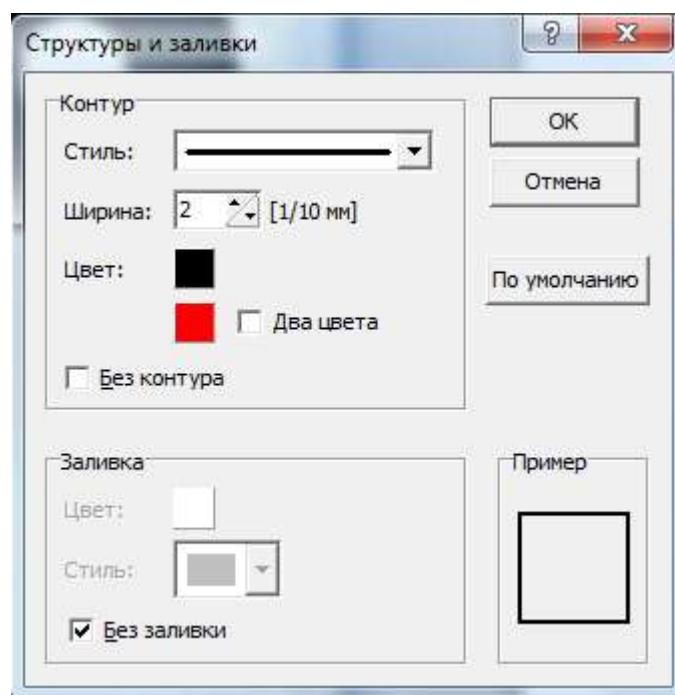


С помощью инструмента «кривая Безье»  строим кривую линию, расставляя три точки.



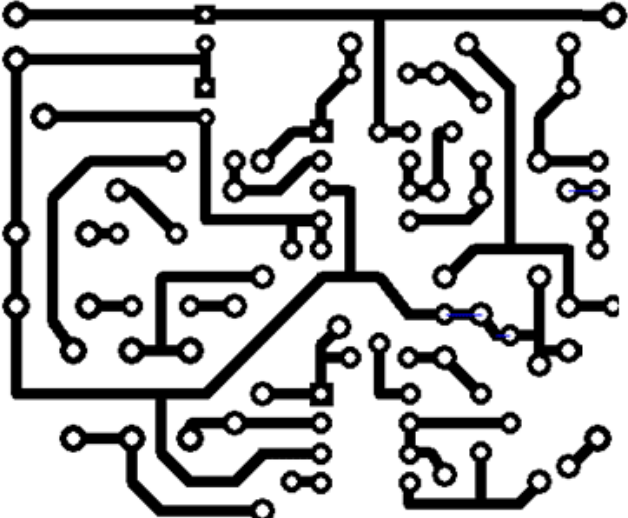
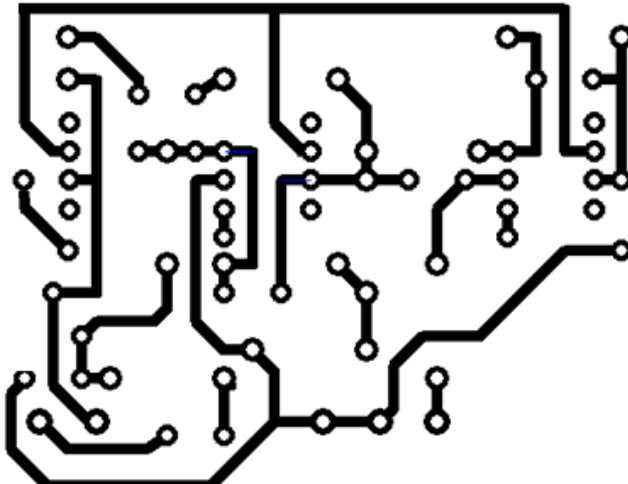
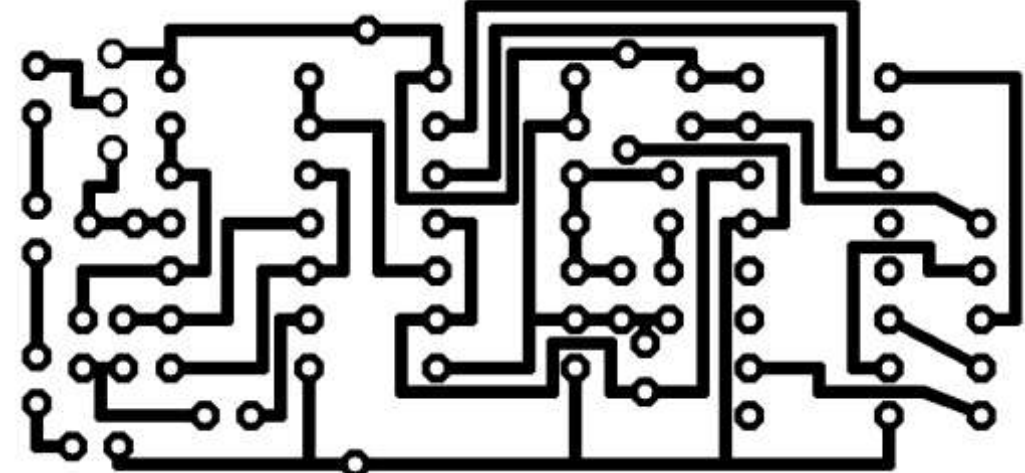
Отдельные контактные отверстия и отверстия для крепления платы рисуем с помощью инструмента «окружность» .

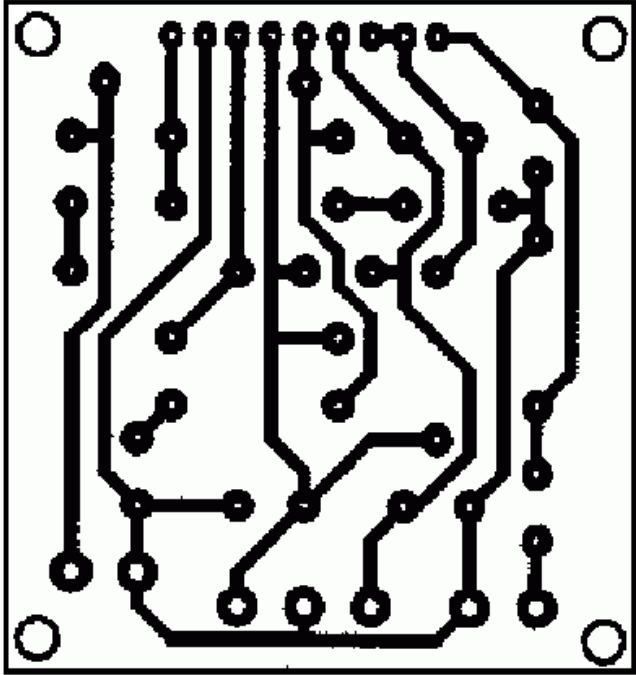
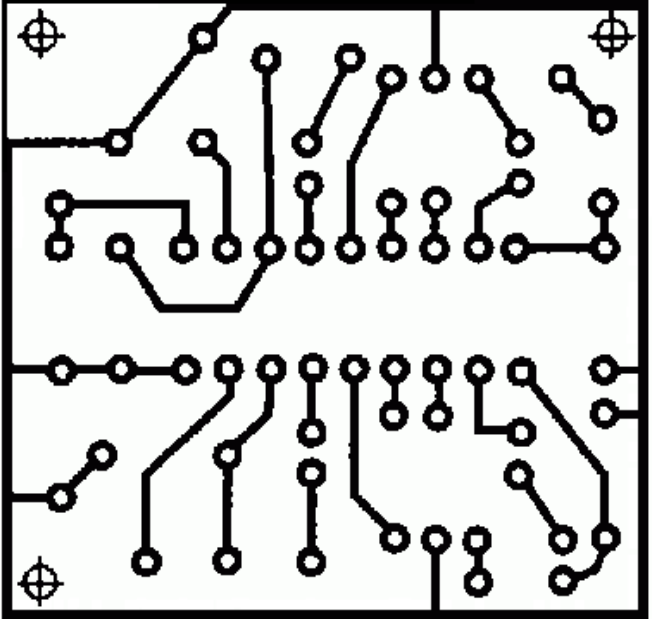
С помощью параметра «Стиль многоугольника по умолчанию»  Стиль многоугольника по умолчанию на нижней инструментальной панели вызываем окно «Структуры и заливки», в котором можем редактировать стиль, ширину и цвет фигуры и линий фигуры.



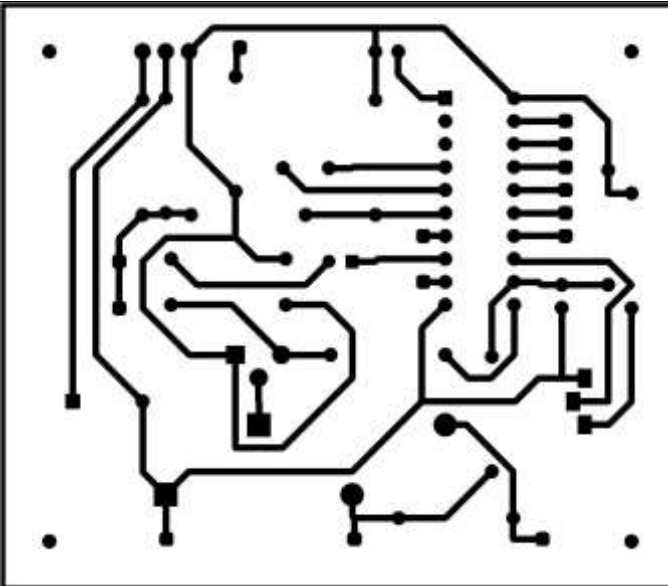
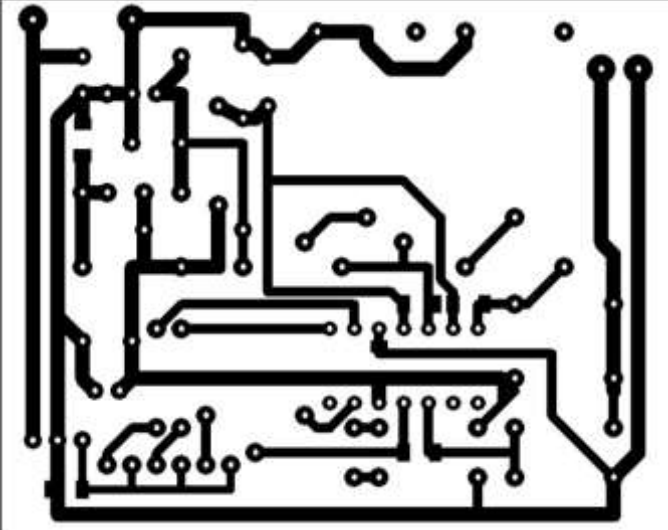
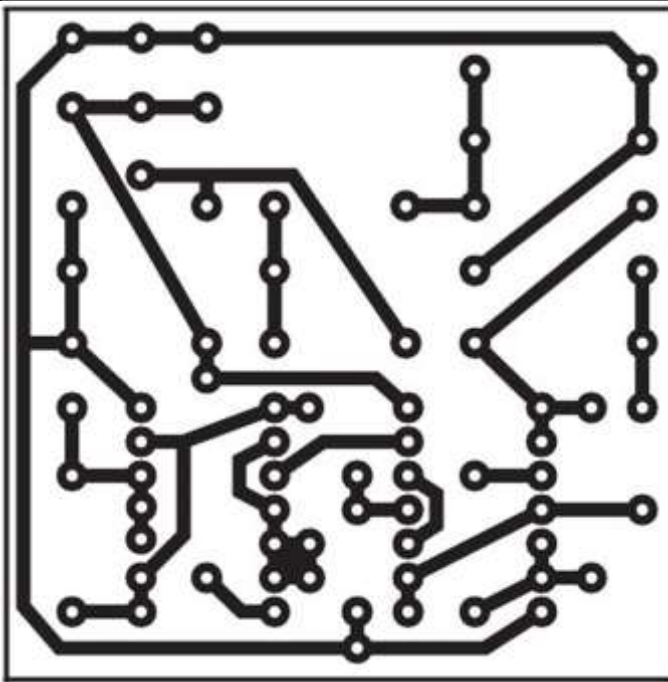
### 3. Задание

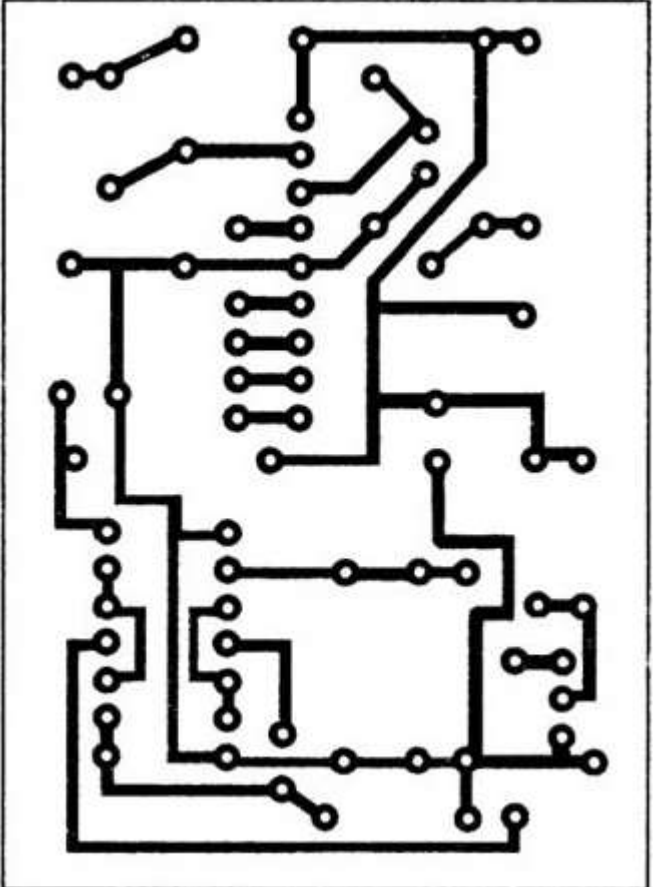
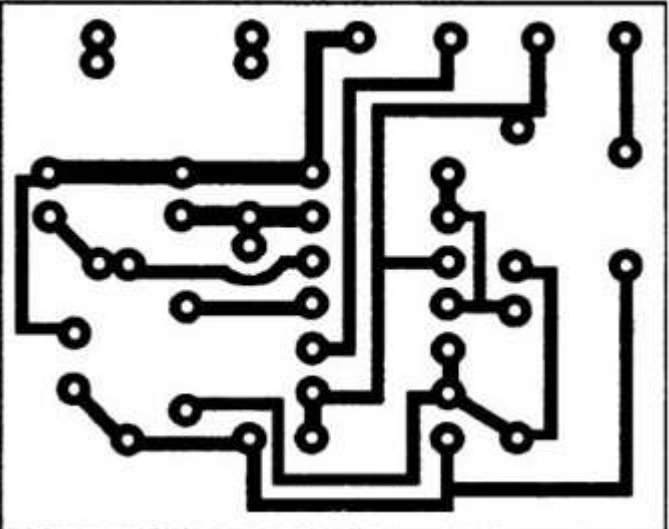
1. В соответствии со своим вариантом нарисовать схему печатной платы

Вариант	Схема
1	 <p>The circuit board layout for Variant 1 is a rectangular board with a complex network of traces. It features a dense arrangement of components, including several integrated circuits (ICs) and numerous passive components like resistors and capacitors. The layout is characterized by a high density of components and a complex routing pattern, with many vias and microvias. The traces are primarily black, with some blue highlights indicating specific signal paths or power planes.</p>
2	 <p>The circuit board layout for Variant 2 is a rectangular board with a complex network of traces. It features a dense arrangement of components, including several integrated circuits (ICs) and numerous passive components like resistors and capacitors. The layout is characterized by a high density of components and a complex routing pattern, with many vias and microvias. The traces are primarily black, with some blue highlights indicating specific signal paths or power planes.</p>
3	 <p>The circuit board layout for Variant 3 is a rectangular board with a complex network of traces. It features a dense arrangement of components, including several integrated circuits (ICs) and numerous passive components like resistors and capacitors. The layout is characterized by a high density of components and a complex routing pattern, with many vias and microvias. The traces are primarily black, with some blue highlights indicating specific signal paths or power planes.</p>

4	
5	



6	 <p>A circuit board layout featuring a central vertical stack of components, likely a multi-pin connector or a series of capacitors. To the left, there are several curved traces and a few discrete components. To the right, there are more traces and a small cluster of components. The layout is contained within a rectangular frame with four small dots at the corners.</p>	
7	 <p>A circuit board layout with a complex, dense arrangement of traces and components. The layout is characterized by a large, irregular shape in the center, surrounded by various traces and components. The layout is contained within a rectangular frame with four small dots at the corners.</p>	
8	 <p>A circuit board layout with a complex, dense arrangement of traces and components. The layout is characterized by a large, irregular shape in the center, surrounded by various traces and components. The layout is contained within a rectangular frame with four small dots at the corners.</p>	

9	
10	

#### 4. Содержание отчёта

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Исходная схема (задание)
4. Построенная в sPlan схема
5. Ответы на контрольные вопросы

## **5. Контрольные вопросы**

1. Что такое печатная плата?
2. Из чего состоит печатная плата?
3. Для чего применяется печатная плата?
4. Как настроить ширину линии?
5. Чем отличается печатная плата от электрической схемы?

## Лабораторная работа №11

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ В sPlan

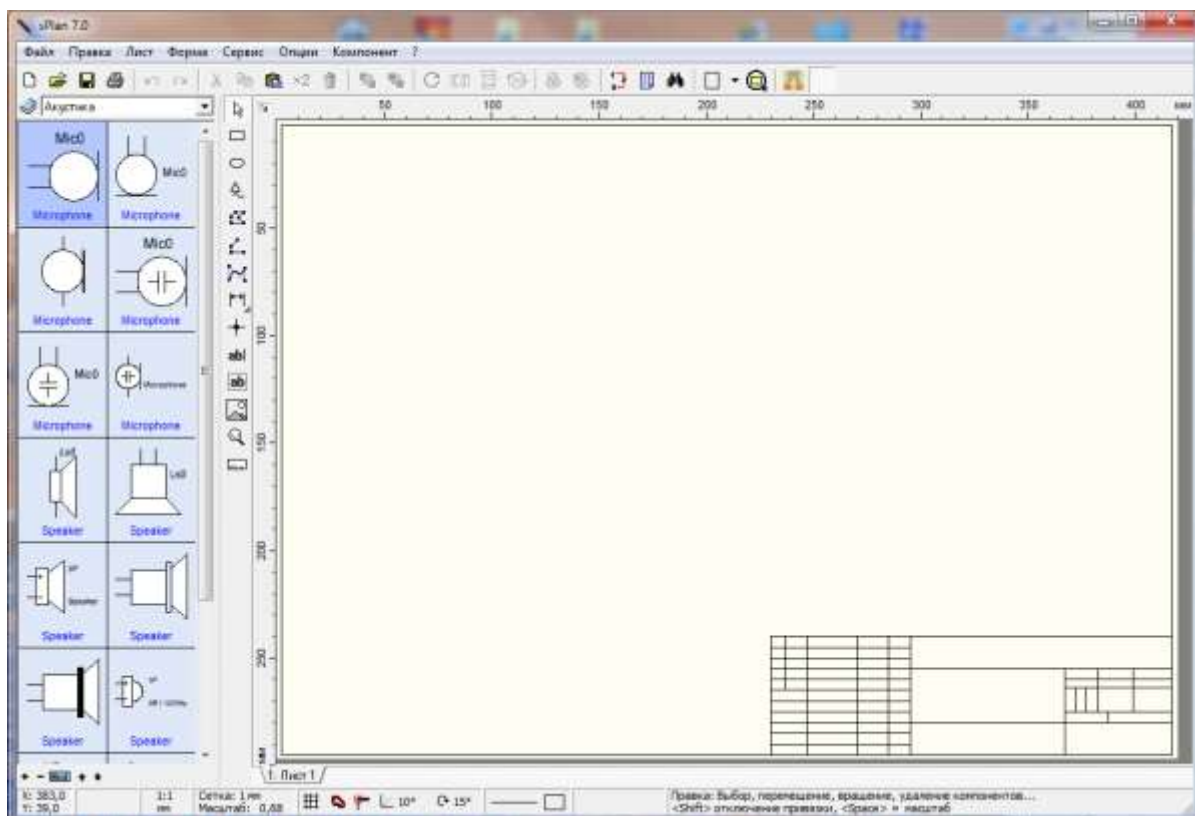
**Цель работы:** Узнать, что такое сборочный чертеж и где они применяются. Научиться проектированию сборочных чертежей печатных плат в программной среде sPlan.

#### 1. Краткие теоретические сведения

**Сборочный чертеж** – это чертеж, на котором показано, как на **печатную плату** должны устанавливаться (монтироваться) все элементы. На сборочном чертеже должен быть показан главный вид платы и, по необходимости, в зависимости от принятого варианта монтажа вид сбоку и вид сзади.

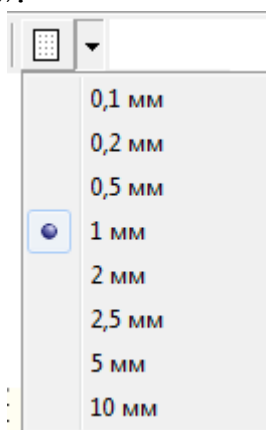
#### 2. Ход работы


На верхней панели выбираем «Файл» - «Шаблон» - «Новый из шаблона» - «Рамка.sp17». Создается новый файл с рамкой и штампом.

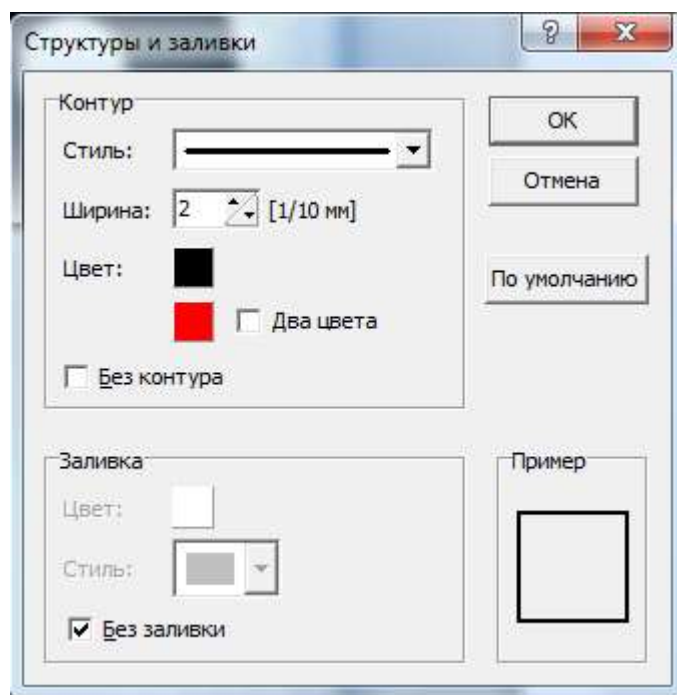


Для создания сборочного чертежа нам необходимо нарисовать печатную плату без контактных дорожек, указав только контактные отверстия, и расположить электронных элементов на ней.

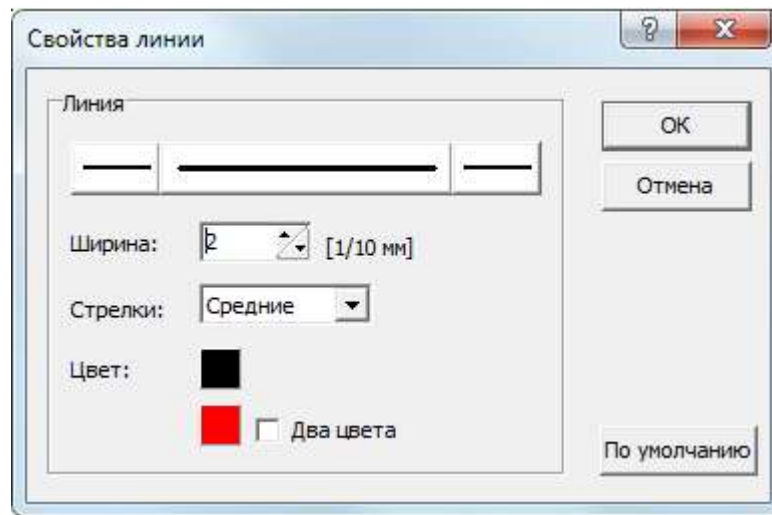
Для более точной прорисовки настраиваем размеры сетки, выбрав на верхней панели инструментов элемент «Сетка».



С помощью параметра «Стиль многоугольника по умолчанию»  «Стиль многоугольника по умолчанию» на нижней инструментальной панели вызываем окно «Структуры и заливки», в котором можем редактировать стиль, ширину и цвет фигуры и линий фигуры.



Так как размеры линий на чертеже могут быть различны, то мы можем настроить ширину линии. С помощью «Свойства линии» на нижней панели инструментов можно указать ширину линии, цвет.

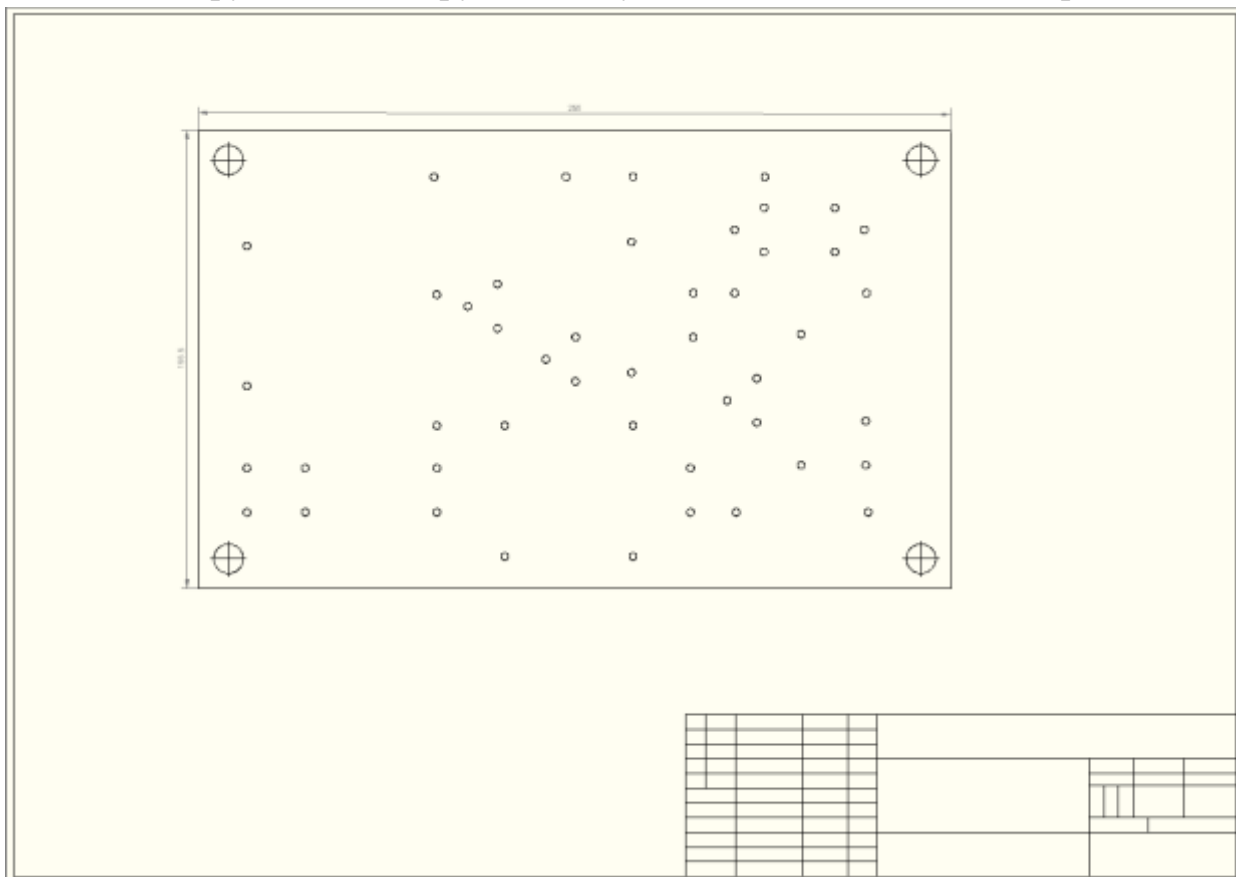


С помощью инструмента «Прямоугольник» рисуем рамки печатной платы.

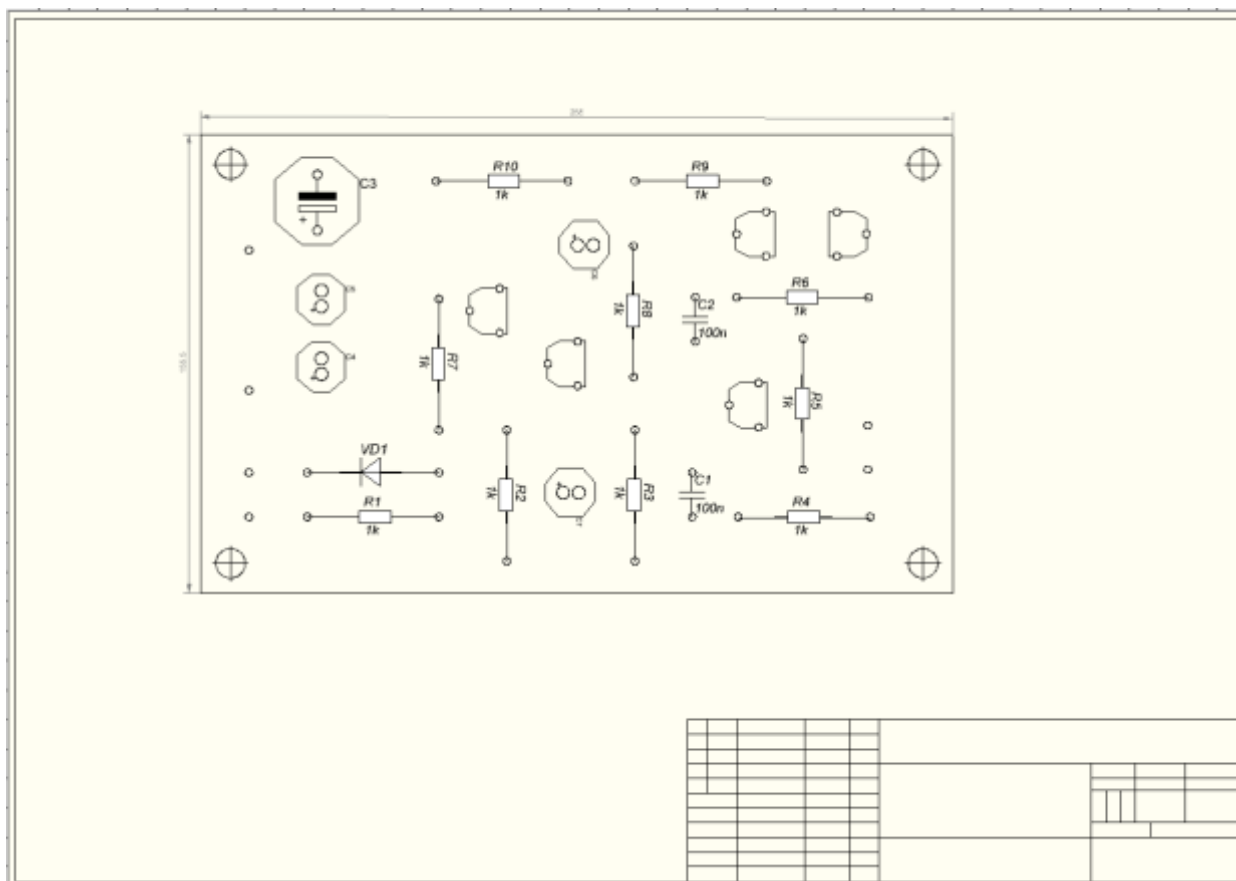
С помощью инструмента «Размеры» указываем длину и ширину (в мм) печатной платы.

С помощью инструментов «Окружность» и «Линия» рисуем места крепления платы.

Инструментом «Окружность» указываем контактные отверстия.



В окне библиотеки элементов выбираем и перетаскиваем на окно рисования схемы нужные нам элементы.

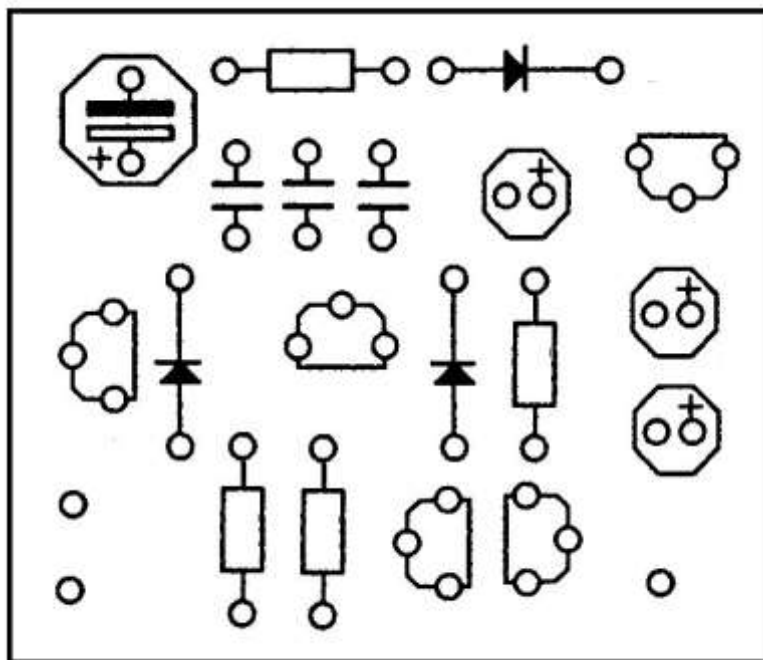


### 3. Задание

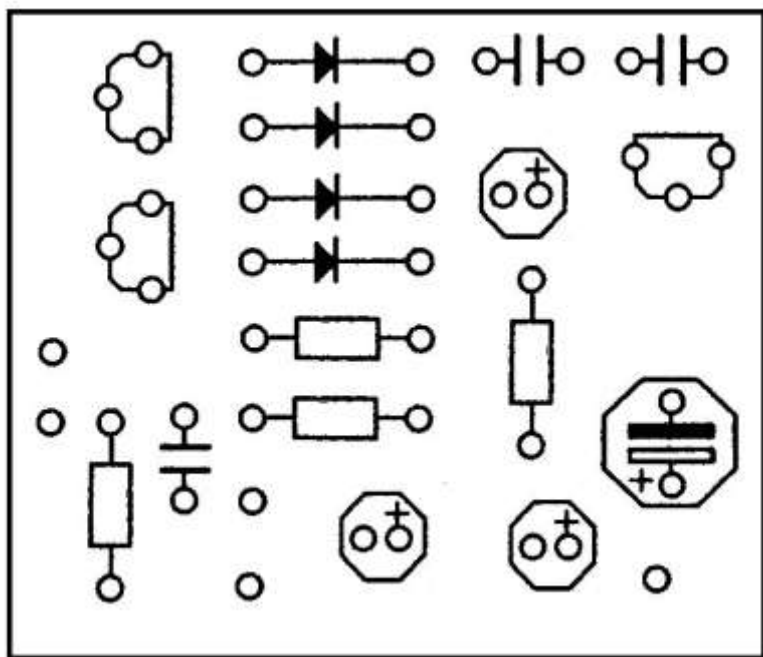
1. В соответствии со своим вариантом нарисовать сборочный чертеж печатной платы

Вариант	Схема
1	

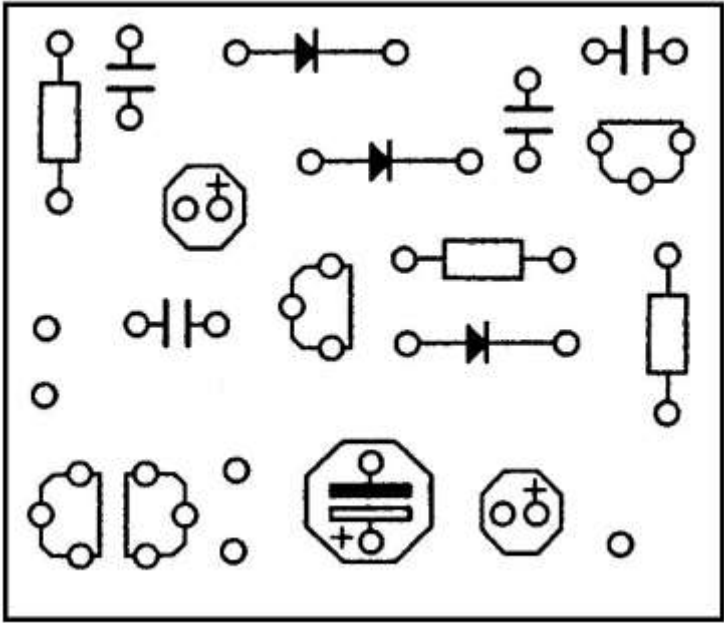
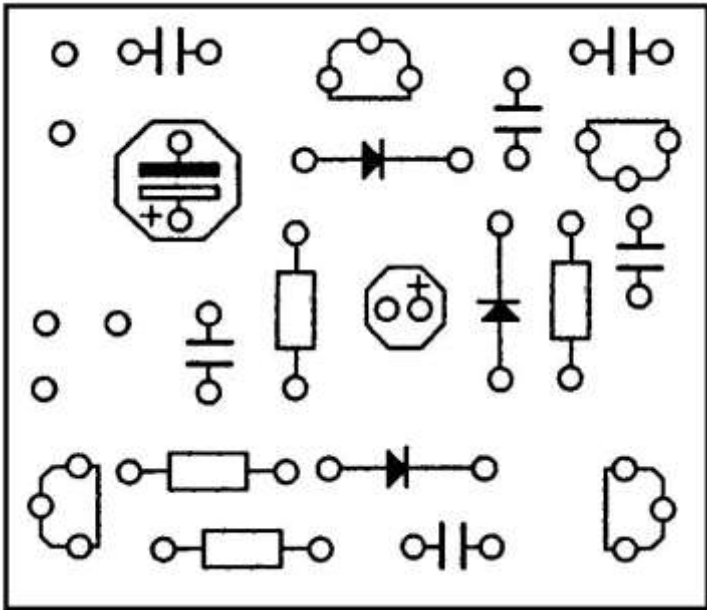
2



3





4	
5	

#### 4. Содержание отчёта

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Исходная схема (задание)
4. Построенная в sPlan схема
3. Ответы на контрольные вопросы

#### 5. Контрольные вопросы

1. Что такое печатная плата?
2. Что такое сборочный чертеж печатной платы?
3. Для чего нужен сборочный чертеж печатной платы?
4. Что должно быть изображено на сборочном чертеже печатной платы?
5. Как сделать штамп и рамки для чертежа?

## Лабораторная работа №12

### ЗНАКОМСТВО С ИНТЕРФЕЙСОМ ПРОГРАММЫ ALTIUM DESIGNER

**Цель работы:** Изучение структуры САПР Altium Designer, ее возможностей, состава и назначения основных программных модулей.

#### 2. Краткие теоретические сведения

Altium Designer предоставляет широкие возможности для разработки электронных устройств, охватывая все этапы программного проектирования. Все эти области различных этапов проектирования присущи разделам одной, объединяющей системе, встроенной в интегральную платформу Design Explorer (DXP) функциональные возможности которой зависят от специфики приобретенных лицензий.

Интегрированная платформа DXP, лежащая в основе Altium Designer, запускается одновременно с любыми из редакторов и программными процедурами Altium Designer. DXP, по сути, представляет интерфейс пользователя со всеми программными инструментами и редакторами.

#### Принятые сокращения

- ЛК – левая клавиша манипулятора мышь
- ПК – правая клавиша манипулятора мышь
- УГО – условное графическое обозначение радиоэлемента
- ПМ – посадочное место радиоэлемента

#### Основные горячие клавиши

- Space (пробел) – поворот (вращение) компонента или угла;  
Шаг поворота задается в настройках **DXP / Preferences/ PCB Editor**, щелкнуть дважды ЛК и выбрать **General / Шаг поворота-45 градусов**
- Shift+Space – смена угла прокладки трассы или цепи;
- X – зеркальное отображение компонента;
- G – переключение шага сетки;
- F11 – вызов инспектора;
- Ctrl+Mouse Wheel – масштабирование изображения;

Нажатая клавиша Shift позволяет выделить несколько компонентов;

Включение – отключение видимой сетки выполняется нажатием клавиш Shift+G.

Нажатая клавиша Ctrl позволяет переместить компонент без отрыва от цепи или трассы;

Клавиша Tab при установке компонента или прокладке проводника вызывает окно свойств.

Отключение автоскроллинга выполняется последовательностью команд:

DXP / Preferences / ЛК/ Schematic Graphical Editing / Auto Pan Off галочка+ ОК.

Включение русскоязычной версии системы: DXF / Preferences / System – General / Localized resources – галочка+ ОК.

### Основные определения

- Designator – номер вывода
- Layer – слой расположения(multilayer для всех слоев)
- Net – цепь
- Plated – наличие металлизации (параметр важный, вAD, начиная с шестого, можно создать два файла сверловки, для отверстий с металлизацией и для крепежных отверстий, без металлизации)
  - Locked – блокировка площадки (перед возможным изменением параметров выдаст запрос на подтверждение действия)

### Назначение слоев

- Top layer – верхний слой фольги
- Bottom layer – нижний слой фольги
- Mechanical1 – габаритное изображение элемента(в этом слое нужно рисовать контур элементов)
  - Top overlay – верхний слой маркировки (шелкографии)
  - Bottom overlay – нижний слой маркировки (шелкографии)
  - Keep-out layer – контур запрещенной для трассировки зоны (в нем рисуется контур платы)

Для закрытия проекта надо свернуть его составляющие – щелкнув ЛК по «-» перед названием, переведя все составляющие в режим«+». После этого нажать ПК по названию проекта и выполнить команду Close Project (закрыть проект).

Изменение масштаба (увеличение или уменьшение) изображения выполняют вращением колесика манипулятора мышь при нажатой клавише Ctrl.

## 2.1. Настройка панелей

Панелей в пакете Altium Designer 6 множество (GU0112 Welcome to the Altium Designer Environment; TR0104 Altium Designer Panels Reference). Все панели динамические и меняют свое наполнение в зависимости от активного документа, освобождая максимум пространства для основного окна (рис. 1). Более того, многие из них доступны только для своего класса активного документа. Настройка панелей легко производится на основе HELP, и более того, будет постоянно меняться в зависимости от вашего желания в процессе изучения и работы. В дальнейшем будут иногда даваться только рекомендации по настройкам панелей.

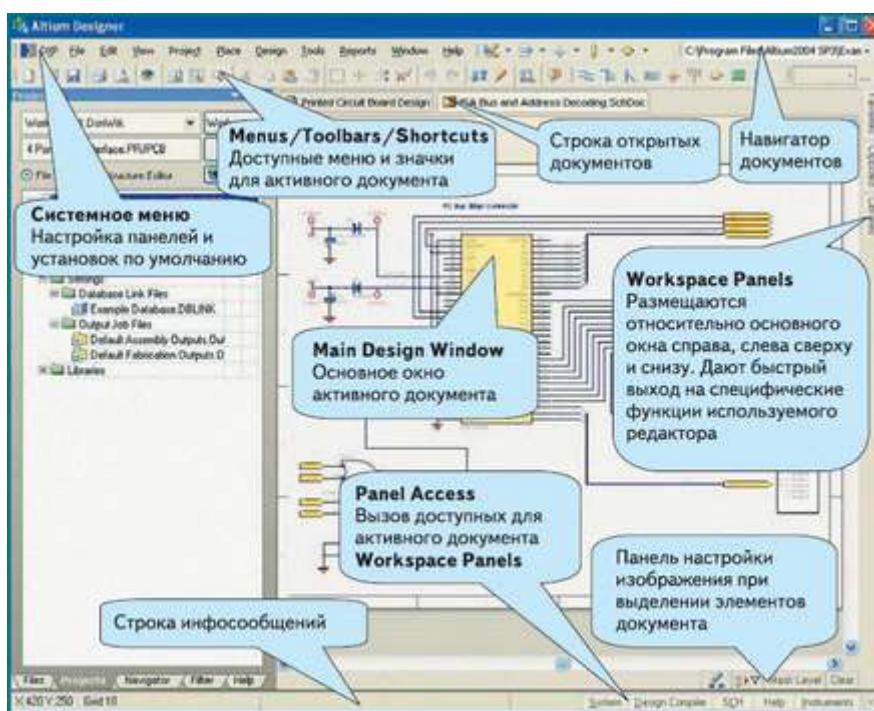


Рис. 5. Расположение панелей

Системное меню и кнопки Shortcuts имеют классическое расположение сверху. Там же находится и окно навигатора документов. Строка сообщений со встроенной панелью вызова вспомогательных панелей для активного документа внизу, а в верхней части основного поля располагается строка с именами открытых документов для быстрого выбора активного документа.

Вспомогательные панели могут быть на всех четырех сторонах основного меню и иметь «выплывающий» характер или становиться прозрачными, не мешая редактировать активный документ. Более подробное описание панелей и функций будет показано в разделах, посвященных конкретным редакторам.

Выполнить какую-либо команду можно через многие меню, в том числе всплывающие, контекстные, и один из путей всегда легко находится через HELP.

## 2.2. Работа с Altium Designer

Запустить Altium Designer. Для этого выполнить команды Файл/ Новый/ Проект/ Проект платы (ПК) рис. 2.

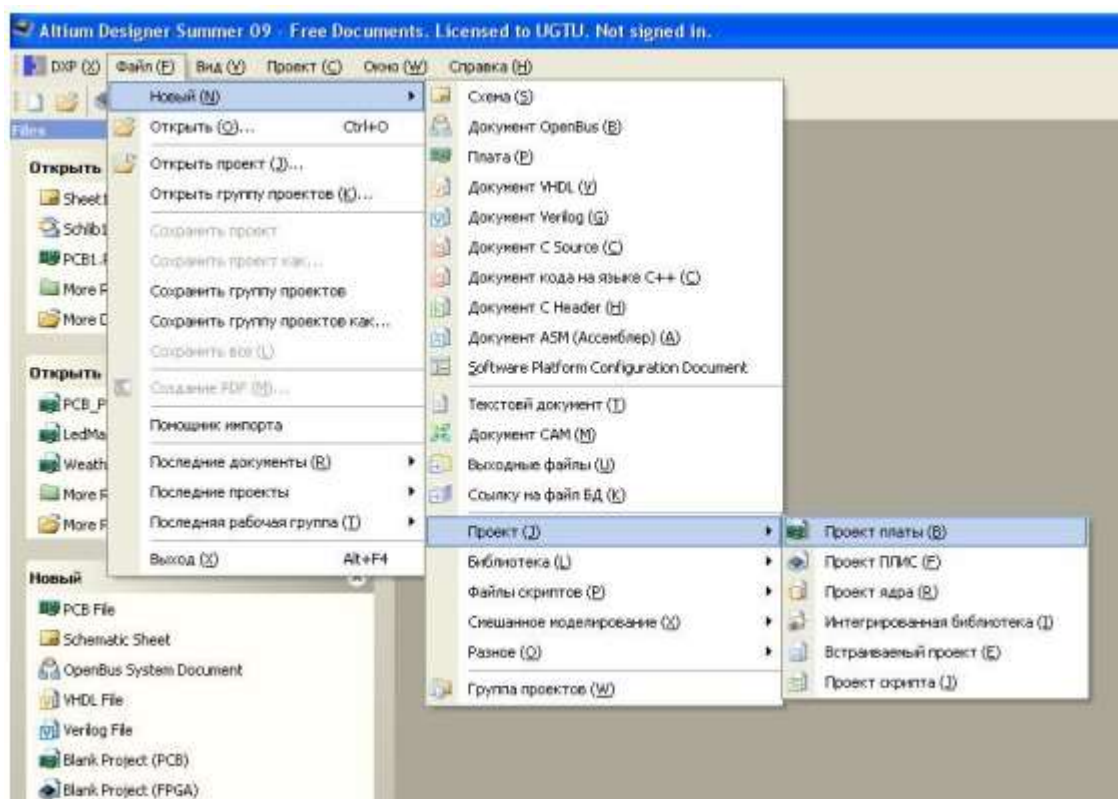


Рис. 2. Запуск Altium Designer

Если в левой части экрана менеджер проекта не открыт, то выполнить команды: на панели инструментов в нижней части экрана System / Projects. Слева на экране должно появиться окно менеджера проектов Projects.

Далее необходимо сохранить новый проект. Для этого щелкнуть ПК по названию создаваемого проекта и, выполнив команду «Сохранить проект как...», сохранить проект с названием «Печатная плата», указав номер группы и фамилию (рис. 2.3).

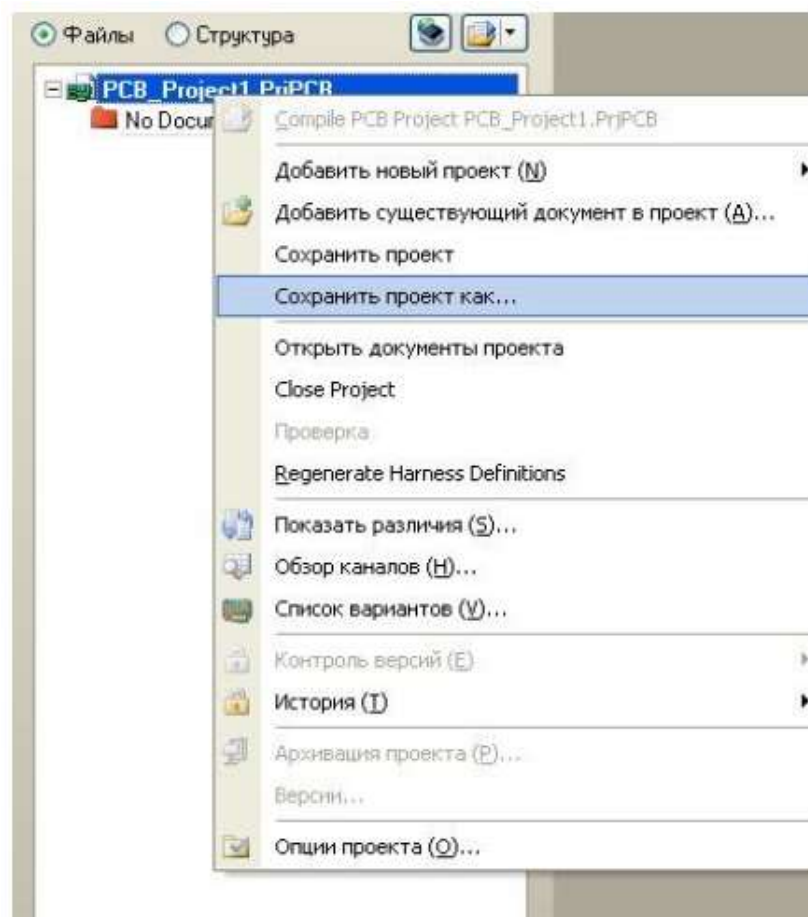


Рис. 6. Сохранение проекта

Затем вновь нажать ПК и выполнить команду «Добавить новый проект». Открывается контекстное меню следующего, нижнего уровня с перечнем возможных типов подключаемого документа:

1. Schematic – схемный документ
2. PCB – файл печатной платы
3. Schematic library – библиотека схемных символов
4. PCB Library – библиотека топологических посадочных мест
5. CAM Document – документ CAM – программы
6. Output Job File – файл выходных данных для обработки
7. Database Link File – файл-указатель связи с базой данных
8. Text Document – текстовый документ
9. Other – прочие документы

Нажимаем на «Schematic». На рабочем поле открывается форматка для выполнения чертежа схемы (рис. 4).

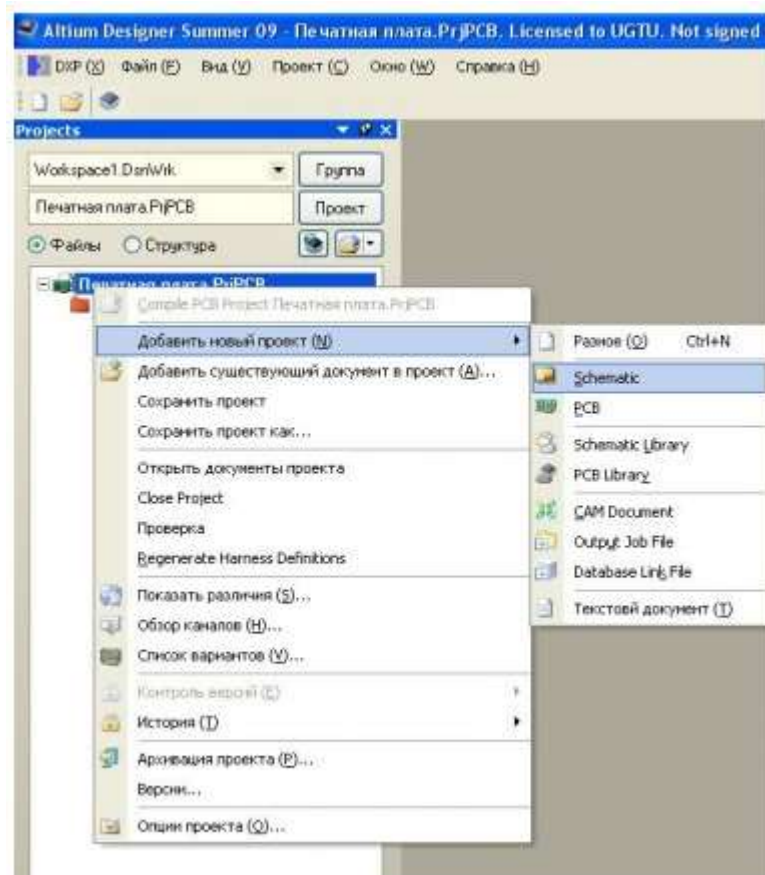


Рис. 7. Открытие нового проекта

Аналогичным образом сохранить схему. Щелкнуть ПК по названию проекта «Sheet1 SchDoc». В выпавшем меню выбрать «Сохранить как...» и в открывшемся окне набрать название «Схема электрическая принципиальная», указав в этом же окне тип файла Advanced Schematic binary, нажав ПК (рис. 5).

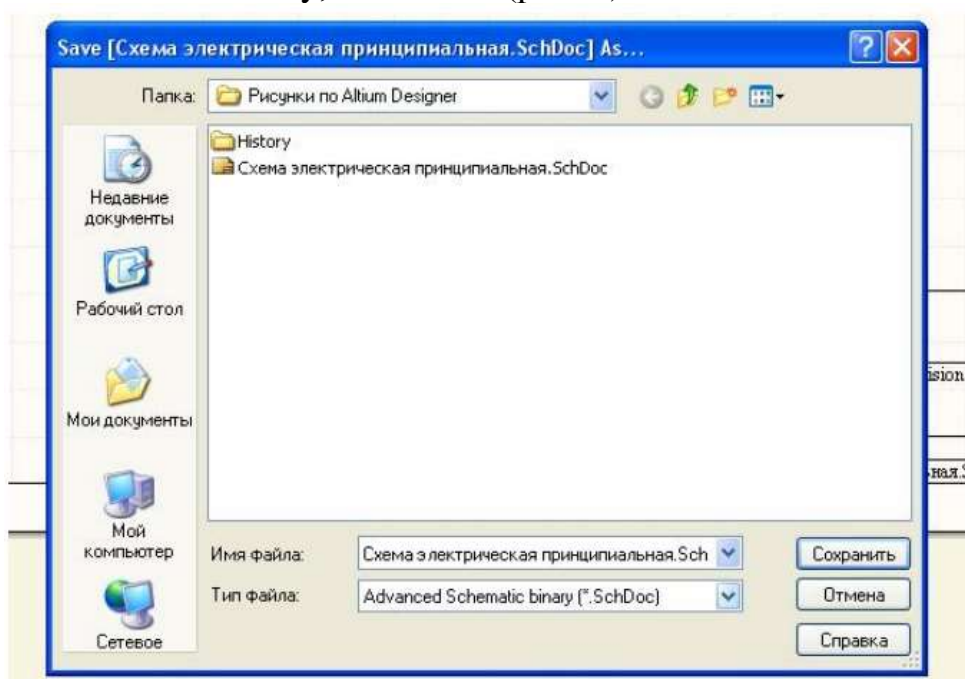


Рис. 8. Сохранение проекта



В верхнем или нижнем поле форматки в поле «Файл» отображается место расположения файла на жестком диске ЭВМ.

После этого необходимо добавить файл конструктивного проекта платы. Для чего также, наведя курсор на название проекта, щелкнуть ПК и в выпадающем меню выбрать «Добавить новый проект/ PCB» (рис. 6).

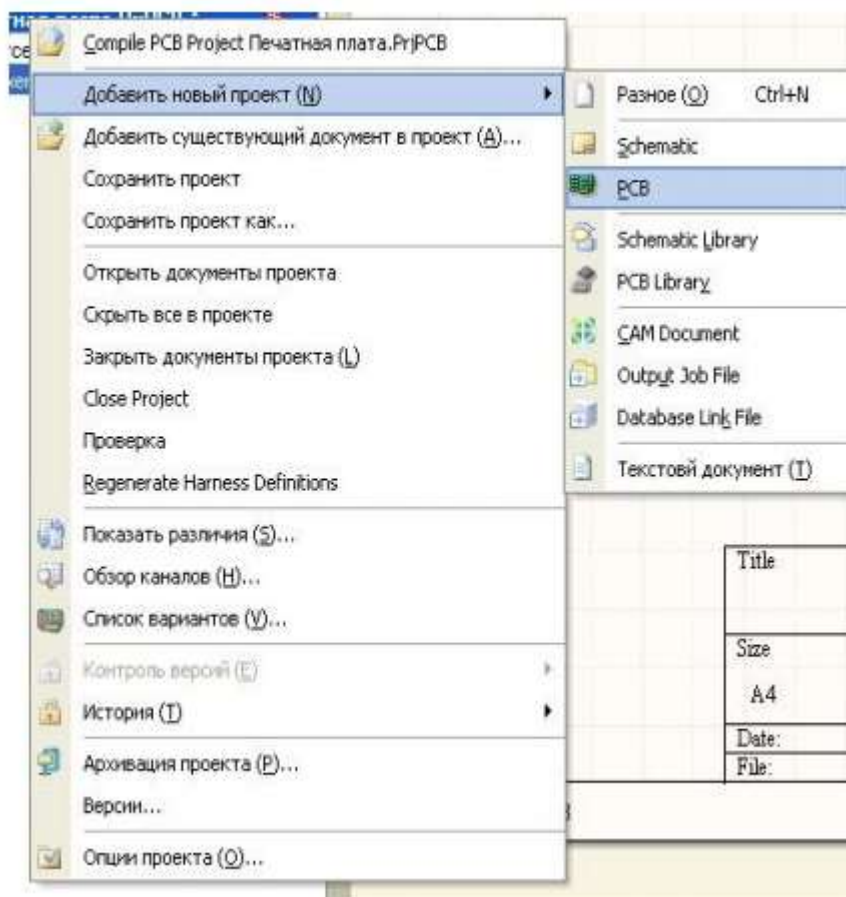


Рис. 9. Открытие файла конструктивного проекта платы

На рабочем поле появится черный прямоугольник, ограничивающий контуры платы (рис. 7). Проект также надо сохранить. Для этого щелкнуть ПК по PCB1.

PcbDcs, в выпавшем меню выбрать «Сохранить как...», назвать его «Плата печатная», задав расширение PCB Binary Files. Справа от названия проекта Печатная плата АД.PrjPcb красный листок. Это означает, что проект надо сохранить.

Поэтому выполнить команды «Файл/ Сохранить все...». В результате этого справа в менеджере проекта правее от названий файлов все листки станут серого цвета (не сохраненные файлы в Altium Design помечены красными листками).

Если в менеджере проектов напротив названия проект имеется «\*», то необходимо выполнить сохранение всего проекта.



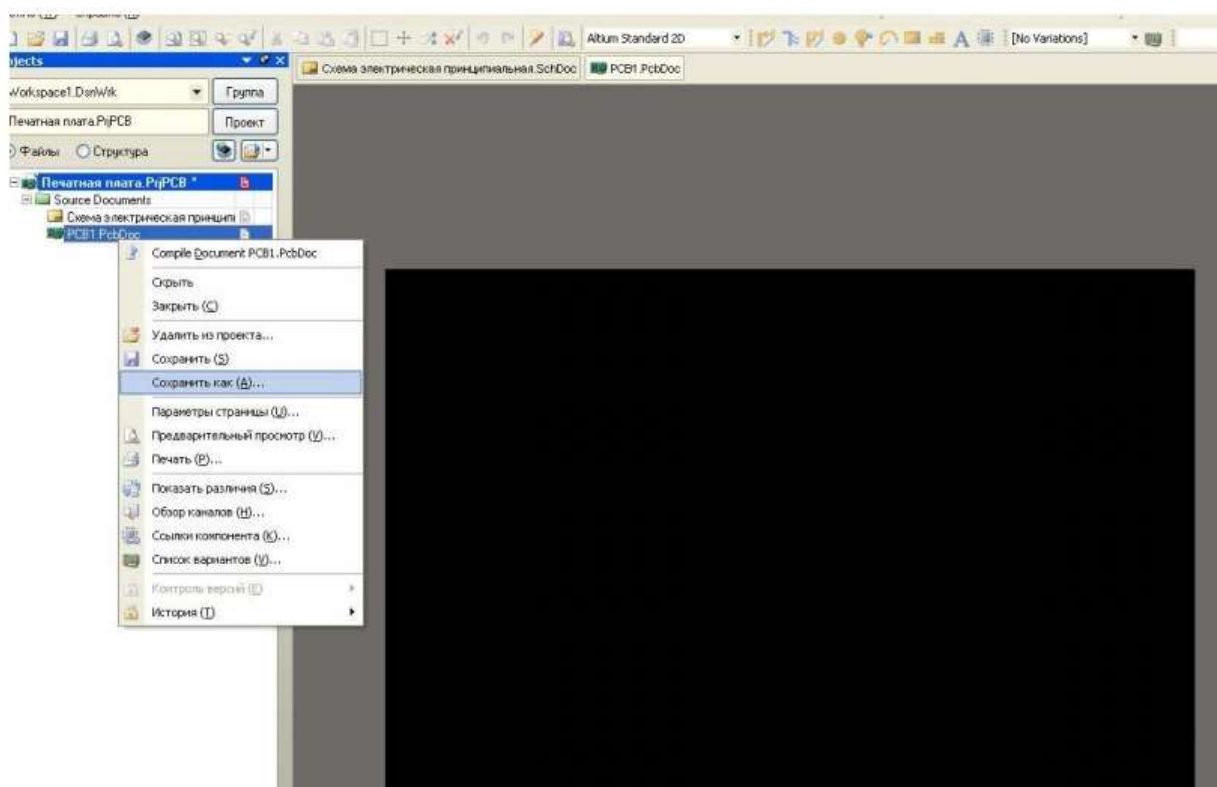


Рис. 10. Сохранение проекта

### 3. Задачи

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить Altium Designer.
2. Создать проект Печатная плата в Altium Designer.
3. Выполнить начальные установки.
4. Сохранить результат.

### 4. Контрольные вопросы

1. Каким образом запускается Altium Designer?
2. Назовите основные горячие клавиши системы.
3. Как включается русскоязычная версия системы?
4. Назовите назначение слоев САПР.
5. Как создается проект в САПР Altium Designer?
6. Из каких файлов состоит проект?
7. Как размещены на экране основные меню и панели системы?
8. Поясните назначение кнопок на панелях инструментов.
9. Поясните, какие слои используются в САПР Altium Designer?
10. Как задается шаг сетки?

# Лабораторная работа №13

## Создание библиотеки элементов

### Цель работы:

1.1. Изучение структуры САПР Altium Designer, ее возможностей, состава и назначения основных программных модулей.

1.2. Создание библиотеки элементов

## 2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Прежде чем приступить к разработке проекта, разработчик должен иметь в своем распоряжении библиотеку компонентов элементной базы, используемой в проекте. Хотя библиотеки, поставляемые с Altium Designer, содержат порядка 87000 компонентов, созданных в соответствии со стандартом ISO 9001, имеется несколько нюансов относительно целесообразности их использования. Во-первых, УГО (условные графические обозначения) всех этих компонентов не соответствуют ГОСТ, во вторых, в этих библиотеках отсутствует российская элементная база, которая применяется на наших предприятиях. Поэтому перед разработкой электрических принципиальных схем и проектированием плат, следует рассмотреть порядок разработки библиотек и моделей компонентов, а также разные подходы к их организации.

### 2.1 Основные термины и определения

Component (Компонент) – общее наименование объекта, который может быть применен в проекте, в среде P-CAD, этот объект объединял символьное и обозначение и посадочное место.

Symbol (Символ) - общее наименование УГО компонента, подготовленного для размещения на схеме. Символ может содержать графические объекты, которые определяют внешний вид и выводы, которые определяют электрические точки подключения. В системе Altium Designer символ, по сути является компонентом, т. к. является полностью завершенным объектом, который может быть использован при создании схем и к нему могут быть подключены модели разного типа.

Footprint (Топологическое посадочное место - ТПМ) – наименование модели, которая представляет компонент на заготовке печатной платы. Посадочное место группирует набор контактных площадок на плате и контур компонента. Данный термин является аналогом термина Pattern, известного пользователям P-CAD.

Pad (Контактная площадка) – изображение вывода элемента на плате.

Pin (Вывод) – изображение вывода элемента на схеме.

Integrated library (Интегрированная библиотека) – файл, содержащий набор схемных компонентов и их ассоциированные модели.

## 2.2. Добавление новых библиотек в созданный проект.

Для этого, щелкнув ПК по названию проекта, в выпадающем меню выполнить команды «Добавить новый проект/ Schematic Library» (рис. 1).

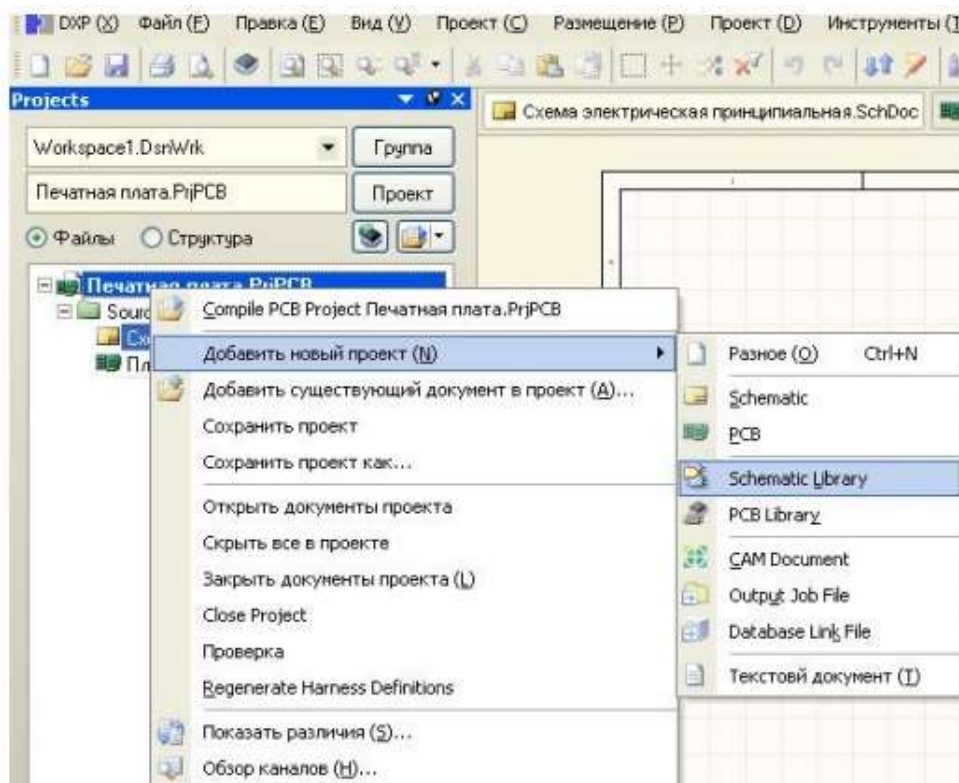


Рис. 1. Добавление новых библиотек в созданный проект

В левой части экрана в менеджере проекте в меню библиотек Libraries появится подпапка с названием Schematic Library Documents, а справа – рабочее поле редактора условных графических изображений (УГО) электро-радиоэлементов (ЭРЭ) (рис. 2).

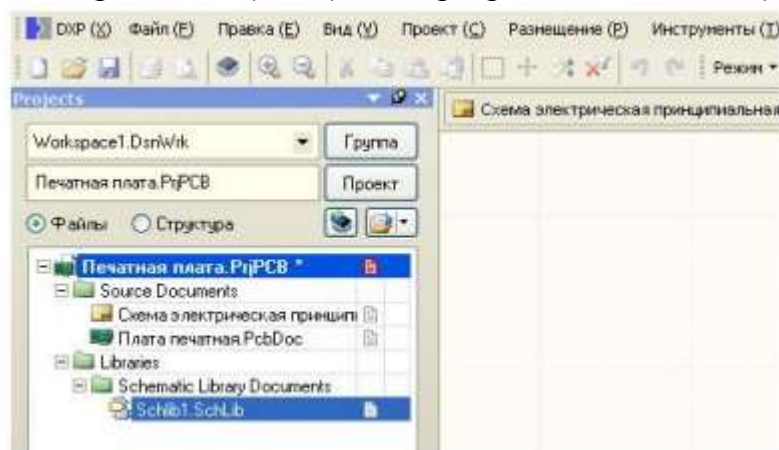


Рис. 2. Добавление новых библиотек в созданный проект

После этого сохранить создаваемую библиотеку. Для чего щелкнуть ПК по названию последней библиотеки Schlib1. Schlib и в выпавшем меню выбрать «Сохранить как...» с названием «Библиотека УГО». Тип файлов оставить по умолчанию.

Затем надо добавить в проект библиотеку посадочных мест ЭРЭ. Для этого в

менеджере проекта щелкнуть ПК по названию Печатная плата АД.PrjPCB. В выпавшем меню выполнить команды Добавить новый проект/ PCB Library(рис. 3).

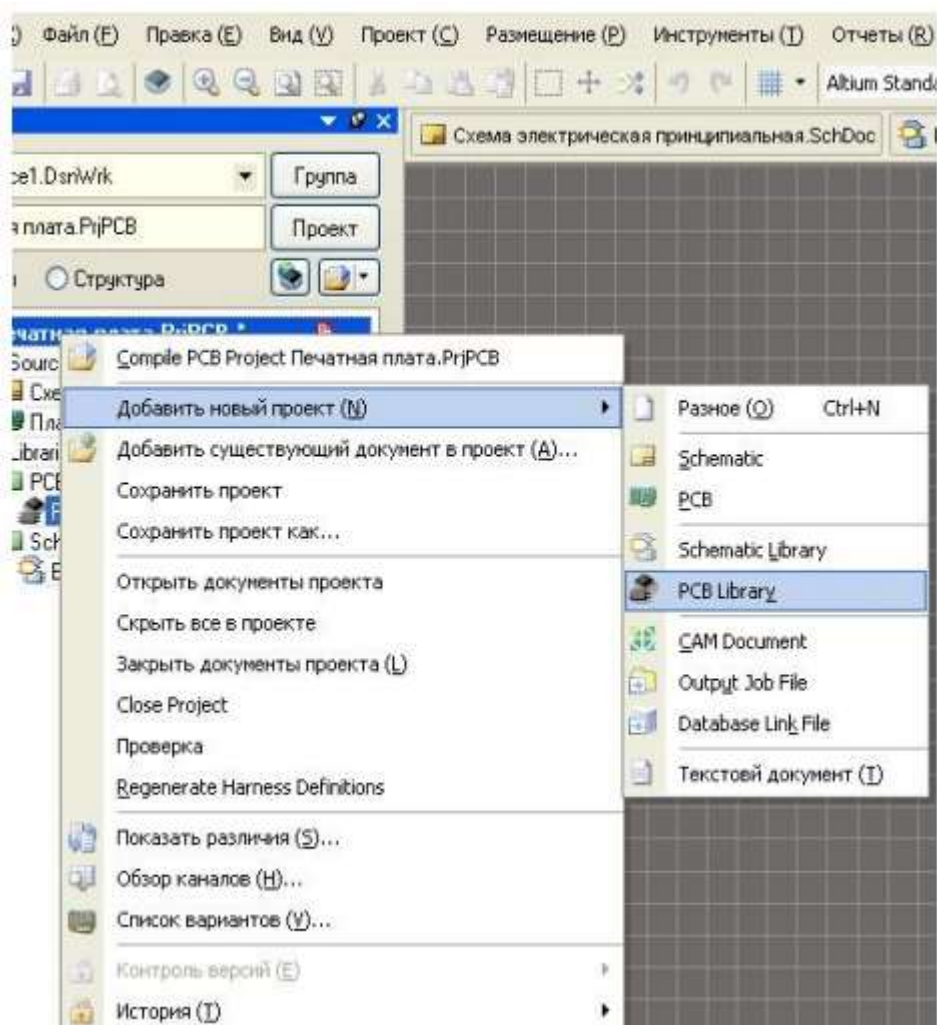


Рис. 3. Добавление в проект библиотеку посадочных мест ЭРЭ

В результате появилась новая папка PCB Library Documents, в которой есть подпапка PcbLib1.PcbLib1. Именно ее необходимо сохранить. Для чего, щелкнув ПК по названию и выбрав в выпадающем меню «Сохранить как...», задать ей название «Библиотека посадочных мест» с типом файла по умолчанию.

В результате появилась новая папка PCB Library Documents, в которой есть подпапкаPcbLib1. PcbLib1. Именно ее необходимо сохранить. Для чего, щелкнув ПК по названию и выбрав в выпадающем меню «Сохранить как...», задать ей название «Библиотека посадочных мест» с типом файла по умолчанию.

### 2.3.Создание библиотек PCB Library

Аналогично, как мы делали ранее, создадим новый PCB Project по команде File\New\Project\Integrated Library и сохраним его, например, в папку «\Altium\Lib» с именем Lib\_GOST. В данном проекте из контекстного меню по команде Lib\_GOST:\Add New to Project\PCB Library создадим новую библиотеку, которая будет

содержать все посадочные места (Footprint) для наших первых проектов, и сохраним ее (File\Save) под именем Example. После чего данная библиотека появится в соответствующем проекте. Откроем ее и приступим к созданию Footprint нужных нам компонентов.

Для копирования элементов из другой библиотеки ее следует открыть как документ, выделить (через панель PCB LIB) нужные Footprint, скопировать в буфер (через контекстное меню), перейти в библиотеку, куда необходимо их скопировать и через контекстное меню панели PCB LIB вставить. Как правило, большинство Footprint не требует никакой корректировки, так как посадочное место физически отражает типоразмер. Процесс создания новых Footprint и редактирования старых понятен и не требует дополнительных комментариев.


Для изучения нам вполне достаточно стандартных Footprint, поставляемых с приложением. Остановимся на нем ниже, после завершения создания первых проектов PCB только при создании нестандартных посадочных мест.

## **2.4. Создание библиотек Schematic Library**

Для создания схемы нам нужны компоненты схемных элементов, резисторы, конденсаторы и т. п. Как правило, основные элементы есть в библиотеках, поставляемых с приложением. Но, во-первых, они не всегда удовлетворяют требованиям ГОСТ, а во-вторых, всегда найдется такой компонент, которого нет в библиотеках, и его придется создавать. Рассмотрим процесс создания и редактирования новых компонентов.

Будем считать, что созданные нами компоненты пригодятся не только для схем, которые будут рассмотрены ниже, но и для других проектов. Более того, со временем объем этих библиотек может стать достаточно большим, и их можно разделить, скажем, по функциональному назначению. Для простоты поиска компонентов эти библиотеки лучше сразу оформлять отдельным проектом.

Находясь в проекте Lib\_GOST, из контекстного меню по команде Lib\_GOST:\Add New to Project\Schematic Library создадим новую библиотеку, которая, например, будет содержать все изображения резисторов, конденсаторов и индуктивностей, и сохраним ее (File\Save) под именем RCL\_GOST.

При работе с библиотекой при редактировании ее компонентов активно используется панель SCH Library, и желательно, чтобы эта панель была всегда под рукой. Для этого лучше поместить панель SCH Library на выплывающую Workspace Panels. Открываем ее через Access Panels\SCH\SCH Library, перемещаем, к примеру, на левую сторону и делаем ее выплывающей (значок ). После этого панель SCH Library легко вызвать нажатием соответствующей надписи на Workspace Panels.

### **2.4.1. Настройка параметров по умолчанию**

Лучше сразу настроить эти установки, иначе затем вы создадите компоненты, цветовая гамма, линии и шрифты которых будут не единообразны. Затем придется тратить много времени на приведение и к идентичным формам. Сразу отметим, что все настройки вы не сможете установить, так как ваши вкусы могут меняться со временем. Это тоже не страшно. Так как, владея уже более полно комплексом инстру-



ментов редактирования, вы позже сможете все исправить. Поэтому здесь мы укажем только тот минимум установок, которые нам надо изменить по требованиям ГОСТ.

Откроем окно DXP\Preference:Schematic\Default Primitives. Для Primitives, содержащих описание Font, а именно Comment, Designator, Net Label, Note, Parameter, Sheet Symbol Designator, Sheet Symbol Filename, Text Frame, Text String, установим Font= «Gost Type A, размер 12», что соответствует размеру шрифта 2.5 мм, разрешенному ГОСТ. Рекомендуем для Primitives=Part ввести дополнительные параметры, а именно ValueBOM – значение, которое автоматически будет вписываться в графу «Наименование» при создании перечня элементов, ValueSCH – значение, которое будет отображаться на схеме, и MarkPCB – значение, соответствующее маркировке на корпусе компонента (для удобства формирования документов для проверки монтажа плат). Учтите, что все наименования параметров и их значения вы можете вводить и на русском языке.

#### 2.4.2. Создание нового (удаление) компонента (TU0103 Creating Library Components)

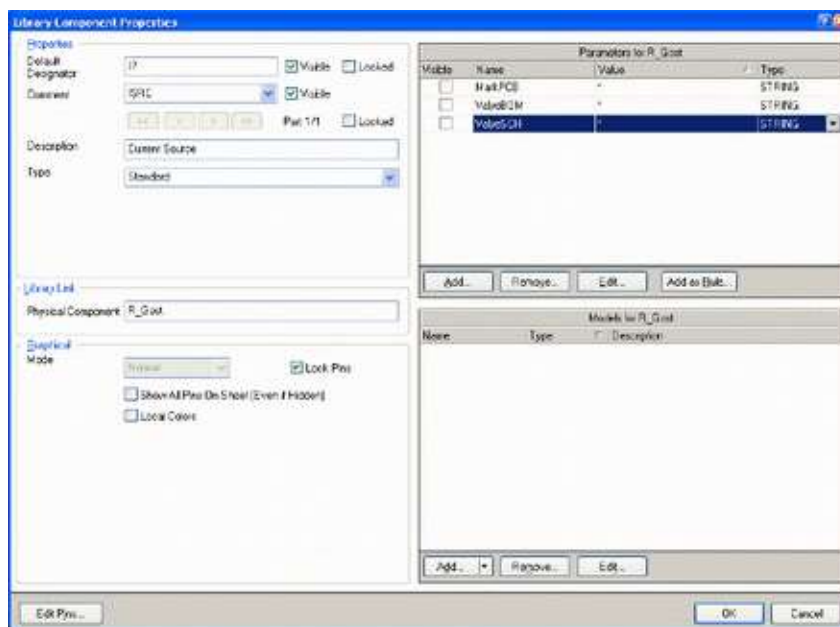


Рисунок 5. Вид окна Library Component Property

Откроем панель SCH Library. В списке компонентов находится один элемент—Component\_1, создаваемый по умолчанию для новой библиотеки. Можно начать редактировать и его, но мы создадим новый (кнопка ADD в соответствующем окне). В появившемся окне New Component Name вместо Component\_2 вводим имя создаваемого нами компонента R\_Gost, и приступим к созданию изображения резистора, в соответствии с требованиями ГОСТ. Но перед этим удалим не нужный нам в библиотеке Component\_1 (кнопка Delete в соответствующем окне).

### 2.4.3. Окно свойств компонента

Откроем компонент R\_Gost (двойной щелчок мыши по его названию на панели SCH Library) и произведем следующие действия:

1. В поле Default Designator вводим значок Visible и надпись «R?», означающую, что в схеме данным компонентам будут присваиваться обозначения, начинающиеся с буквы R, а сами они будут отображаться на схеме. Знак «?» при операции Annotate уже в схемном редакторе будет автоматически заменяться индивидуальным позиционным номером в соответствии с заданными параметрами. Галочку около Locked следует снять, так как по умолчанию она означает запрет изменения обозначения и, как правило, если это требуется, устанавливается непосредственно в схеме. Это же касается и значка поля Part 1/1 Locked. Само поле нам недоступно и относится к компонентам, имеющим в отображении несколько частей. На нем мы остановимся при создании более сложных компонентов.

2. В поле Comment выбираем из выпадающего списка надпись «=ValyeSCH», которая означает, что на схеме будет отображаться значение приведенного параметра, и устанавливаем значок Visible. В данном поле можно оставить любой поясняющий текст. Но рекомендуем пользоваться специальными параметрами.

3. Параметр Description используется только при поиске компонентов по библиотеке, он отображается в отдельном столбце (что позволяет облегчить поиск), а также при формировании Report. Так как одному компоненту, имеющему одно изображение, может принадлежать несколько физических Part, в данном поле введем просто «Resistor,2 Pin».

4. В поле Type выбираем значение Standard, означающее, что данный компонент имеет соответствующий ему физический Part и будет внесен в перечень элементов.

5. В поле Physical Component находится название компонента, под которым он хранится в библиотеке. Его изменять следует только в том случае, если вы хотите изменить название этого компонента в библиотеке.

6. В поле Graphical устанавливаем значок Lock Pins и снимаем значки Show All Pins On Sheet и Local Color: их можно будет изменить, если понадобится, уже в схемном редакторе.

7. В поле Parameters for ... мы видим три параметра, установленные по умолчанию. Все они нам не нужны для отображения на схеме, и галочку около Visible следует снять. Так как мы не знаем еще ни номинала компонента, ни его маркировки, значения всех параметров следует указать, например «\*». Дополнительно можете добавить параметры, описывающие, например, предельное напряжение, точность, температурный коэффициент, ссылку на описание, характерные для создаваемого компонента. Можно сделать их видимыми на схеме или скрытыми.

8. В поле Models for ... можно подключить или удалить модели. Нас в данный момент интересует только Footprint. Одному компоненту можно назначить несколько Footprint. При этом в схемном редакторе появится возможность их выбора.

9. Нажав кнопку Edit Pins можно перейти в окно редактирования Pins компонента. Однако этим лучше пользоваться уже при сформированном изображении компонента. Рассмотрение этого окна будет приведено ниже.

#### 2.4.4. Редактор компонента

Перейдем на поле открытого компонента. Оно пока пустое.

С помощью команд Place Pin, Place Line и т. п. панели Utilities создадим изображение резистора в соответствии с требованиями ГОСТ. Единственная рекомендация – сделать привязку Pin в сетке 100 mil, что не противоречит требованиям ГОСТ, но облегчит применение других элементов из стандартных библиотек, а также передачу данных в другие приложения, которые поддерживают только дюймовую метрику. Выделив Pin и нажав клавишу Tab на клавиатуре, открываем окно Pin Property. Заполнение свойств Pin обычно не вызывает затруднений (рис. 6).



Рис. 6. Вид окна Pin Property

Для ввода компонентов, содержащих два и более независимых частей (это, как правило, логические элементы или компоненты с большим числом пинов, разделенные на функциональные модули), используется команда Add component part на панели Utilities.

Для одного компонента можно сделать несколько альтернативных изображений. Сделаем для нашего компонента второе изображение, с обозначением, например, мощности. Выделим изображение нашего компонента и скопируем его в буфер, при помощи команды Add a display на панели Utilities откроем окно редактирования альтернативного изображения, вставим изображение из буфера и отредактируем его, внеся графическое обозначение мощности.

С одним компонентом может быть соотнесено несколько наименований изделий, например, для нашего резистора R\_Gost сопоставим ряд резисторов как R1206, R0805 и т. п. Для этого используется команда Add окна Aliases на панели SCH Library.

Аналогичным образом создадим и остальные компоненты, которые понадобятся для схемы. Отредактировав элемент в библиотеке, вам не нужно будет делать это для



следующего проекта.

При создании изображений компонентов следует соблюдать ряд полезных советов, чтобы избежать некоторых недоразумений, которые могут возникнуть впоследствии.

1. При вводе новых параметров лучше копировать их из уже существующих компонентов, это снижает ввод различных по написанию параметров, несущих одну функциональную направленность.

2. Любая надпись (например, функциональное назначение микросхемы), предназначенная для редактирования в схеме, должна быть введена как параметр.

3. При применении закрашенных фигур (прямоугольников, овалов и т. п.) последним действием должен быть их перевод на нижний слой командой Edit\Move\Send to Back. Это позволит тождественно передать изображение схемы в PDF-формат.

5. Изменение параметров, не отображаемых в редакторе

Если вы редактировали компонент, взятый из другой библиотеки, возникает необходимость изменения таких его параметров, как Designator и Comment, для того чтобы не править их потом в схеме. В редакторе компонентов эти два параметра не отображаются, поэтому их редактирование иногда вызывает сложность. Решить эту проблему можно следующим образом.

1. Вызываем панель SCHLib List.

2. Устанавливаем режимы: редактирования Edit; выделения всех элементов all object для текущего компонента или всех компонентов открытых библиотек; включаем all types of object.

3. Выбираем в столбце нужные нам параметры, например Designator, после чего в соответствии с предыдущим пунктом выбираем режим выделения selected object.

4. После этого в соответствующих столбцах изменяем параметры Designator. Аналогично можно править не только эти, но и другие параметры любых объектов компонента, всех компонентов проекта или открытых документов.

### **3. Задачи**

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить Altium Designer.

2. Создать проект Печатная плата в Altium Designer.

3. Выполнить начальные установки.

4. Добавить новые библиотеки в созданный проект.

5. Создать библиотеки PCB Library.

6. Создать библиотеки Schematic Library.

7. Сохранить результат.

### **4. Контрольные вопросы**

1. Каким образом запускается Altium Designer?

2. Как создается проект в САПР Altium Designer?

3. Из каких файлов состоит проект?

4. Как размещены на экране основные меню и панели системы?

5. Как добавить новые библиотеки в созданный проект?
6. Как создать библиотеки PCB Library?.
7. Как создать библиотеки Schematic Library?
8. Поясните назначение кнопок на панелях инструментов.
9. Поясните, какие слои используются в САПР Altium Designer?
10. Как задается шаг сетки?

## Лабораторная работа №14

### Создание условных графических обозначений ЭРЭ

#### Цель работы:

- 1.1. Изучить порядок работы с редактором условных графических обозначений (УГО) элементов схем средствами САПР Altium Designer;
- 1.2. Приобретение навыков создания УГО элементов на примере микросхем.

#### 2.Краткие теоретические сведения

##### 2.1. Основные настройки редактора

Выполним основные настройки редактора УГО. Для этого необходимо в менеджере проекта открыть двойным щелчком ЛК библиотеку Libraries, затем PCB Library Documents, далее Schematic Library Documents, чтобы открыть Библиотеку УГО. SchLib. После этого в главном меню щелчком ЛК выполнить команды «Инструменты/Опции документа». Откроется окно «Рабочая область редактора библиотек» (рис. 1).



Рис. 1. Основные настройки редактора

На закладке «Настройки редактора» выбрать: в окне Стилль - Standard, Размер - A4, в окне ориентация- Landscape. Установить галочки в окошках Границы, Скрытые выводы, Показывать обозначения и комментарии, в поле Размер листа поставить галочку и задать размеры 1500/1500. В поле «Цвет» выбрать Граница чёрным, а Фон белым. В поле «Сетки» установить галочки в окнах Шаг и Показывать, затем установить значение шага равным 1 мм. В этом же окне на Закладке «Ед. изм.» в поле Метриче-

ская система единиц поставить галочку в окошке Использовать метрическую систему, а в окне «Единицы» выбрать Миллиметры, нажать Ок.

Далее настроить шаг сетки: для этого выполнить команды «Инструменты/Настройка редактора схем». В окне Настройки щелчком ЛК выбрать последовательно Schematic / Grids. Откроется одноименное окно, в котором в поле «Опции сетки» в окне Видимая сетка установить Dot Grid или Line Grid, цвет сетки задать черным (цвет №3). Для этого щелкнуть ЛК в поле «Сетка» и в выпавшей палитре цветов выбрать черный, в поле «Предварительная установка метрической сетки» в колонке Шаг сетки задать дополнительную сетку. Щелкнуть ПК в поле сеток. В выпавшем меню выполнить команду Добавить сетку и в поле «Предварительная установка метрической сетки» выбрать все шаги, представленные на рис. 2. Нажать кнопки Применить и ОК.

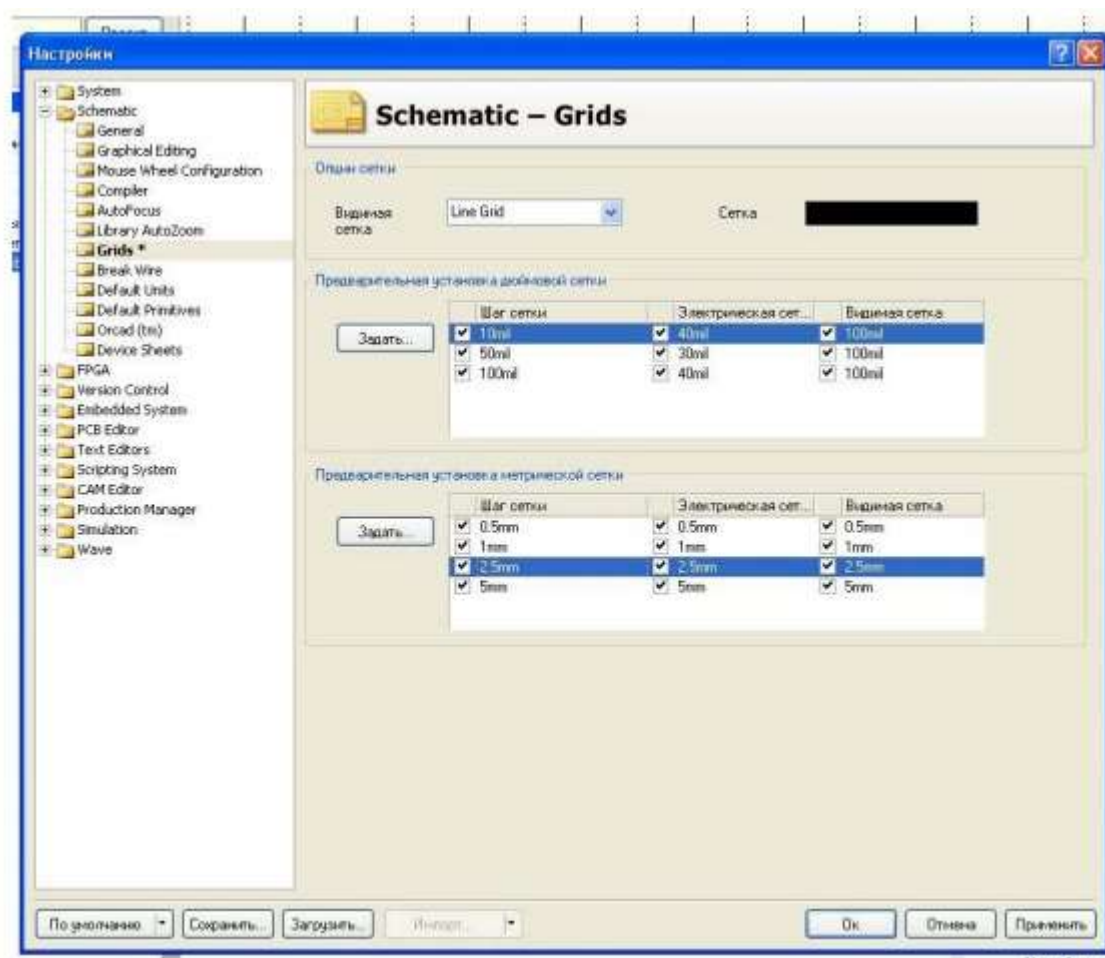


Рис. 2.Настройка шага сетки

Следующим шагом подготовки надо настроить требуемые шрифты. Для этого щелкнуть ПК в рабочем поле редактора УГО, и в выпадающем меню выполнить команды Опции/ Примитивы по умолчанию.

Откроется окно «Schematic-Default primitives». В окнах «Список примитивов» выбрать «Library objects», а в «Примитивы» выбрать «Comment». Под этим окном установить галочку в окошке «Overwrite library primitive», и в нижней части экрана выбрать Миллиметры и нажать кнопку Правка (рис. 3). Откроется окно Свойства параметра.

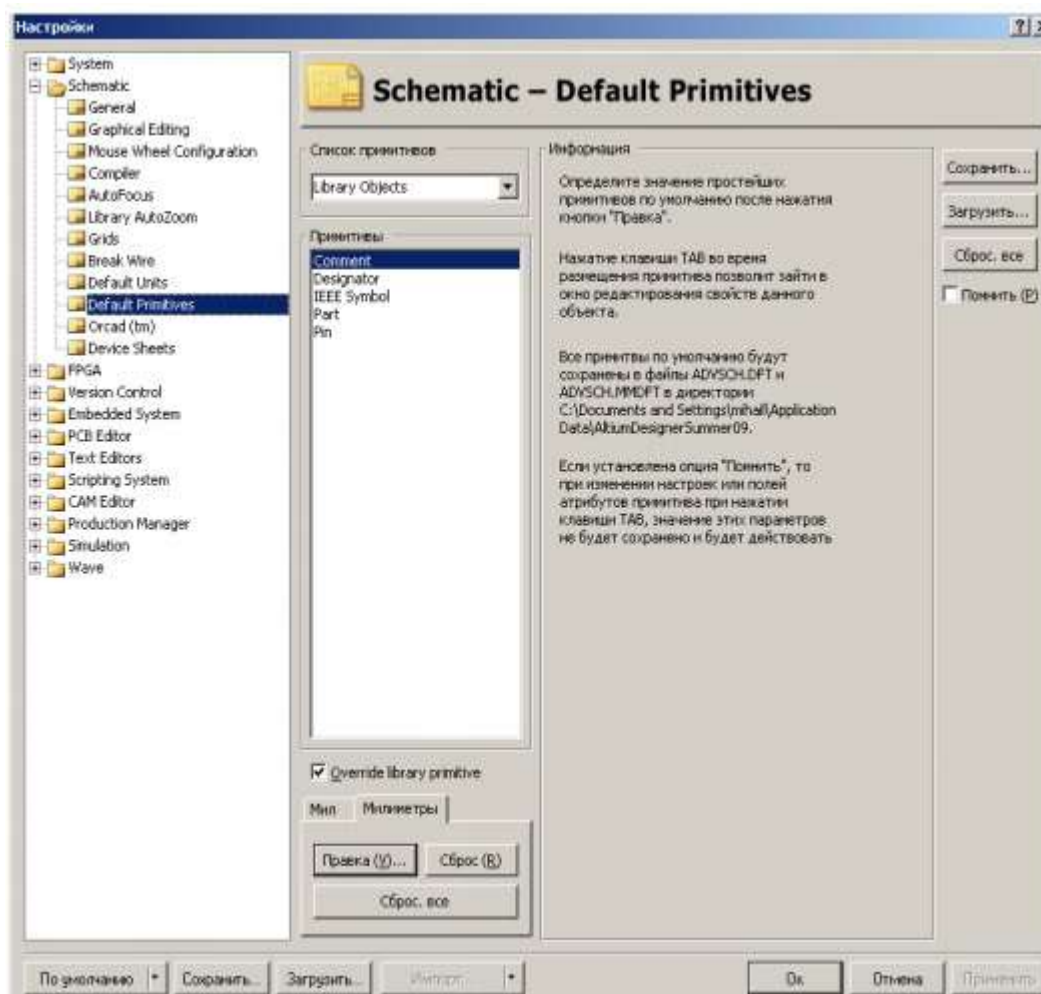


Рис. 3. Настройка требуемых шрифтов

В открывшемся окне «Свойства параметра» возле названия Шрифт щелкнуть по кнопке Правка. Откроется окно Шрифт. В нем выбрать необходимый тип шрифта, например, Gost Type A, курсив, 16, западный, цвет чёрный. (16 соответствует примерно размеру 3,5 мм). Нажать ОК.

В окне «Свойства параметра» поставить галочку в окне Привязка, а в окнах равенение выбрать Center и поставить галочки в окнах Синхронизировать с базой данных и с библиотекой, нажать ОК.

Вновь в окне Schematic - Default Primitives в окне Примитивы выбрать теперь Designator. При необходимости повторить процедуру выбора другого размера шрифта аналогичным образом.

Затем в окне Schematic - Default Primitives в окне Примитивы выбрать Part и щелкнуть кнопку Правка. Откроется окно Library component properties. Выполнить все настройки согласно рисунку 4. Нажать ОК.

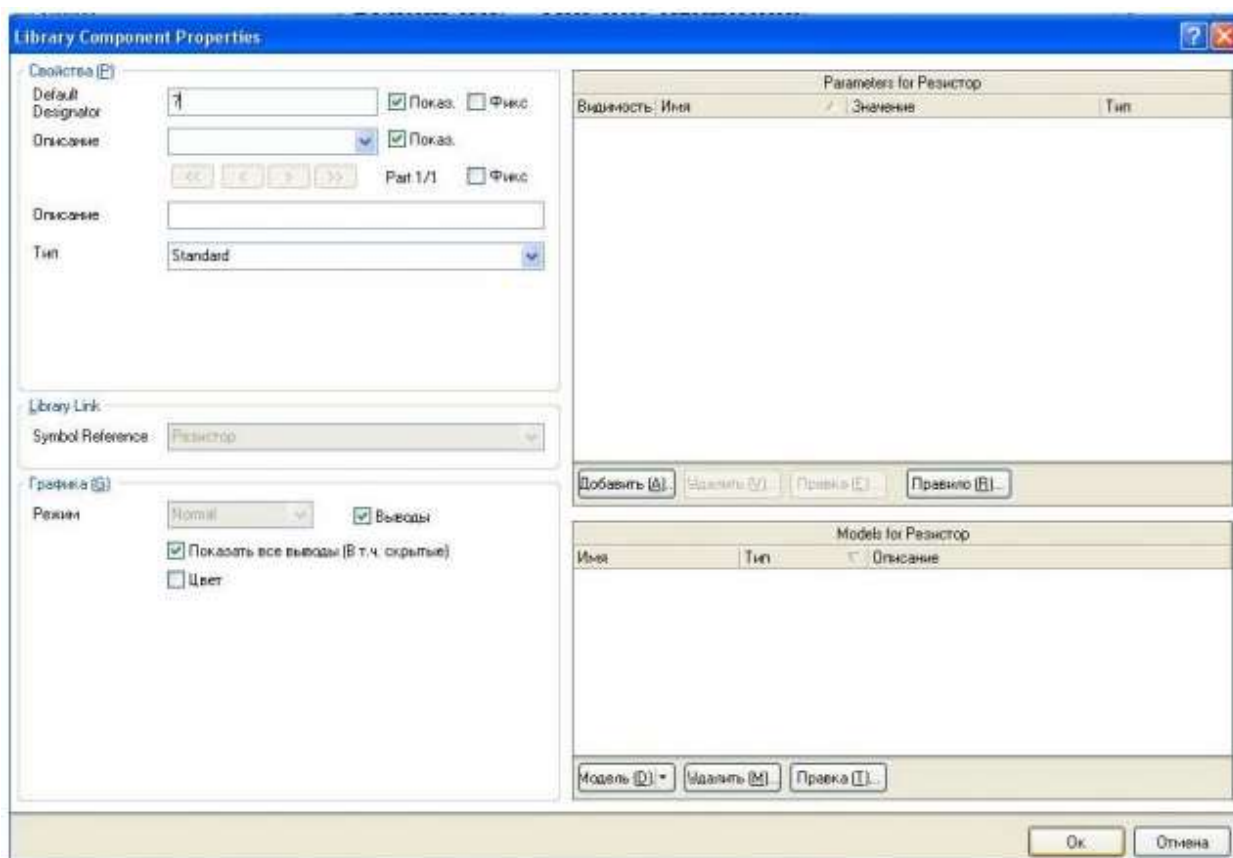


Рис. 4. Окно Library component properties

После этого в окне Schematic - Default primitives в окне Прimitives выбрать Pin и нажать кнопку Правка. Откроется окно Свойства вывода. Справа внизу в окошке Длина указать 5 мм (рис. 5). Нажать ОК. Все остальные настройки оставить без изменения. Нажать последовательно ОК в окнах Свойства вывода и Schematic - Default primitives.

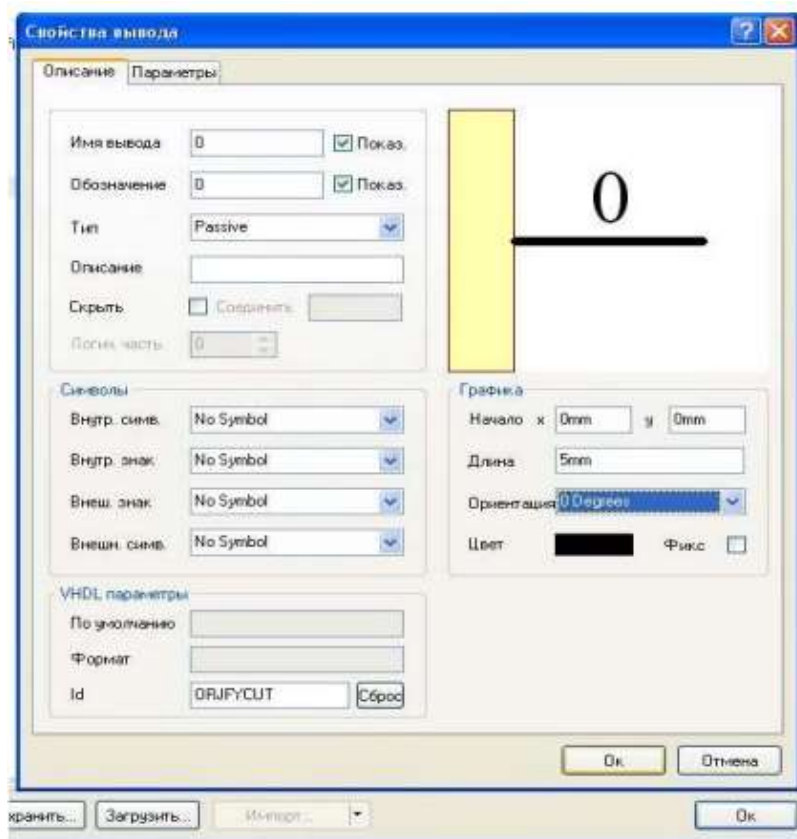


Рис. 5. Окно Свойства вывода

Включить менеджер библиотек. Для этого щёлкнуть ЛК по вкладке SCH в нижней части экрана справа и в выпавшем меню выбрать SCH Library(рис. 6).

Выше него откроется вертикальное окно SCH Library, где перечислены библиотеки проекта, с которыми можно выполнить разные действия. По стрелкам можно выбрать нужный объект, либо добавить новый элемент.



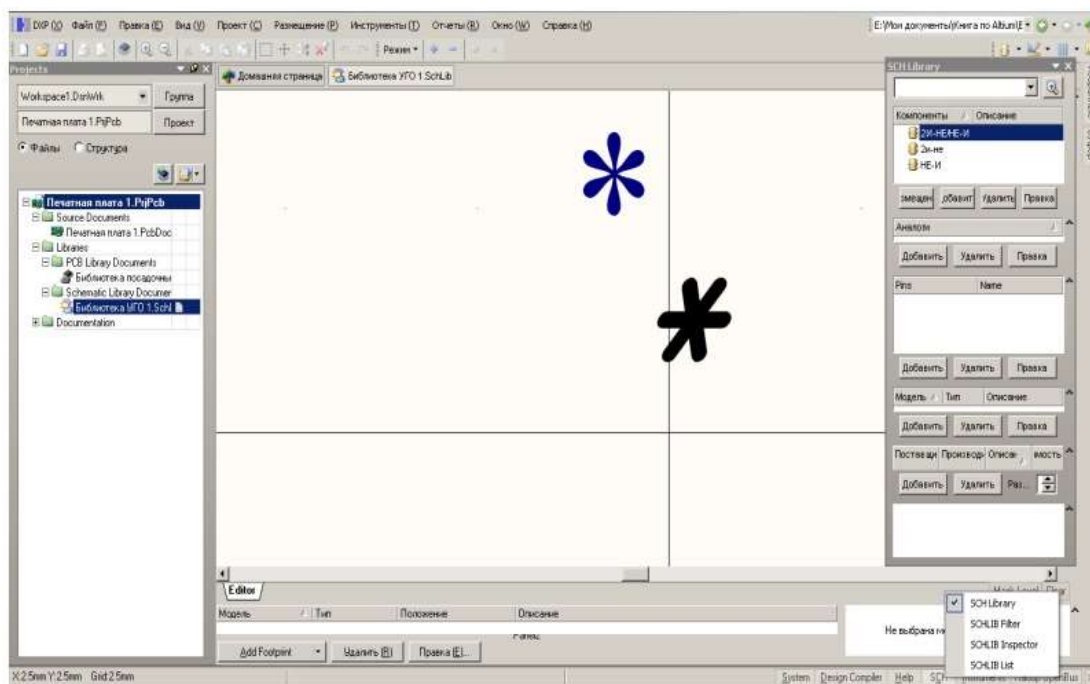


Рис. 6. Включение менеджера библиотек

## Создание условного графического обозначения микросхемы K511ПУ2

В микросхему K511ПУ2 входят два логических элемента 2И-НЕ и НЕ с расширением И. Поэтому необходимо отдельно создать УГО элемента 2И-НЕ и элемента НЕ-И.

### 2.2. Порядок создания УГО элемента НЕ-И

Для того чтобы пополнить содержимое библиотеки УГО новыми элементами, слева от рабочего поля в менеджере в верхнем окне щелкнем ЛК по кнопке Добавить. Появится окно New component name, в котором указываем название создаваемого УГО НЕ-И. Щелкнуть Ок.

Примечание: если с каким-либо компонентом в окне надо выполнить какие-либо действия, то его надо выделить, щелкнув по нему ЛК, затем нажать ПК. Откроется выпадающее меню, в котором выбрать нужные действия.

Чтобы получить УГО элемента НЕ-И, надо нарисовать прямоугольник размером 20 на 20 мм. Для этого в верхней части экрана в меню Размещение выполнить команду Прямоугольник (в скобках указаны названия «Горячих клавиш» вызова команд, которые работают на латинской раскладке). В рабочем поле щелкнуть ЛК в начале координат и, перемещая манипулятор, построить прямоугольник размером 20 мм на 20 мм. Нажать ЛК затем ПК.

Если необходимо, то размер сетки можно переключить нажатием клавиши G, а чтобы видимую сетку отключить, нажать Shift+G. Масштаб изображения изменяется вращением колесика на мышке при нажатой клавише Ctrl. После этого командами Размещение/ Линия на расстоянии 5 мм от левого края провести вертикальную линию внутри прямоугольника (рис. 7).



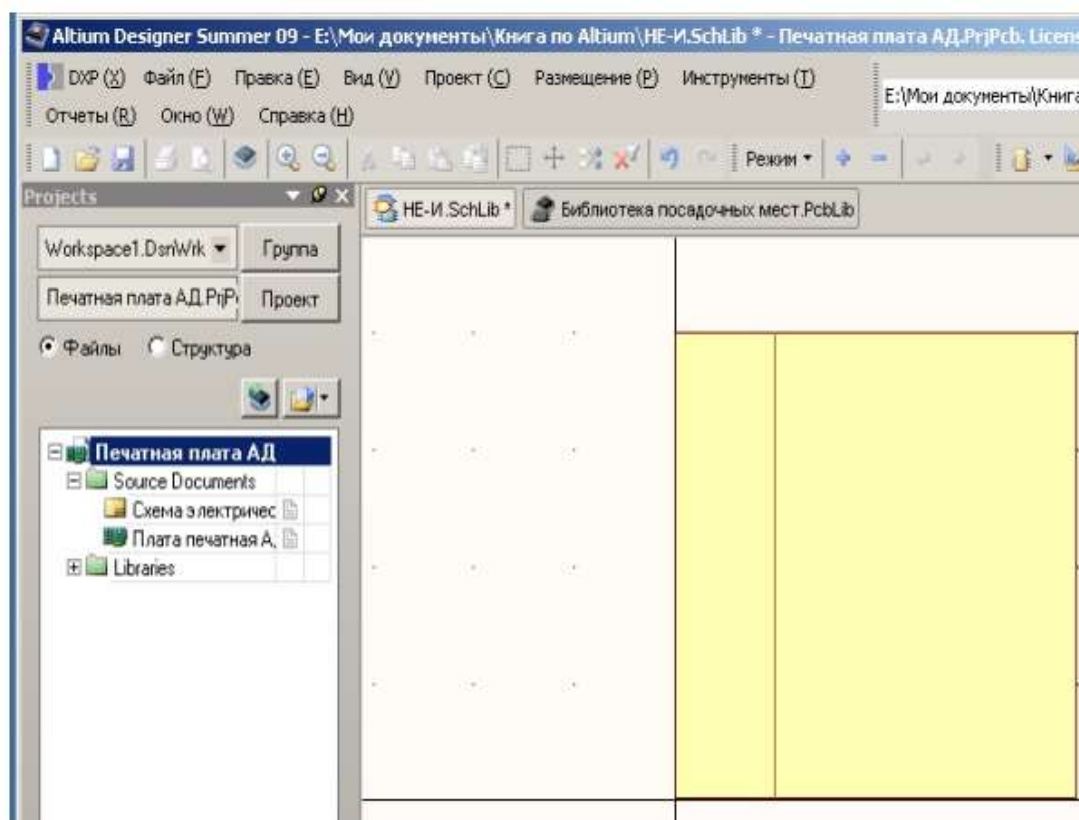


Рис. 7. Создание УГО элемента НЕ-И

Установить выводы логического элемента. Входные выводы установить слева, а выходные справа. Щелкнуть ПК в рабочем поле и в выпавшем меню выполнить команды Размещение/ Вывод. За курсором потянется вывод, который необходимо установить слева у прямоугольника, отступая сверху и снизу соответственно по 5 мм от края: 1-й и 2-й выводы слева, а 3-й справа посередине. После этого надо задать свойства каждого из выводов. Для чего щелкнуть ЛК по верхнему левому выводу, затем ПК и в выпавшем меню выбрать свойства - Properties.

Откроется окно Свойства вывода. Для левого верхнего вывода в окне Имя вывода указать In; в окне обозначения 1; тип Input; длина 5, в окне Ориентация выбрать 180. Аналогичным образом для левого нижнего указываем E; в окне обозначения 2; тип Input; длина 5, в окне Ориентация выбрать 180. Для выходного вывода справа установить Имя вывода Out, Обозначение 3, тип Output, в окне ориентация выбрать 0, в окне Внеш. Знак – Dot (рис. 8, а, б, в).

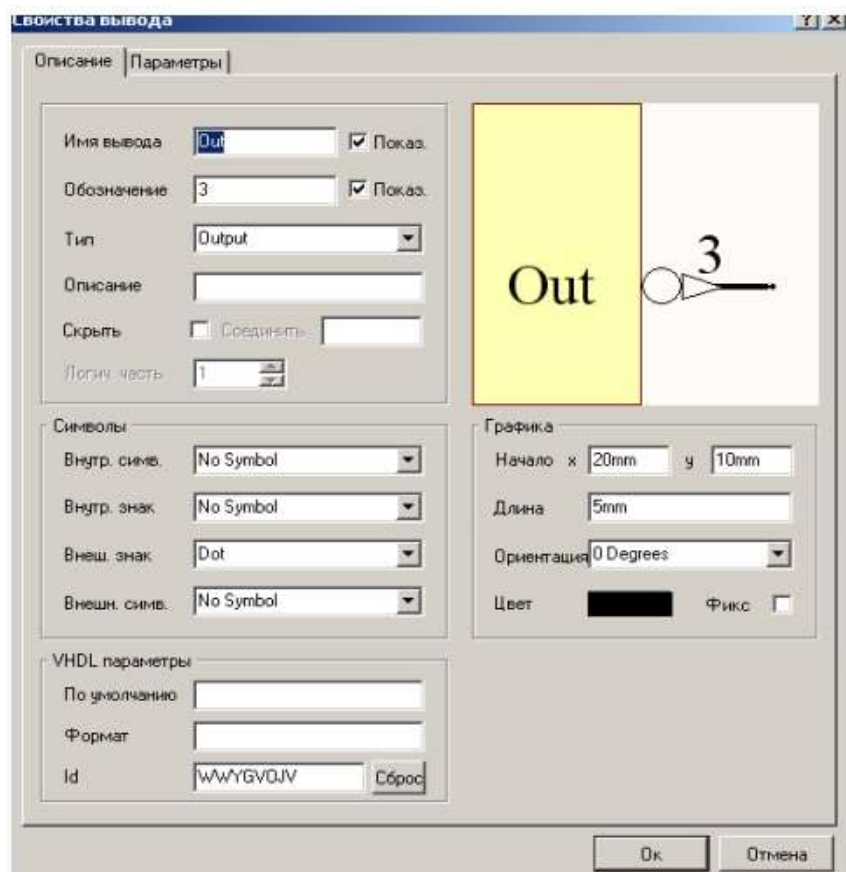


Рис. 11а. Создание УГО элемента НЕ-И

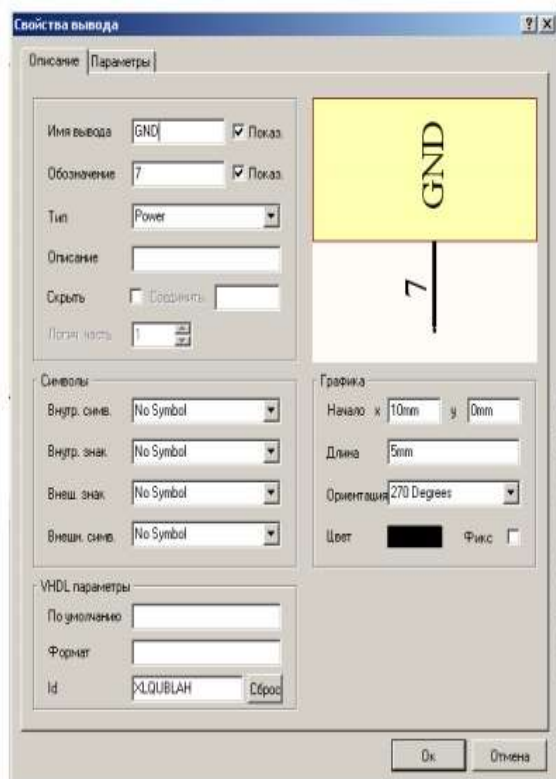


Рис. 8 б. Создание УГО элемента НЕ-И

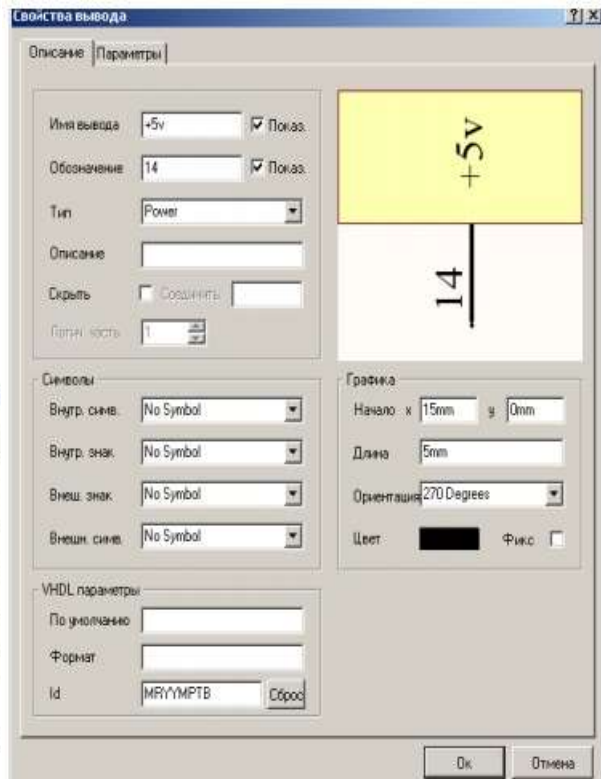


Рис. 8 в. Создание УГО элемента НЕ-И

Затем снизу УГО установить выводы питания и корпуса. У микросхем обычно 7-й вывод корпус, а 14-й – питание. Поэтому для 7-го вывода задаем Имя вывода GND, Обозначение – 7, тип – Power, Ориентация-270, а для 14-го– Имя вывода +5v, Обозначение– 14, тип – Power, Ориентация – 270 (рис. 9).

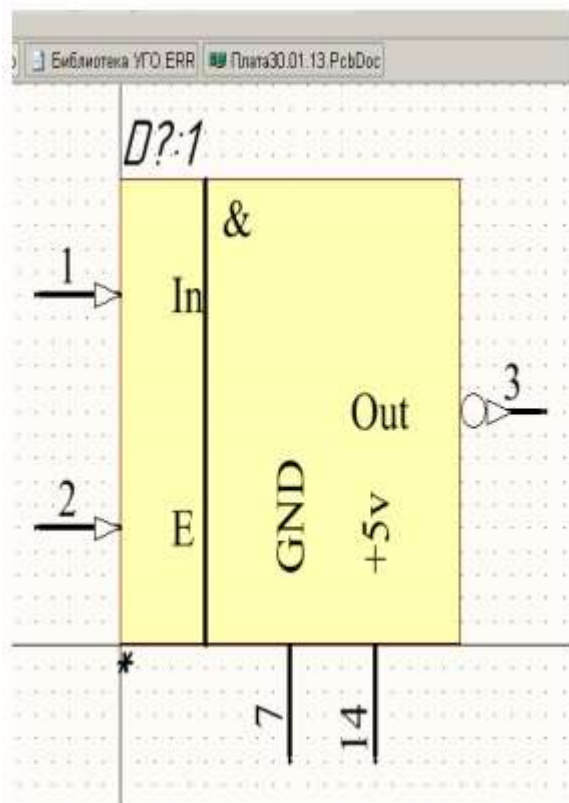


Рис. 9. Создание УГО элемента НЕ-И

Получили рисунок УГО (рис. 9). Выполнить команды Инструменты/ Свойства компонента. В открывшемся окне для редактирования выводов компонентов нажать кнопку Выводы(Edit Pins) (рис. 10).

**Редактирование выводов компонентов** ? X

Обозначение	Имя	Описание	DIP14	DIP14	Тип	Владелец	Показать	Номер	Имя
1	In		1	1	Input	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	E		2	2	Input	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Out		3	3	Output	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	In		4	4	Input	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	E		5	5	Input	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Out		6	6	Output	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	GND		7	7	Power	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Out		8	8	Output	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	InA		9	9	Input	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	InB		10	10	Input	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Out		11	11	Output	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	InA		12	12	Input	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	InB		13	13	Input	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	+5v		14	14	Power	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Добавить (A)... Удалить (B)... Правка (E)...

Ок Отмена

Рис. 10. Создание УГО элемента НЕ-И

После этого командами Размещение/ Текстовая строка переместить курсором появившееся слово Text в верхнюю часть прямоугольника. Затем щелкнуть ЛК по слову Text, нажать ПК. В выпавшем окне щелкнуть ЛК по Properties и в открывшемся окне Text записываем в окошке Текст«&» затем, щелкнув по кнопке Изменить, выбрать шрифт «Gost Type A» / Курсив/ 16 / Западный (рис. 11).

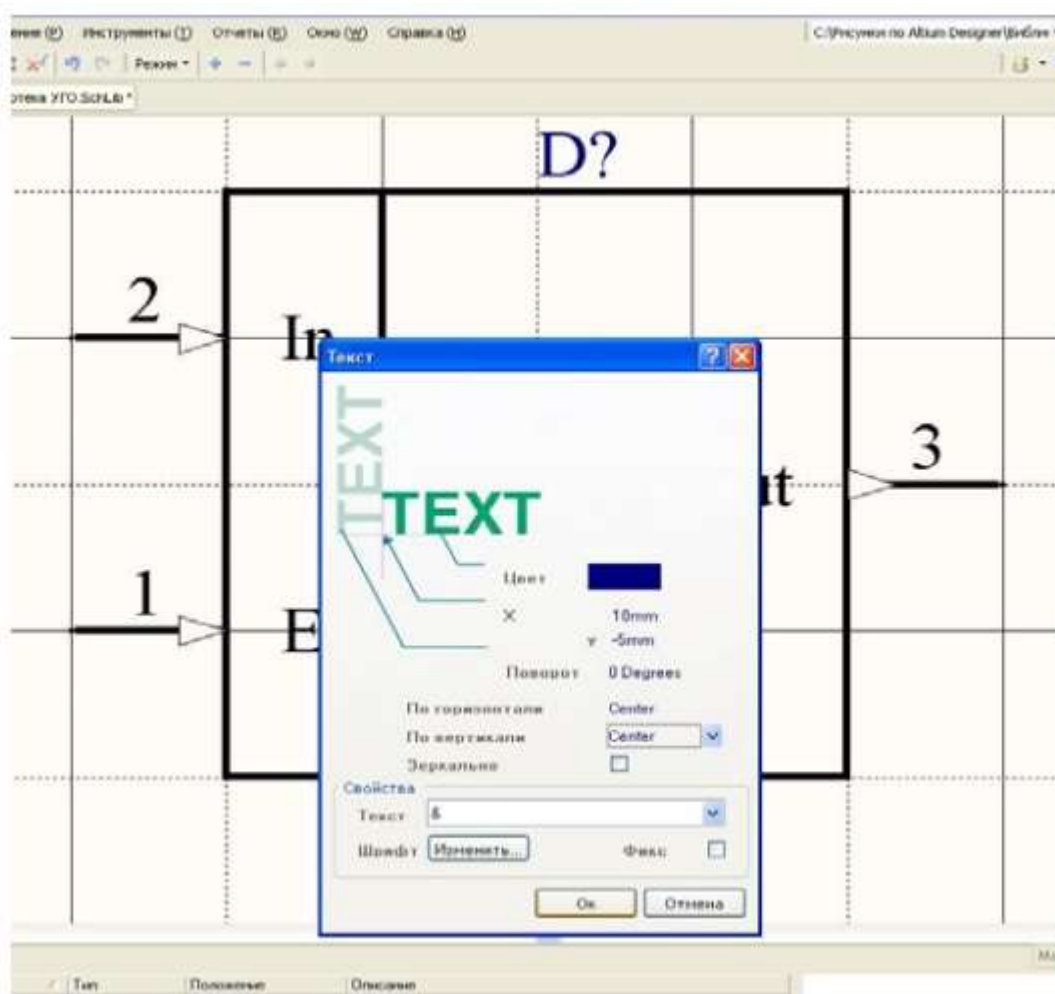


Рис. 11. Создание УГО элемента НЕ-И

Нажать ОК. Получили изображение символа УГО НЕ-И (рис. 12, а). Сохранить его в создаваемую библиотеку. При необходимости сохранения свойств УГО выполнить команды Инструменты/ Свойства компонента. Откроется окно Library Component Properties. Настроить его. В окне Default Designator записать D?, а в окне Symbol Reference нужное имя УГО. Нажать кнопку Выводы. Откроется окно Редактирование выводов компонента (рис.10). При необходимости отредактировать выводы. Нажать ОК. Получили элемент НЕ-И (рис. 12), в котором нет ошибок.

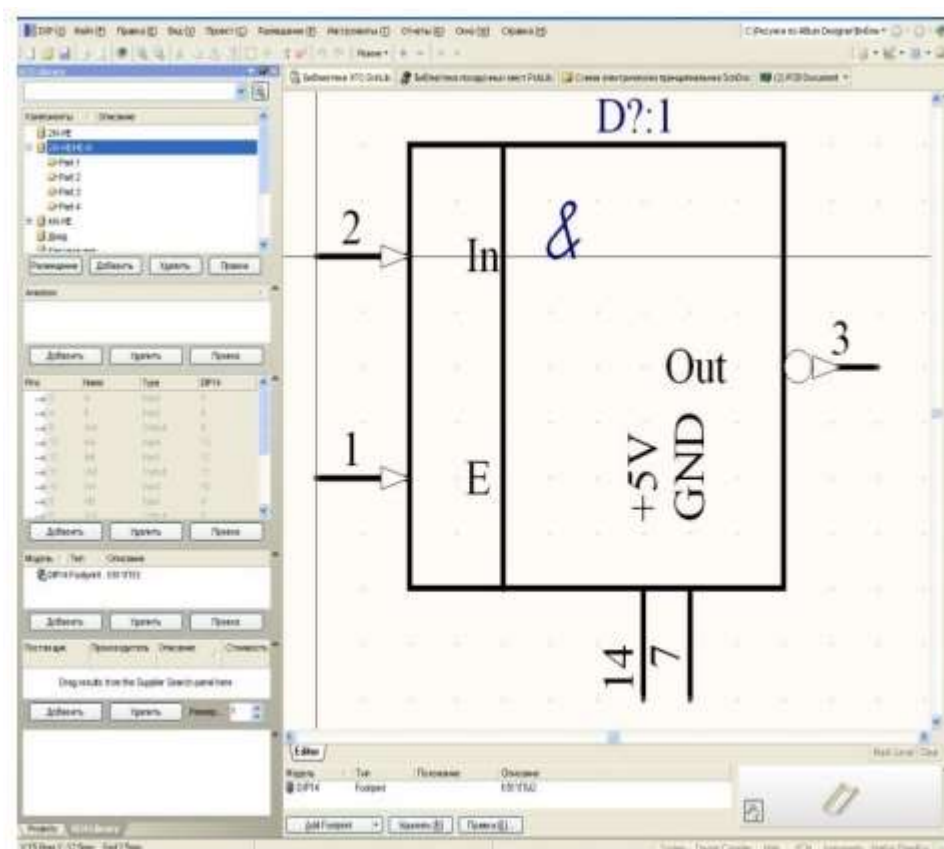


Рис. 12. Создание УГО элемента НЕ-И

### 3. Задачи

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить САПР Altium Designer.
2. Открыть редактор схем Schematic.
3. Установить начальные настройки рабочего поля.
4. Создать библиотеку УГО ЭРЭ.
5. Создать УГО элементов НЕ-И и 2И-НЕ.
6. Сохранить результат.

### 4. Контрольные вопросы

1. Каким образом выполняются основные настройки редактора УГО?
2. Как настраивается шаг, вид и цвет сетки?
3. Как задается тип шрифта?
4. Каким образом задаются основные примитивы системы?
5. Как изменяется масштаб изображения?
6. Каким образом задаются основные параметры входных и выходных выводов ЭРЭ?
7. Каким образом задается на экране видимая сетка в виде линий или точек?
8. Как задаются основные параметры выводов питания и корпуса ЭРЭ?
9. Как пополнить содержимое библиотеки УГО новыми элементами?
10. Какой порядок присвоения элементам схемы позиционных обозначений?
11. Каков порядок создания УГО элемента НЕ-И?
12. Каков порядок создания УГО элемента 2И-НЕ?
13. Каким образом выполняется вращение УГО элементов?

14. Каким образом выполняется прорисовка контура УГО?
15. Какими командами выполняется размещение текстовой строки?
16. Какими командами выполняется сохранение результатов проектирования?



# Лабораторная работа №15

## Разработка посадочных мест для печатной платы

Цель работы:

1.1. Изучение методики разработки посадочных мест печатных плат средствами Altium Designer;

1.2. Приобретение навыков разработки посадочных мест конструктивных элементов РЭС.

### 1. Краткие теоретические сведения

#### 1.1. Основные настройки редактора посадочных мест

Открыть менеджер проекта Altium Designer. Для этого выполнить команды Файл/ Открыть Плата печатная. PrjPCB. Если на экране не появился менеджер проектов, то в нижней части экрана щелкнуть ЛК по команде System и выбрать Projects.

В подпапке Libraries / PCB Library Documents щелкнуть дважды ЛК по названию Библиотека посадочных мест (рис. 1).

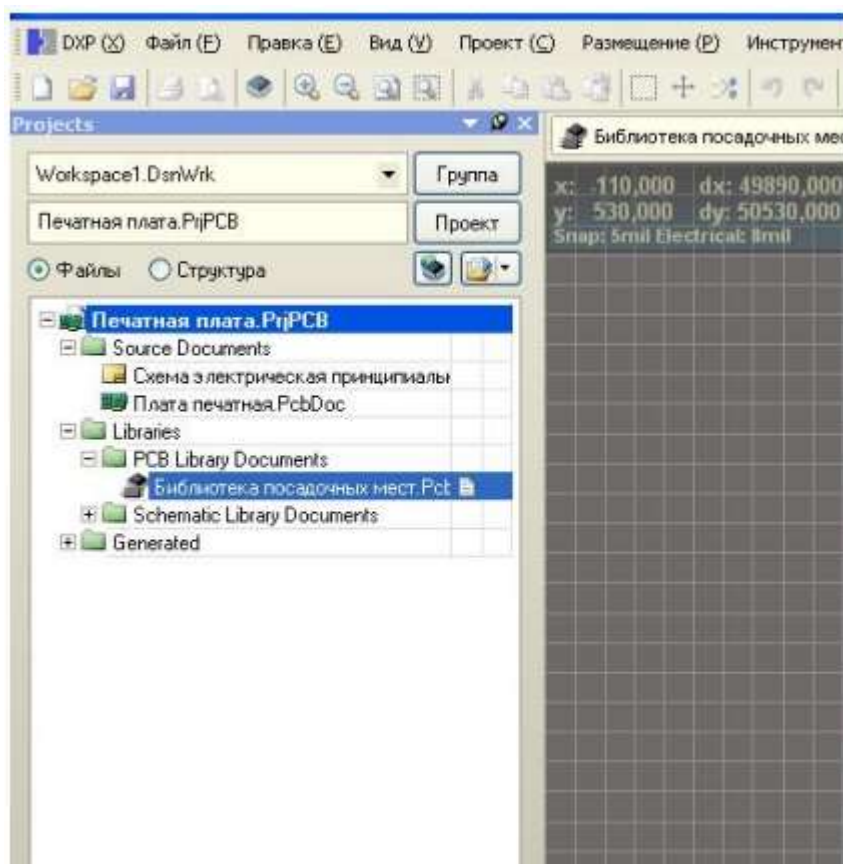


Рис. 1. Основные настройки редактора посадочных мест



Щелкнуть ПК и выполнить команды Опции/ Свойства платы. Открывает окно Свойства платы (Параметры платы) (рис. 2), в котором необходимо установить: единицы измерения Metric, шаг сетки 1mm, сетка компонента 1mm, электрическая сетка 1mm, в поле Видимая сетка: Вид Lines (сплошная линия) или Dots (точками) первая 1 x Snap Grid, вторая 10 x Snap Grid, в поле Положение листа: x – 0; y – 0, ширина и высота 1500 мм. Далее выполнить команды Инструменты/ Grid Manager. Откроется одноименная панель, на которой щелкнуть ПК и в выпавшем меню выбрать Properties. Откроется окно Cartesian Grid Editor, в котором в поле Шаги задать шаг по OX 1 мм, а в поле Отображение выбрать Lines, Коэффициент 10 шаг сетки.

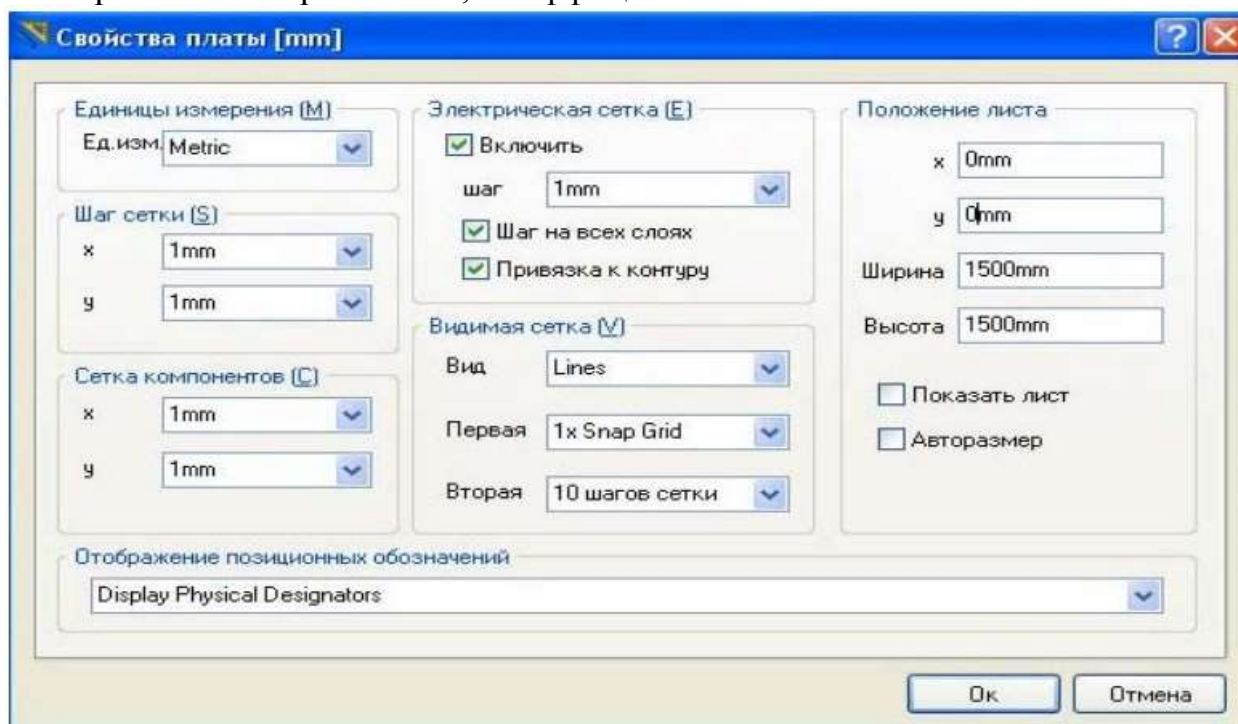


Рис. 2. Окно Свойства платы

## 1.2. Создание посадочного места микросхемы 133ЛА6 с планарными выводами

Для создания посадочного места (ПМ) необходимо в менеджере открыть PCB Library, ... PCBLib, затем справа в нижней части экрана выполнить команды PCB / PCB Library. Открывается менеджер библиотеки компонентов, который можно переместить в необходимое место экрана (рис.3).

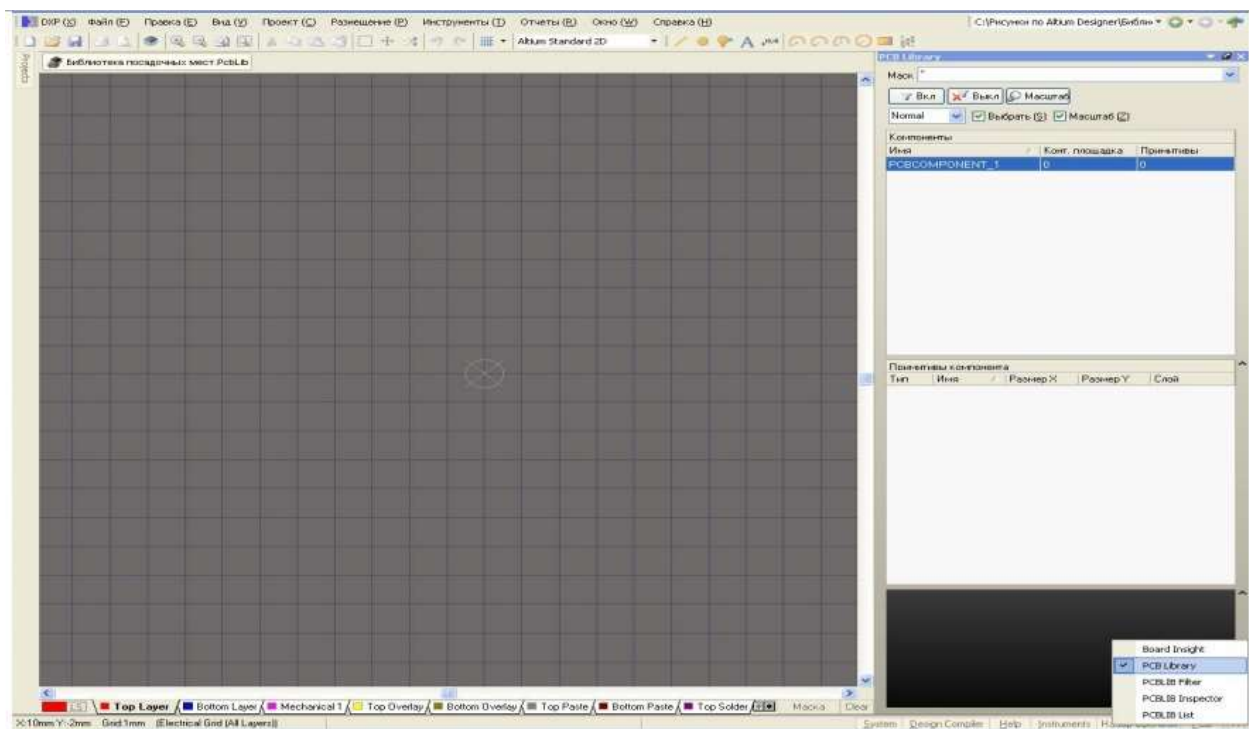


Рис. 3.менеджер библиотеки компонентов

При создании нового посадочного места надо щелкнуть ПК в поле Компоненты менеджера библиотеки компонентов PCB Library. Выпадет меню, в котором выбрать Новый бланк компонента. В поле Компоненты появится запись создаваемого посадочного места PCBCOMPONENT 0 0. Чтобы присвоить ему название надо щелкнуть ЛК по этому названию, а затем ПК. В выпавшем меню выбрать Свойства компонента.

Откроется окно Посадочное место компонента (рис.4), в котором записать название посадочного места ЭРЭ.

В нижней части рабочего поля выбрать верхний слой - Top Layer. Для этого использовать две объединенные небольшие стрелки, расположенные внизу справа от названия слоев платы. Затем задать шаг сетки= 1.25 мм. Для этого нажать Shift+Ctrl+G. Откроется окно, в котором выставить указанный размер и нажать ОК.



Рис. 4. Окно Посадочное место компонента

Выполнить команды Размещение/ Контактная площадка и нажать TAB. Откроется окно настройки контактных площадок, в котором зададим Обозначение – 1, слой Top Layer, галочку – металл, размер 2,1x0,8 мм, форма – Rectangular (рис. 5), нажать ОК.

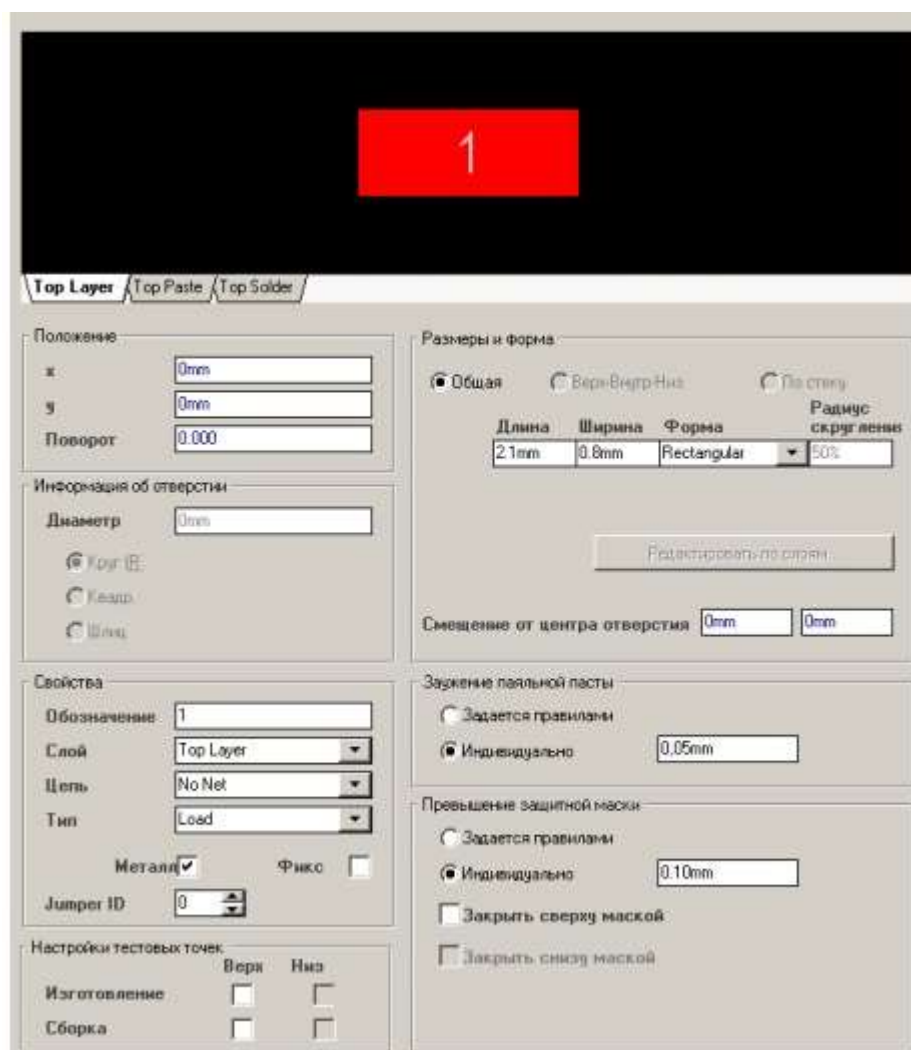


Рис. 5. Окно настройки контактных площадок

Первую КП установить в начало координат. Для этого на рабочем поле щелкнуть ЛК и нажать клавишу J. Откроется окно Jump To Location. В нем задать по оси ОХ и оси ОУ значения 0 и нажать ОК. На рабочем поле в указанном месте появится перечеркнутый кружок. Щелкнуть по нему ЛК. Появится 1-я КП, нажать ЛК, затем ПК.

Следующие шесть КП установить на расстоянии друг от друга с шагом 1.25 мм, затем отступить по оси ОУ вправо на 11.25 мм и установить следующие семь КП, перемещаясь снизу вверх. Размеры соответствуют справочным данным корпуса микросхемы. Каждый раз при размещении КП щелкать ЛК (рис. 6).

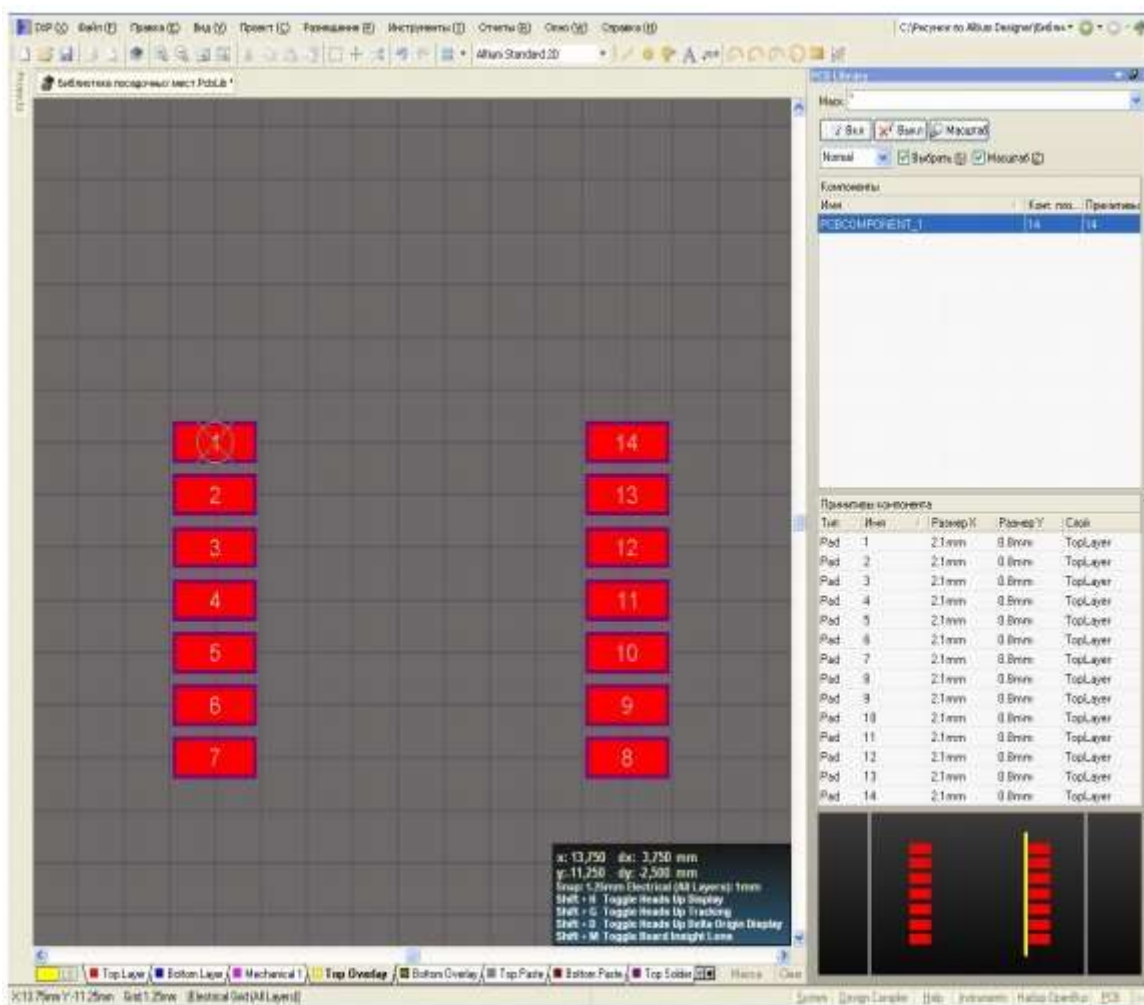


Рисунок 6. Создание посадочного места микросхемы

Теперь надо нарисовать контур микросхемы. Для этого выбрать слой Top Overlay и выполнить команды Размещение/ Линия. Щелкая дважды в углах создаваемого контура и перемещая курсор в следующий, нарисовать контур микро - схемы (рис.6). Завершить процедуру щелчком ЛК и затем ПК. Чтобы рисунок не перемещался по экрану за курсором, надо завершить процедуру щелчком ПК в рабочем поле.

Теперь надо нарисовать контур микросхемы. Для этого выбрать слой Top Overlay и выполнить команды Размещение/ Линия. Щелкая дважды в углах создаваемого контура и перемещая курсор в следующий, нарисовать контур микросхемы (рис. 7). Завершить процедуру щелчком ЛК и затем ПК. Чтобы рисунок не перемещался по экрану за курсором, надо завершить процедуру щелчком ПК в рабочем поле.

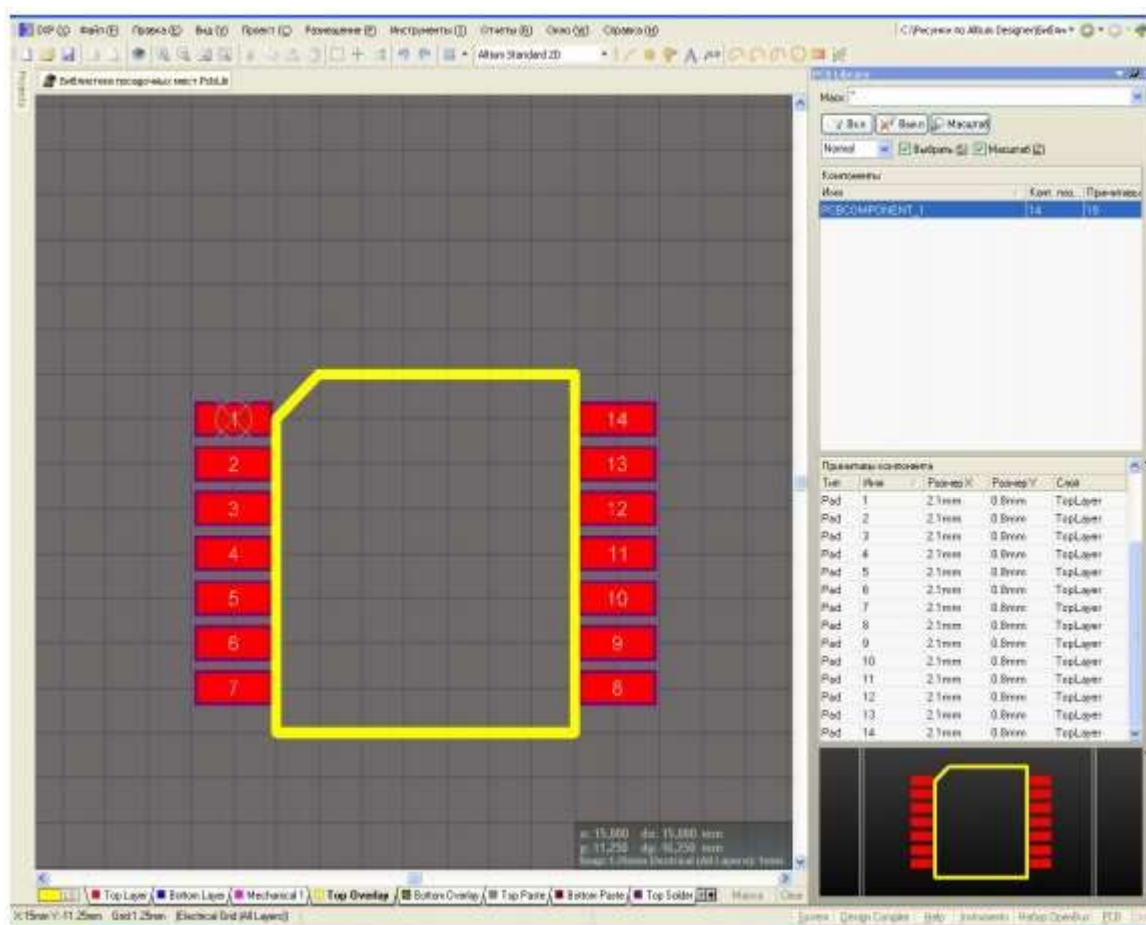


Рисунок 7. Создание посадочного места микросхемы

После этого в поле Компоненты окна PCB Library двойным щелчком ЛК по названию компонентов открыть окно Посадочное место компонента, в котором указать тип ПМ401.14. Нажать ОК.

Выполнить команды Файл/ Сохранить все.

### **3. Задачи**

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить Altium Designer.
2. Открыть редактор РСВ и создать файл библиотеки посадочных мест.
3. Выполнить начальные настройки рабочего поля.
4. Создать посадочное место для микросхемы с планарными выводами.
5. Создать посадочное место для микросхемы со штыревыми выводами.
6. Сохранить результат.

### **4. Контрольные вопросы**

1. Каким образом выполняются основные настройки редактора ПМ?
2. Каким образом создается библиотека посадочных мест?
3. Поясните назначение основных команд редактора.
4. Как задается шаг сетки?
5. В каком слое размещаются контактные площадки микросхемы с планарными выводами?
6. В каком слое размещаются контактные площадки микросхемы со штыревыми выводами?
7. В каком слое размещается контур микросхемы?
8. Как задаются параметры контактной площадки для планарных выводов?
9. Как задаются параметры контактной площадки для штыревых выводов?
10. Поясните порядок создания посадочного места 401.14 для микросхемы 133ЛА6?
11. Поясните порядок создания посадочного места тип ПМDIP14 для микросхемы К511 ПУ2?
12. Каким образом задается на экране видимая сетка в виде линий или точек?



## Лабораторная работа №16

# СОЗДАНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ НЕСЛОЖНОГО УСТРОЙСТВА

**Цель работы:** изучение порядка работы с графическим редактором Altium Designer Schematic; приобретение навыков ввода и оформления схем электрических принципиальных в САПР Altium Designer.

### 1. Описание работы редактора

#### Altium Designer schematic

В САПР Altium Designer для создания схем электрических принципиальных используется графический редактор Schematic. Интерфейсы графических редакторов САПР имеют много общих черт, поэтому, изучив один редактор, легко можно перейти к работе с другими редакторами.

Открыть файл **Печатная плата .PrjPCB**. Появится менеджер проектов. Щёлкнуть дважды ЛК по **Схема электрическая принципиальная**. На рабочем поле появится форматка аналог А4. Настроим редактор. Для этого щелкнуть ПК в рабочем поле и выполнить команды **Опции / Опции документа** (рис. 1).

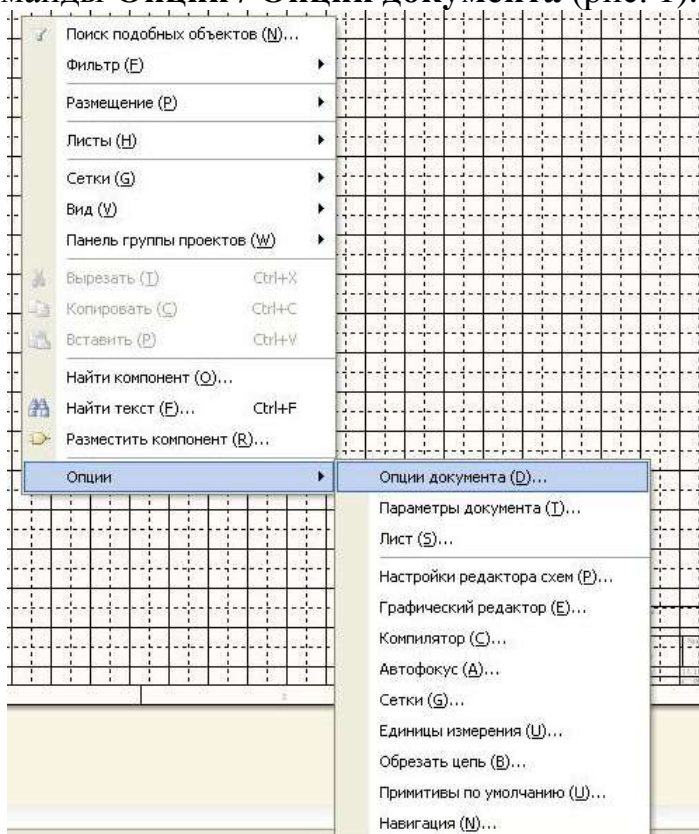


Рис. 1

Откроется окно **Опции документа**, в котором на закладке **Опции листа** выполнить основные настройки формата A3 либо A4 (рис. 2), а на закладке **Ед. изм.** Установить метрическую систему **Millimeters** (рис. 3).

Далее щелкнуть ПК в рабочем поле и выполнить команды **DXP / Preferences**. Открывшееся окно **Настройки Schematic – General** заполнить согласно рис. 4. Нажать **ОК**.

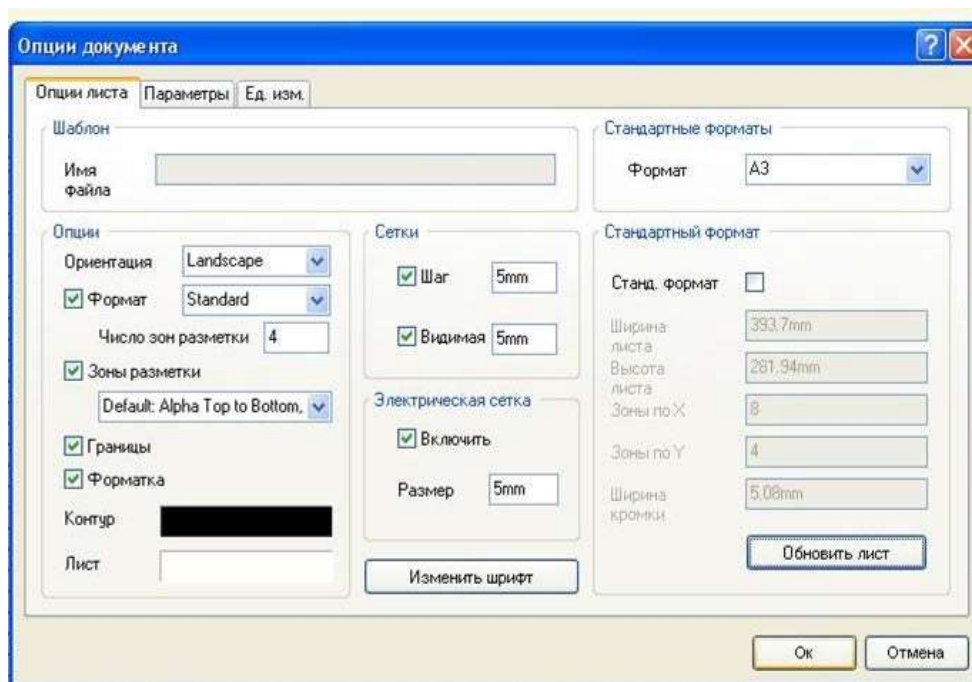


Рис. 2

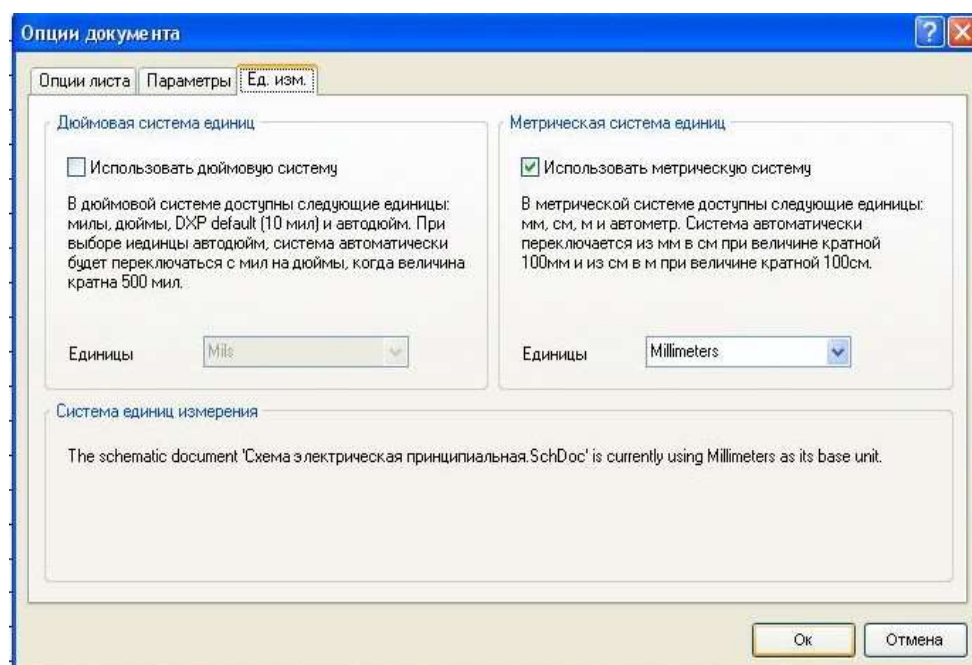


Рис. 3



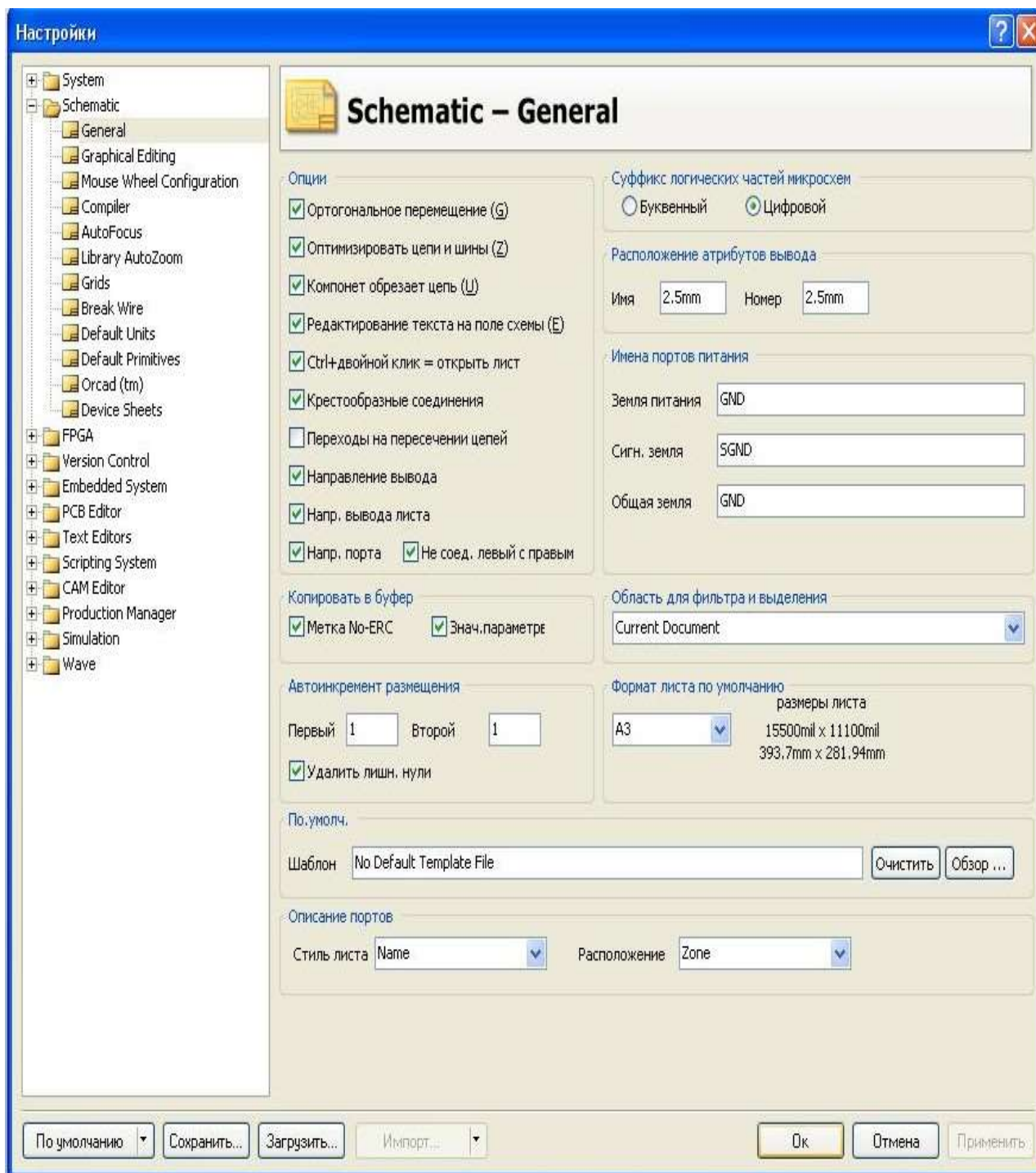


Рис. 4

Затем выполнить команды **Опции / Графический редактор** и сделать настройки согласно рис. 5.

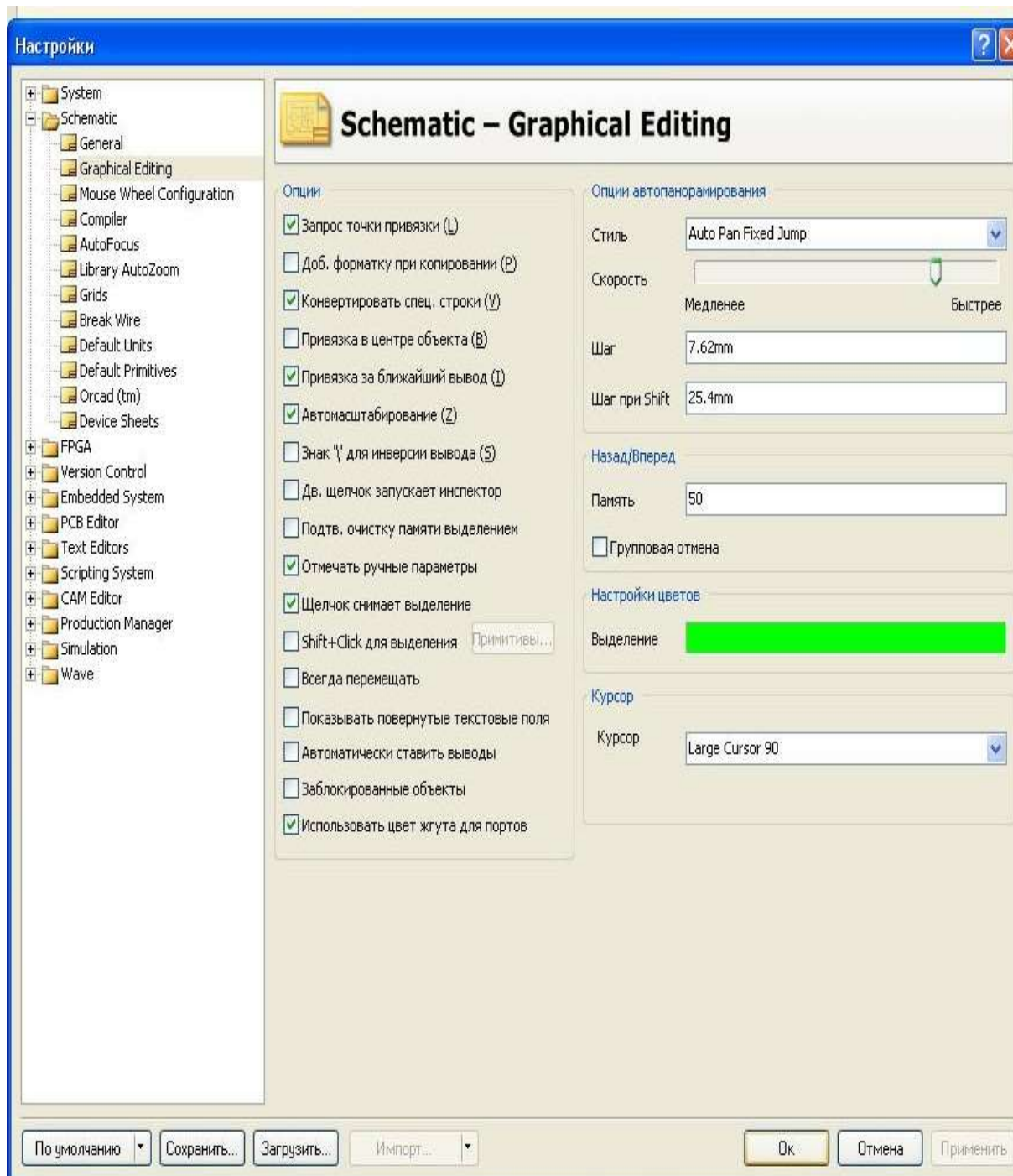


Рис. 5

Установить шаг сетки равный 5 мм. Для этого выбрать в последнем окне закладку **Grids** (Сетки) и в открывшемся окне задать значение шага сетки = 5 mm (рис. 6). Нажать **ОК**.

Чтобы поменять шаг сетки достаточно щелкнуть ЛК в рабочем поле и нажать клавишу **G**. После этого в левом нижнем углу экрана будет меняться его значение: **Grid:0.5**; **Grid:1.0**; **Grid:2.5** либо **Grid:5**.

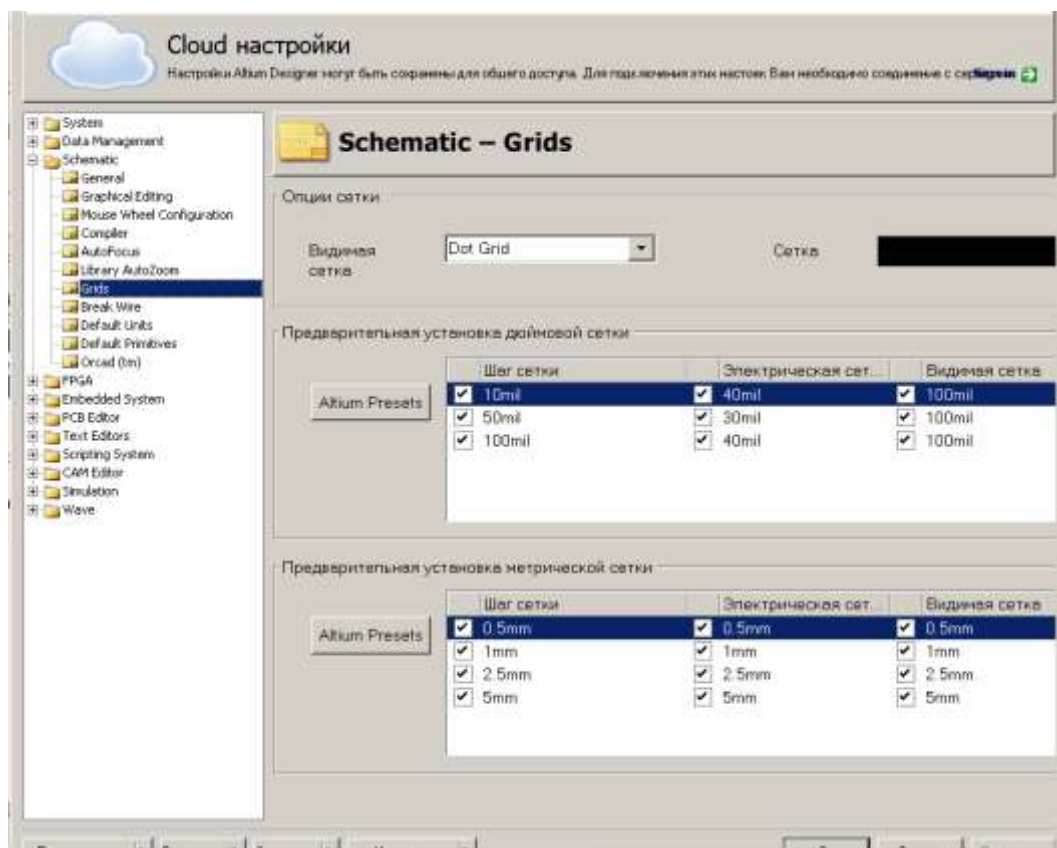


Рис.6

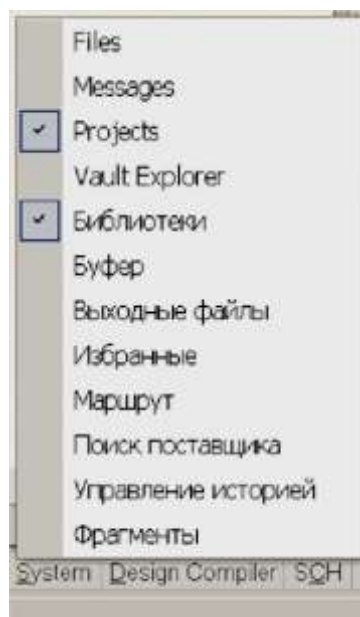
## 1.1 Пример создания принципиальной электрической схемы в САПР Altium Designer

Чтобы создать схему из библиотечных элементов надо вызвать на экран созданные библиотеки. Для этого в меню нижней части экрана щелкнуть ЛК по **System**. В выпадающем меню выбрать **Библиотеки** (рис. 7,а). Справа откроется менеджер **Библиотеки**, в котором выбрать библиотеку УГО **Библиотека УГО SchLib** (рис. 7, б). Далее переключиться в менеджере проекта на **Схема электрическая принципиальная .SchDoc** и проверить, какого цвета листок справа от **Схема....SchDoc**. Если он красный, то выполнить команды **Файл/Сохранить все**.

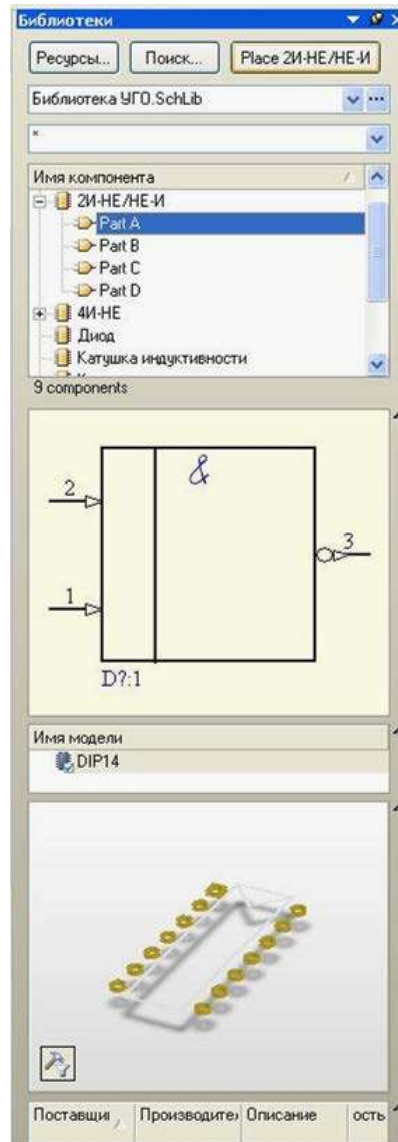
### 1.1.1 Размещение ЭРЭ на схеме

Из элементов библиотеки набрать электрическую схему. В списке **Имя компонента** выбрать необходимый элемент, например, 2И-НЕ/НЕ. Выделить его щелчком ЛК и щелкнуть ЛК по + перед названием элемента. В окне **Имя компонента** открываются четыре секции микросхемы PartA – PartD, которые последовательно надо установить на схеме. Суффикс логических частей схемы – Part1 можно задать цифрами. Для этого выполнить команды **DXP/Preferences/Schematic/General** в поле **Суффикс логических частей схемы** выбрать **Цифровой**.

После этого щелкнуть по кнопке **Place 2И-НЕ/НЕ-И** (рис. 7, б) и переместить курсор в рабочее поле чертежа. За ним потянется 1-я секция микросхемы **PartA**. Выбрать место на чертеже для ее установки и щелкнуть ЛК. Она зафиксируется на чертеже и появится следующая секция **PartB**.



а)



б)

Рис. 7

Для размещения всей микросхемы щёлкнуть последовательно четыре раза сверху вниз, размещая при каждом щелчке следующую по порядку секцию (рис. 8). Затем аналогично установить еще две микросхемы 2И-НЕ/НЕ-И (рис. 9). Для завершения процедуры размещения щелкнуть ПК.



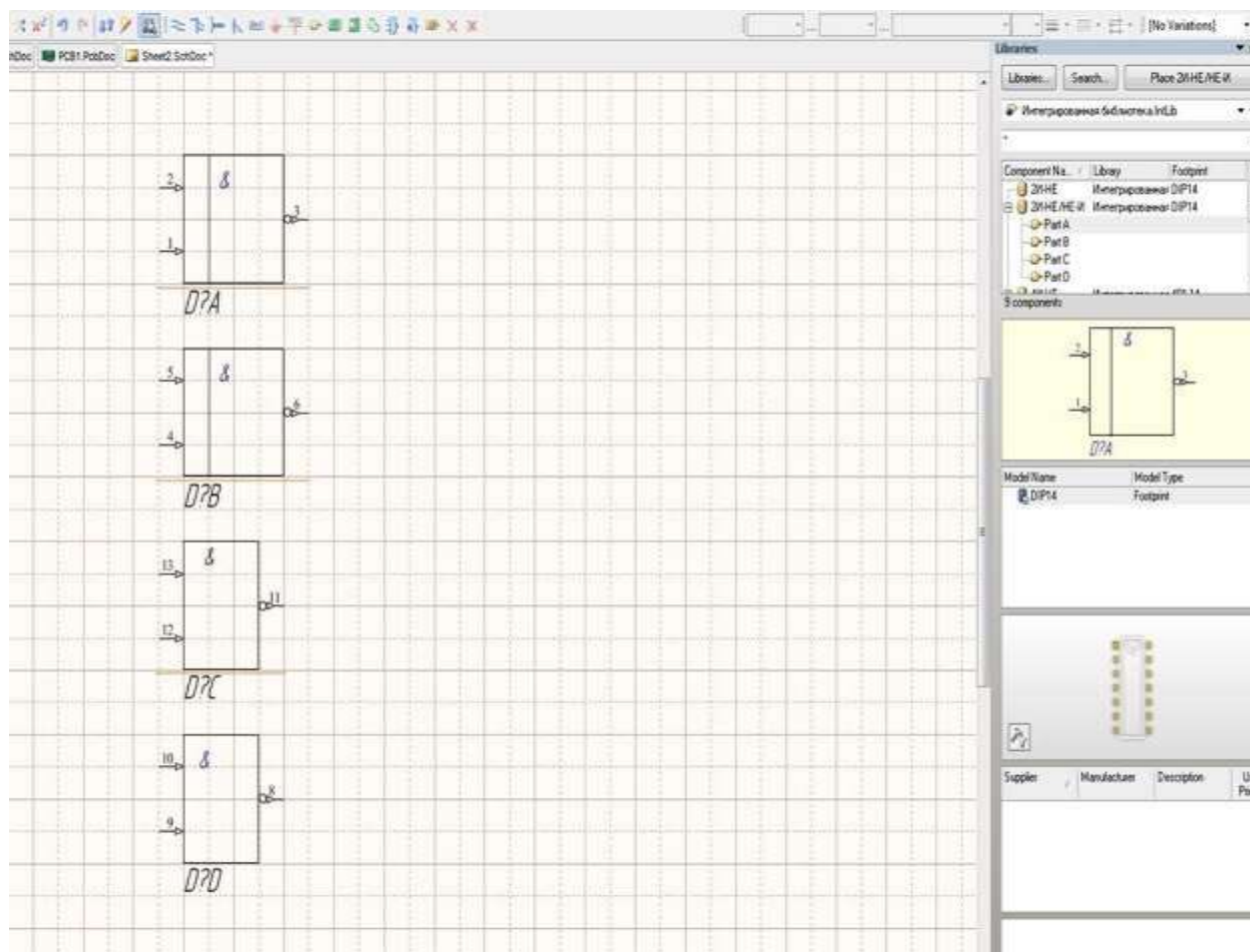


Рис. 8

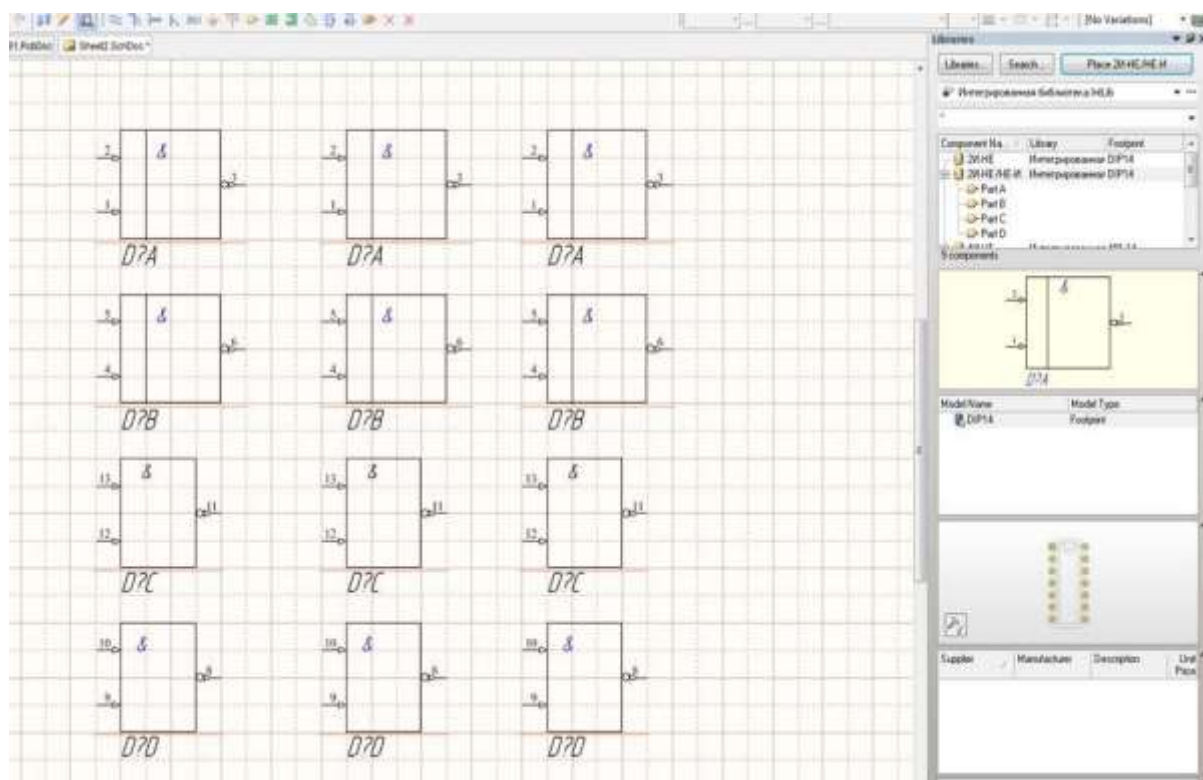


Рис. 9

Для того чтобы было удобнее читать чертеж, видимую сетку зададим точками. Для этого в окне **Schematic Grids** в поле **Опции сетки** в окошке Видимая сетка выбрать **Dot Grids** (рис. 10).

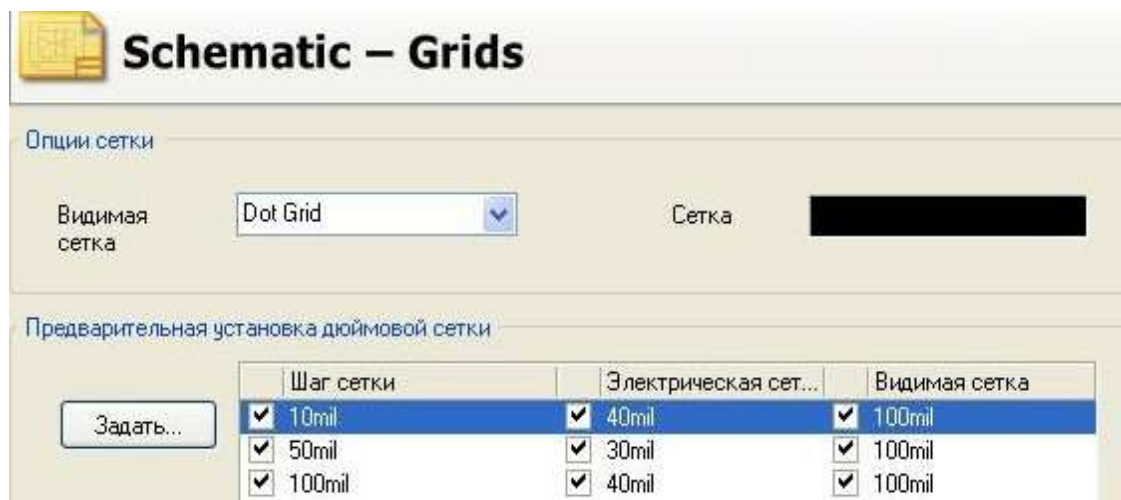


Рис. 10

### 1.1.2 Размещение соединений на схеме

Теперь соединить выводы ЭРЭ электрическими цепями. Для этого выполнить команды **Размещение / Соединения**. Курсор превратится в двойное перекрестие. Навести его на 1-й по порядку соединяемый вывод. В момент совмещения его с выводом крестик в форме буквы х станет красного цвета. Это свидетельствует о совмещении курсора с выводом УГО. В этот момент щелкнуть ЛК. Начнется построение цепи. Переместить курсор в следующий вывод и в момент совмещения с очередным выводом снова щелкнуть ЛК. Процедуру продолжать до построения всей цепи. Когда цепь будет построена, щелкнуть ПК (рис. 11, а). После этого построить следующую цепь и так до тех пор, пока не будут построены все цепи схемы.

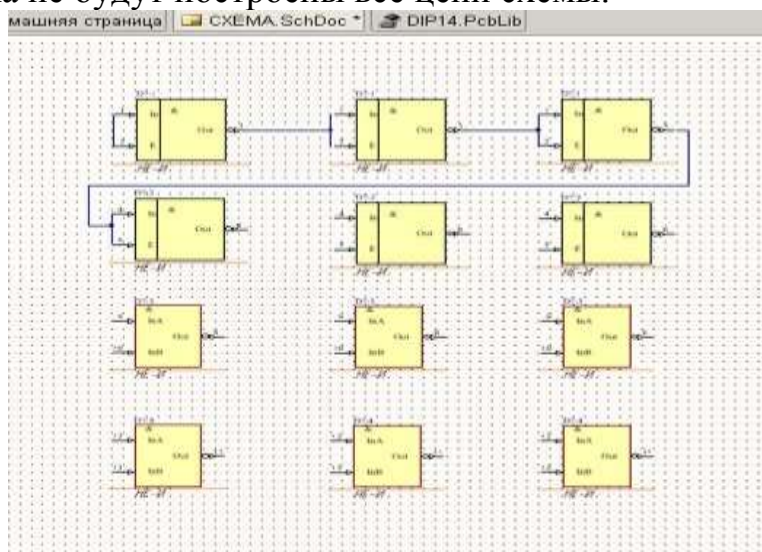


Рис.11,а

После построения схемы элементы на ней еще не имеют позиционных обозначений. Чтобы их присвоить, выполнить команды **Инструменты / Перенумерация**. Появится окно **Нумерация**. В окне поля **Направление нумерации** выбрать **Down Then Across** (рис. 11, б).

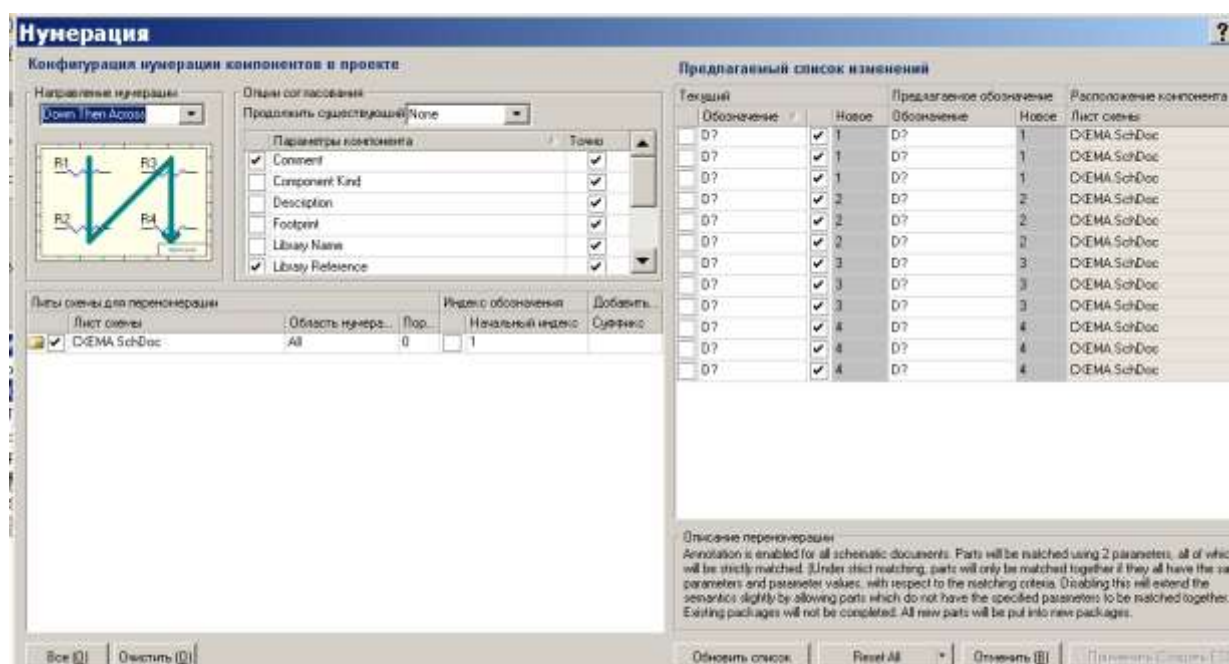


Рис. 11, б

Нажать кнопку **Обновить список**. Появится окно **Information** (рис. 12), в котором указано число изменений в схеме. Нажать **ОК**.



Рис. 12

В нижней части этого окна нажать кнопку **Применить** (Создать ЕСО). Откроется окно **Перечень изменений** (рис. 13), в котором указаны изменения позиционных обозначений на схеме. Слева внизу этого окна нажать кнопку **Проверить**.

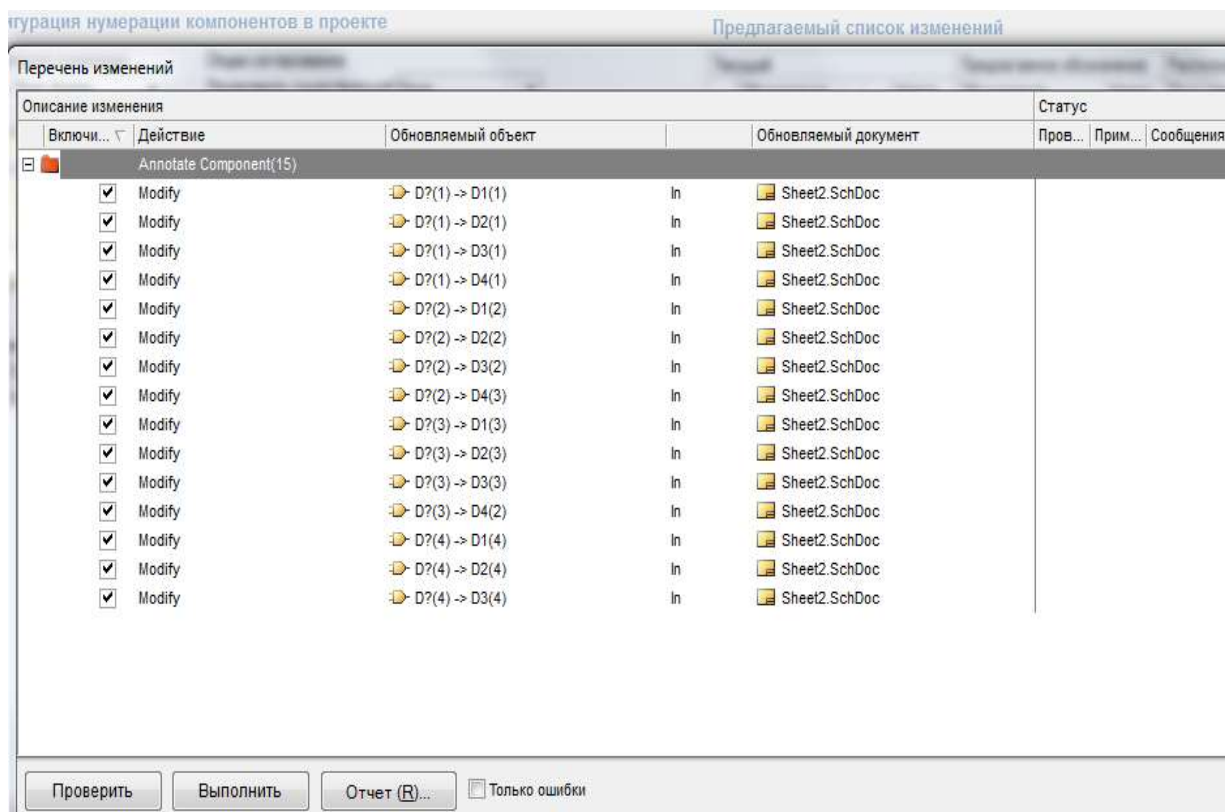


Рис.13

В результате проверки после данного действия нажать кнопку **Выполнить**. В колонке **Статус** в двух столбцах **Проверка** и **Применить** появятся галочки, что свидетельствует об отсутствии ошибок и о выполненном изменении (рис. 14). Нажать кнопку **Заккрыть**.

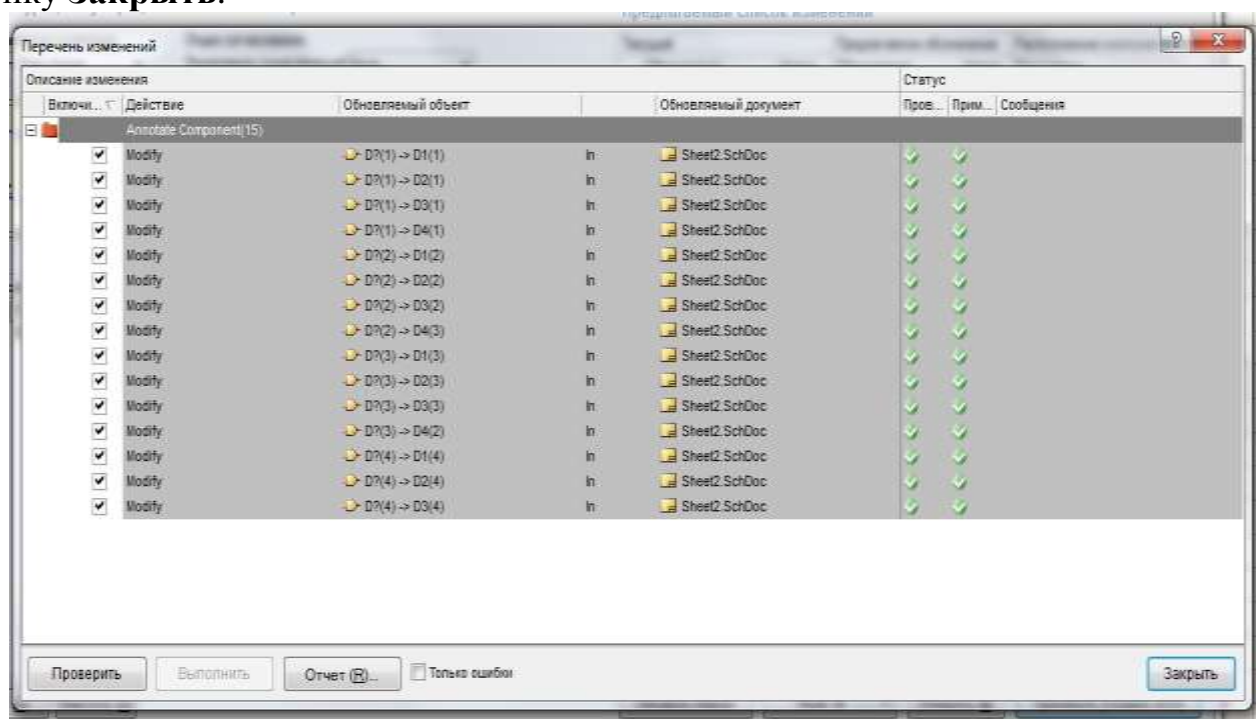


Рис. 14



Закрывать следующее окно. На схеме появятся новые позиционные обозначения. Рядом с измененными новыми позиционными обозначениями мелким шрифтом будут указаны старые обозначения (рис. 15, а).

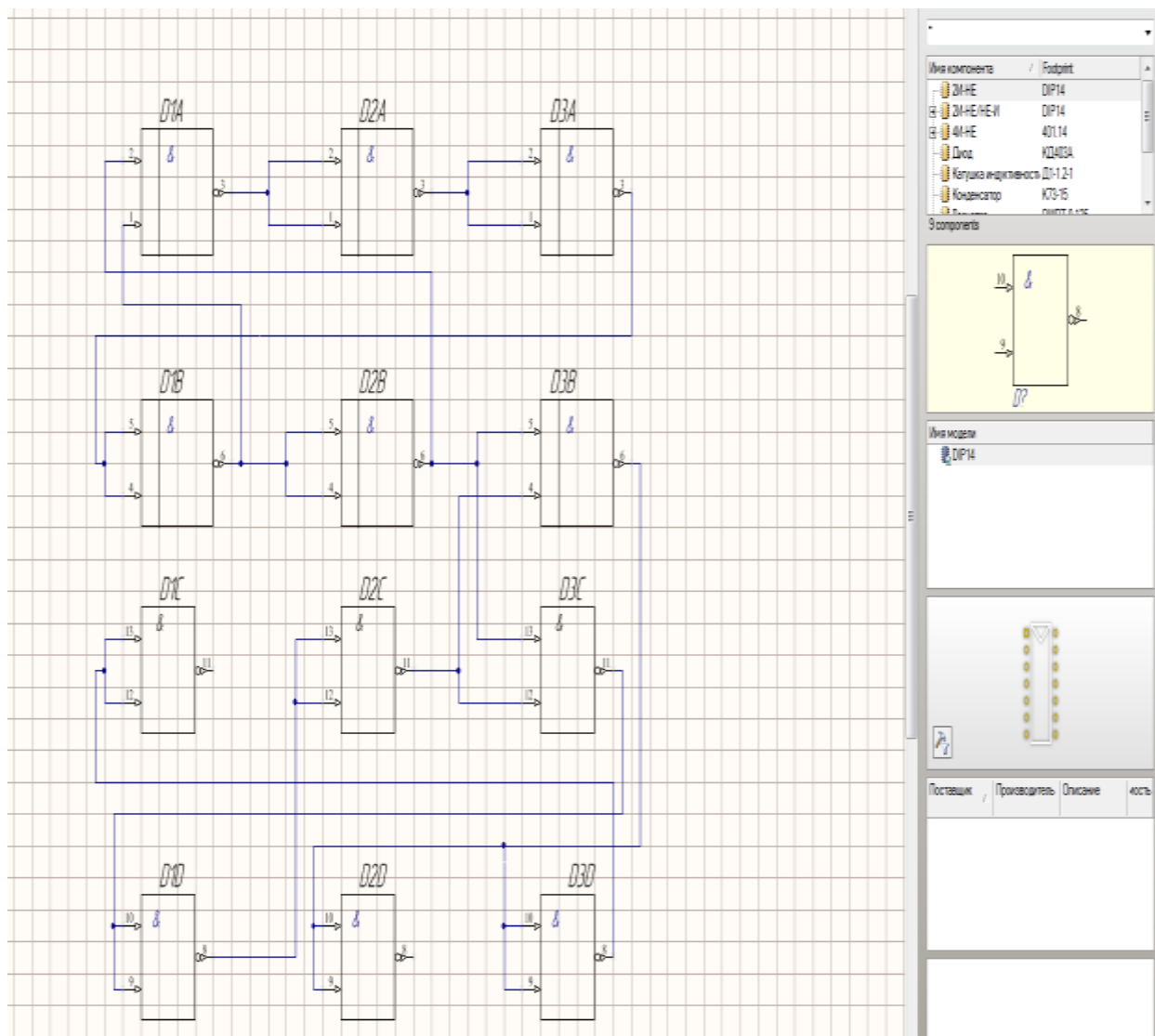


Рис. 15, а

Схема готова. Выполнить **Файл / Сохранить все**. Затем компилируем схему командами **Проект (С) / Compile PCB Project Печатная плата.PrjPCB** (рис. 15, б). Далее выполнить команды **System / Messages**. Появится окно **Messages**, в котором будут показаны все предупреждения и ошибки (рис. 16).

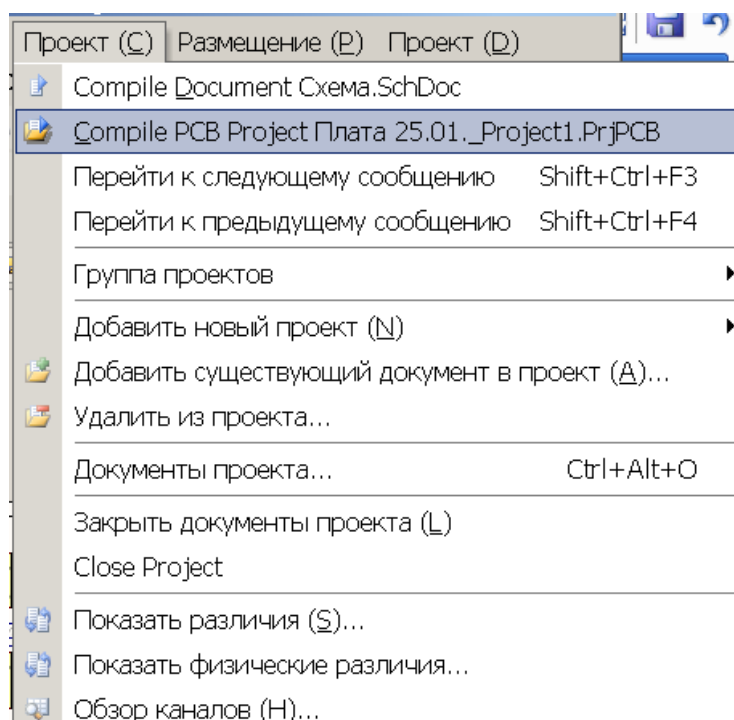


Рис. 15, б

Messages						
Class	Document	Source	Message	Time	Date	No.
[Warning]	Sheet1.SchDoc	Compiler	Adding hidden net	21:42:51	22.01.2013	1
[Info]	PCB_Project1.Prj...	Compiler	Compile successful, no errors found.	21:42:51	22.01.2013	2

Рис. 16

В данном случае в проекте присутствует только одно предупреждение о добавлении цепи. Это не мешает вывести **Net List** на плату, то есть получить изображение схемы соединения корпусов электро-радиоэлементов (ЭРЭ) в соответствии с электрической схемой. Окончательный вариант схемы представлен на рис. 17.

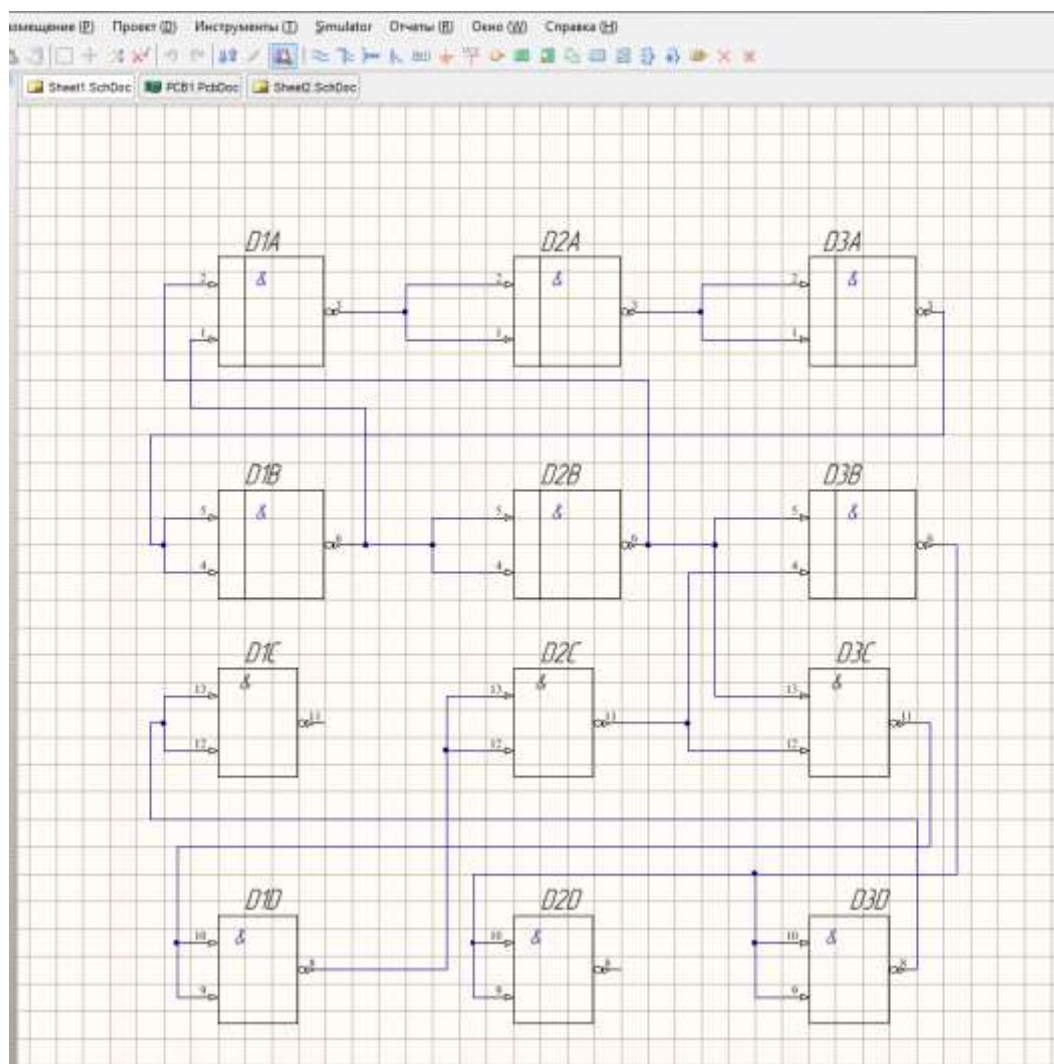


Рис. 17

## 2. Ход работы

1. Выбрать устройство, для которого будет создана принципиальная схема.
2. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить САПР Altium Designer.
3. Открыть редактор схем Schematic.
4. Настроить начальные установки.
5. Установить ЭРЭ электрической схемы.
6. Разместить на схеме шину и расставить метки цепям и шине.
7. Провести электрические цепи между остальными ЭРЭ.
8. Сохранить результат.

## 3. Содержание отчёта

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходная схема проектируемого устройства.
4. Построенная в Altium Designer схема.
5. Ответы на контрольные вопросы.

#### **4. Контрольные вопросы**

1. Каким образом настраивается редактор Schematic?
2. Поясните назначение кнопок на панелях инструментов.
3. Как задается шаг сетки?
4. Как вызываются библиотечные элементы?
5. Каким образом размещаются на рабочем поле отдельные элементы и разные секции микросхем?
6. Каким образом задается на экране видимая сетка в виде линий или точек?
7. Как производится соединение выводов ЭРЭ электрическими цепями?
8. Как размещается на схеме линия групповых соединений (шина) и как помечается она?
9. Как размещаются на схеме метки цепям, подключенным к линии групповых соединений (шине)?

## Лабораторная работа №17

# СОЗДАНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ НЕСЛОЖНОГО УСТРОЙСТВА

**Цель работы:** изучение методики размещения конструктивных элементов РЭС на печатных платах средствами графического редактора САПР Altium Designer PCB; приобретение навыков работы с ним при решении задачи размещения.

## 1. Процесс проектирование печатной платы

## 1.1. Основные настройки редактора

Выполнить основные настройки. Для этого открыть файл **Плата печатная.PCB.doc**. В рабочем поле графического редактора щелкнуть ПК. Откроется выпадающее меню, в котором выполнить команды **Опции / Свойства платы** (рис. 1).

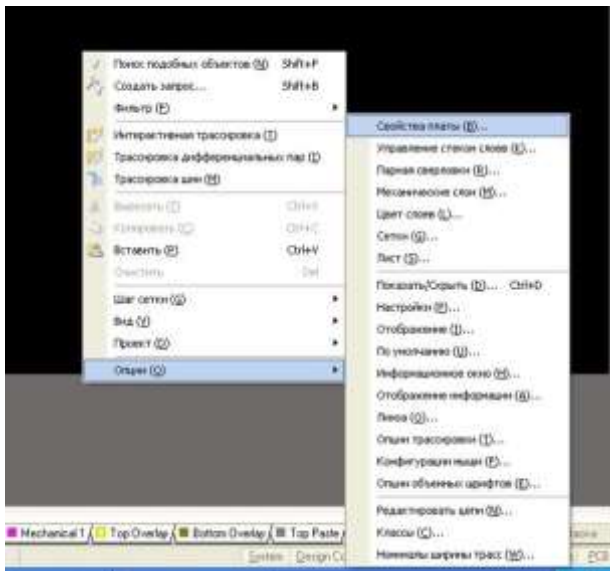


Рис.1

Откроется одноименное окно, в котором в поле **Единицы измерения** выбрать метрическую систему измерения **Metric**, шаг сетки 0,625 по Oх и Oу, в поле **Сетка компонента** также 0,625, **Электрическая сетка** - 0,625, установить все галочки, в поле **Видимая сетка** выбрать вид **Lines** (или Dots), шаг первая 1, а вторая 10 шагов сетки (рис. 2), нажать **Ок**.

После этого задать структуру платы.

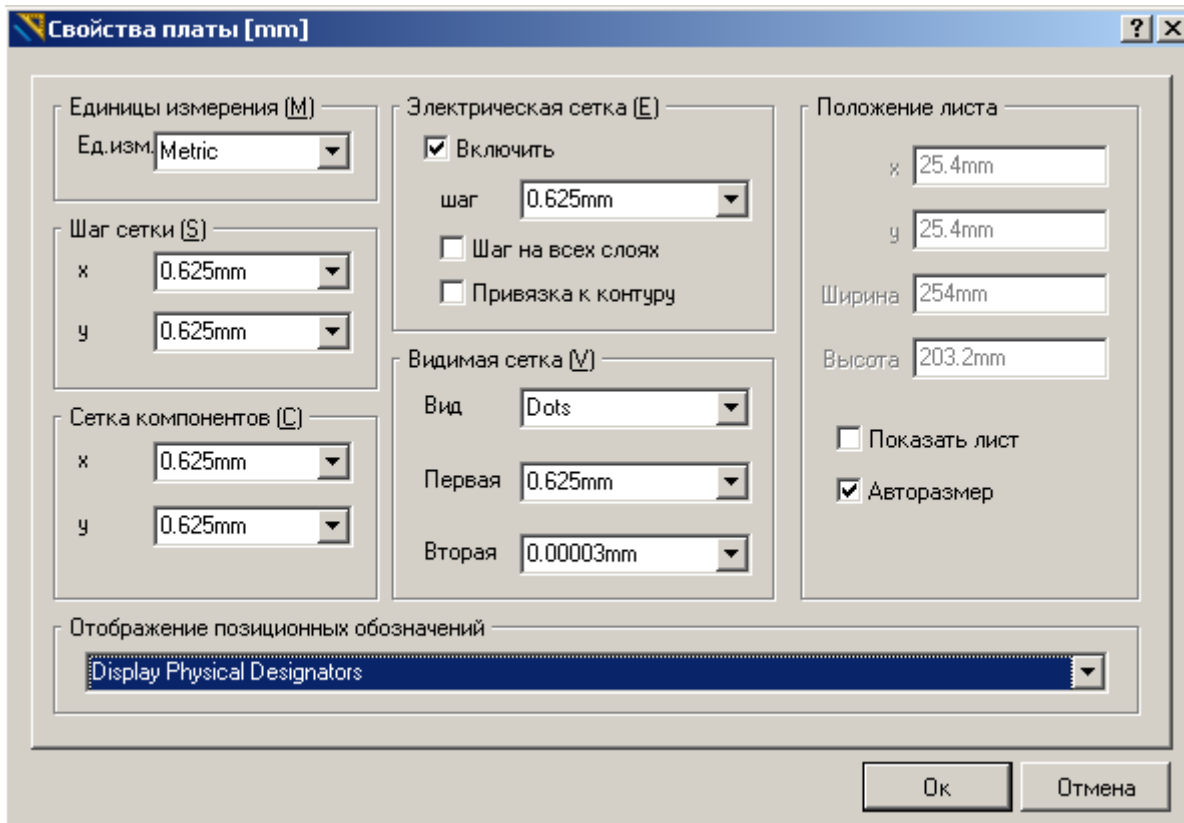


Рис. 2

Для этого щелкнуть правой клавишей манипулятора (ПК) на рабочем поле и выполнить команды **Опции / Управление стеком слоев** (структурой печатной платы). Откроется одноименное окно с рисунком печатной платы (рис. 3).

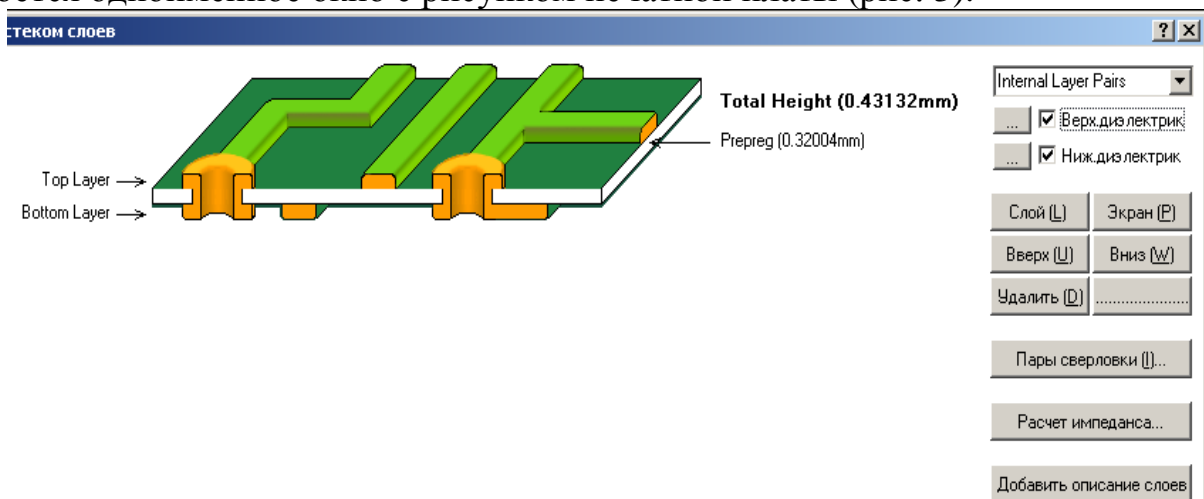


Рис. 3

Выполнить основные настройки характеристик печатной платы. Для этого в верхнем окне выбрать **Internal Layers Pairs**. Далее установить галочки в окнах **Верх диэлектрик** и **Ниж диэлектрик**. Затем щёлкнуть по кнопке слева от **Верх диэлектрик**, после чего откроется окно **Свойства диэлектрика**. В нём задать тип материала **Solder Resist**, толщину 0,03 мм, коэффициент 3.5 (рис. 4), нажать **Ок**. Аналогично щёлкнуть по кнопке слева от **Ниж диэлектрик** и в открывшемся окне задать те же характеристики. После этого щёлкнуть ЛК по **Top Layer** на рисунке, а затем щёлкнуть по кнопке

ке **Слой**. На рисунке добавится внутренний слой, выделить его двойным щелчком ЛК. Откроется окно **Редактирование слоя**, в котором задать имя +5 В (или +15 В) и металлизация 0,035 мм. Нажать **Ок** (рис.5).

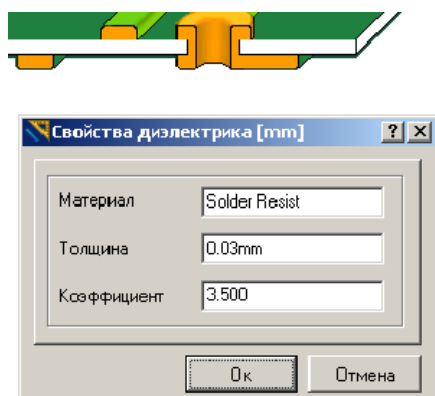


Рис. 4

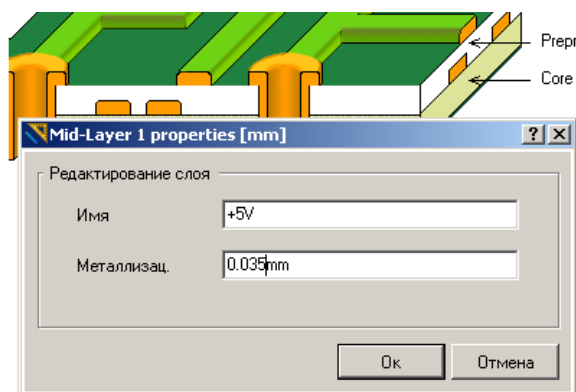


Рис. 5

Затем щелкнуть ЛК по слой +5в, а потом по кнопке **Слой**, появится второй внутренний слой на рисунке печатной платы, по названию которого щёлкнуть дважды ЛК. Откроется окно редактирования этого слоя. Задать имя **GND**, металлизация 0,035 мм, **ОК** (рис. 6).

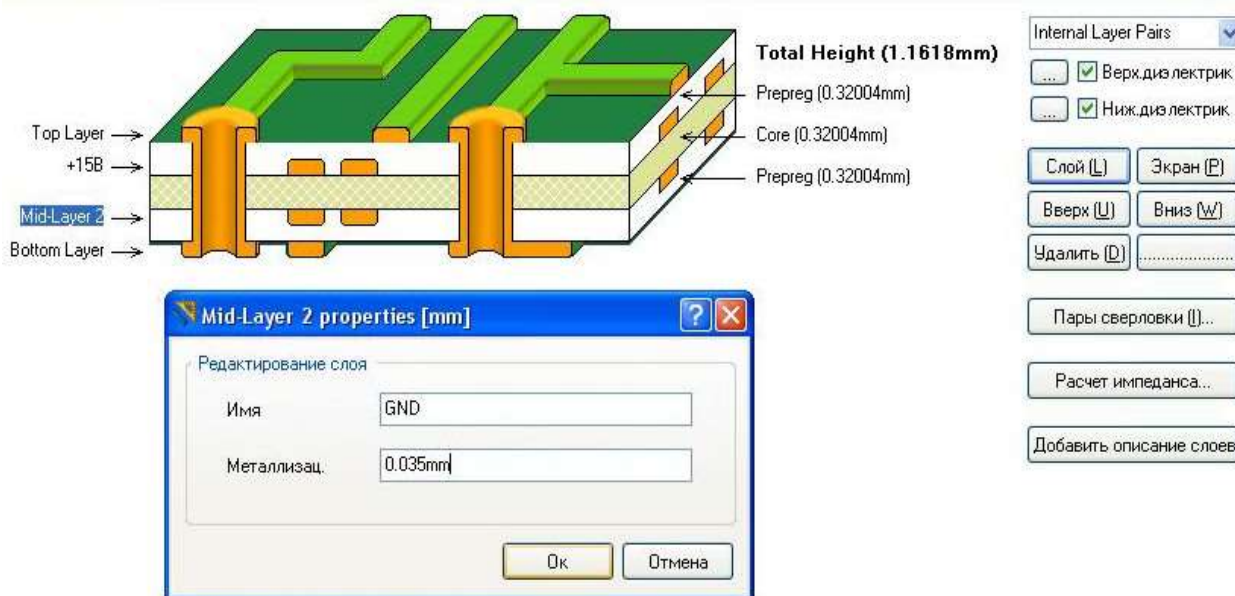


Рис. 6

Ввести характеристики нижнего слоя **Bottom**, для чего дважды щёлкнуть ЛК по его названию на рисунке, откроется окно редактирования слоя и в нём задать толщину слоя 0,035 мм (рис. 7), нажать **ОК**.

Щёлкнуть ЛК дважды по названию **Prepreg** (Prepreg – прокладочная стеклоткань печатной платы). Откроется одноименное окно, в котором задать характеристики материала – его толщину 0.13 и коэффициент диэлектрической проницаемости 4.5 (рис. 8).



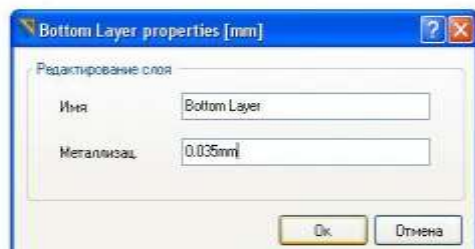
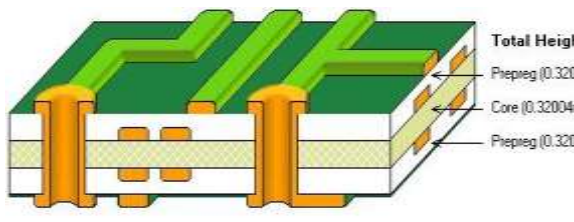


Рис. 7

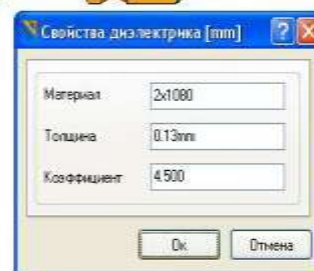
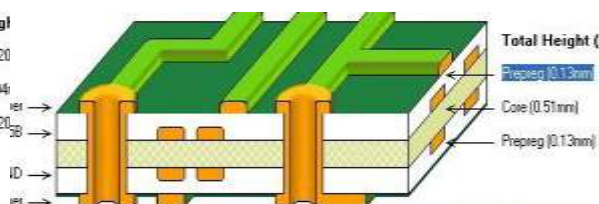


Рис. 8

Дважды ЛК щёлкнуть по названию **Core** (ядро, основа), в котором задать характеристики материала FR-4 (стеклотекстолит), его толщину 0,51 мм и коэффициент диэлектрической проницаемости 4.5 (рис. 9). Нижний **Prepreg** настроить аналогично верхнему. Получили плату толщиной 0,97 мм (рис. 10).

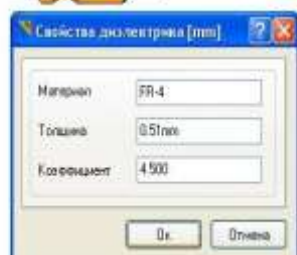
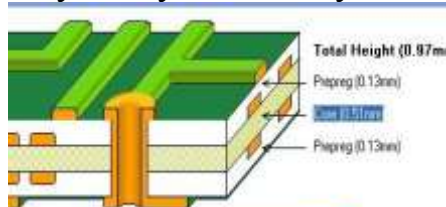


Рис. 9

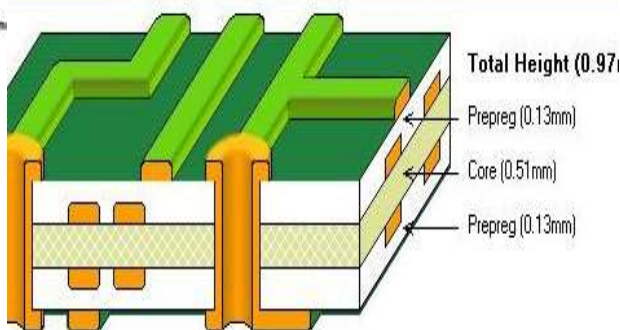
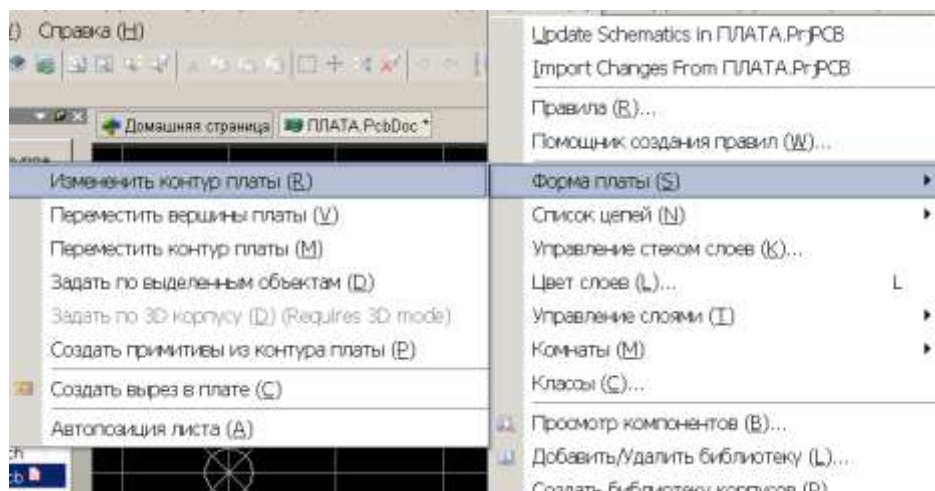


Рис. 10

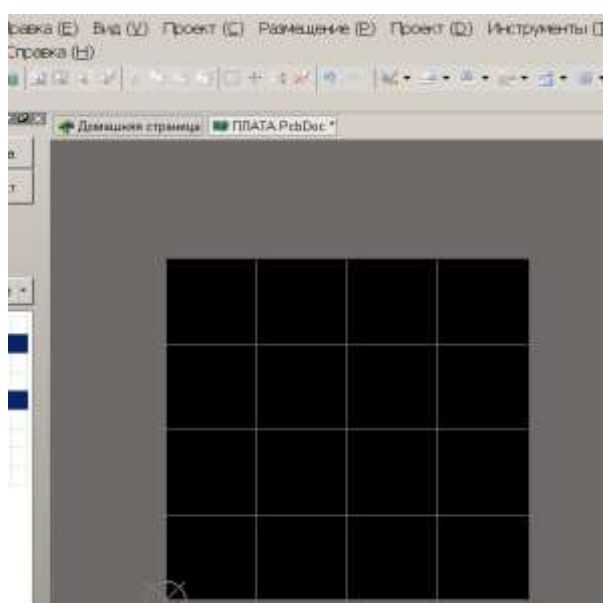
## 1.2 Размещение электро-радиоэлементов на печатной плате

Сформировать контур платы. Задать шаг сетки 1 мм, для чего, нажав клавишу **G**, в выпавшем окне выбрать 1 мм. Затем задать начало координат, выполнив команды **Правка / Начало координат / Установка**. Нажать ЛК. Перевести курсор в любую точку и выполнить команды **Проект (C) (или Проект (D)) / Форма платы / Изменить контур платы** (рис. 11, а). Нажать ЛК. Сформировать плату размерами 40x40 мм. Для этого, нажав ЛК в выбранной точке (0,0), задать тем самым первую точку контура печатной платы (ПП). Затем перевести курсор в точку (40;0), либо, нажав клавишу **J**, выбрать ЛК в выпавшем меню **Новое расположение**. Откроется окно **Jump To Location**, в котором задать координаты второй точки. Нажать **Ок**. Далее задать координаты третьей точки, вновь нажав **J** и в выпавшем окне записать (40;40). Нажать **Ок**, далее (0;40) и снова **Ок** и нажать ПК. В результате получен контур ПП размерами 40x40 мм (рис. 11, б). Сохранить полученный результат. Для этого выполнить – **Файл / Сохранить все**.





а)



б)

Рис.11

Выполнить импорт разработанной электрической схемы в редактор РСВ. Для этого выполнить команды **Проект / Import Changes From Печатная плата. PrjPcb**. После этого открывается окно **Перечень изменений**. В нем нажать кнопку **Проверить**, а затем **Выполнить**. Если нет ошибок, то в разделе **Статус** в колонках **Проверка** и **Применить** появляются зелёные галочки (рис. 12). Нажать кнопку **Заккрыть**. Это свидетельствует о том, что редактором РСВ схема электрическая принципиальная преобразована в схему соединения корпусов ЭРЭ. Её рисунок появится справа снизу от контура созданной печатной платы (ПП) (рис. 13).

Перечень изменений						
Описание изменения				Статус		
Включи	Действие	Обновляемый объект	Обновляемый документ	Провер.	При.	Сообщения
Add Components(3)						
✓	Add	D1	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	D2	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	D3	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
Add Nets(14)						
✓	Add	+5V	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	GND	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD1_1	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD1_2	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD1_3	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD1_4	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD1_8	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD1_9	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD1_11	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD1_12	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD2_3	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD2_8	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD2_11	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
✓	Add	NetD2_12	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
Add Component Classes(1)						
✓	Add	СХЕМА	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	
Add Rooms(1)						
✓	Add	Room СХЕМА (Scope=InComponent, To	ПЛАТА.PcbDoc	✓	✓	

Рис. 12

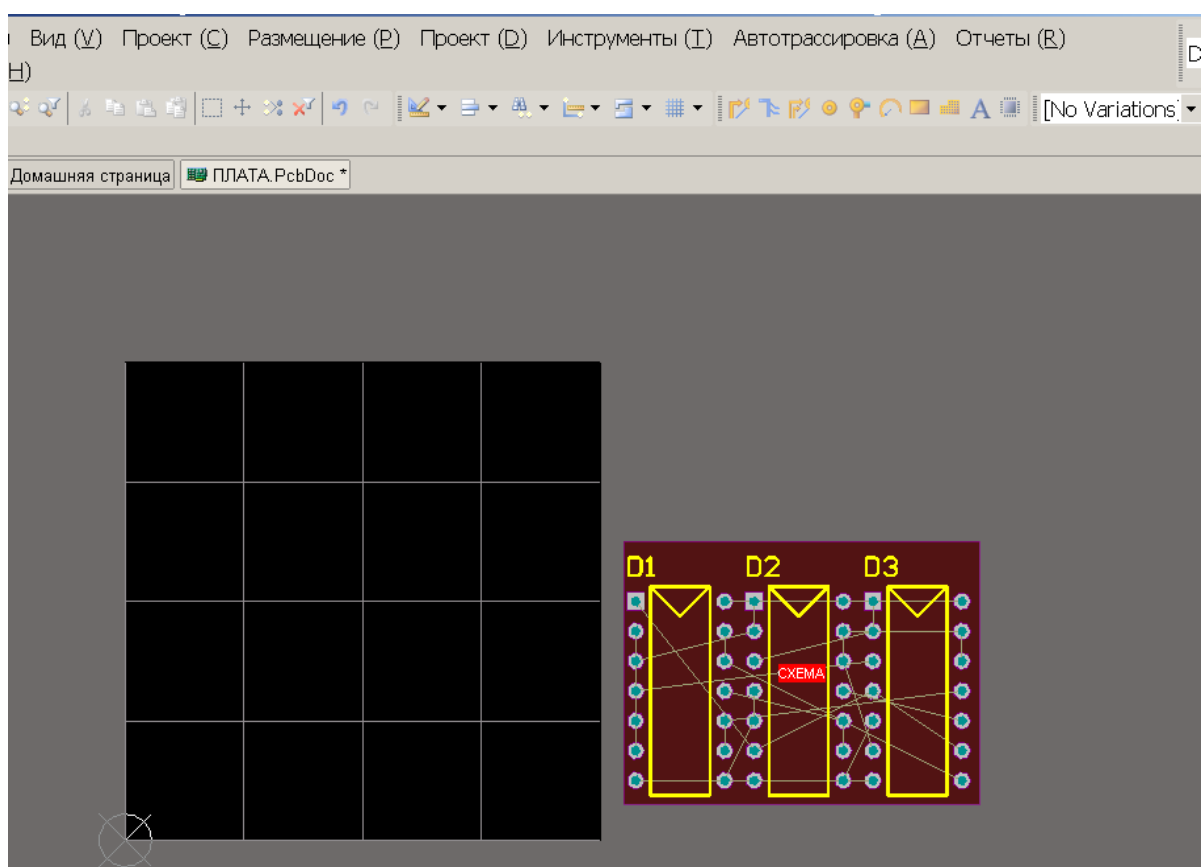


Рис. 13

Теперь выполнить размещение ЭРЭ на контуре ПП. Вначале задать шаг сетки на ПП = 0,625 мм. Связано это с тем, что данный шаг кратен расстоянию между выводами на корпусе интегральных схем (2,5 мм.). Для этого щелкнуть ПК на рабочем поле и в выпавшем меню выполнить команды **Опции / Свойства платы** и нажать ЛК (рис. 14).

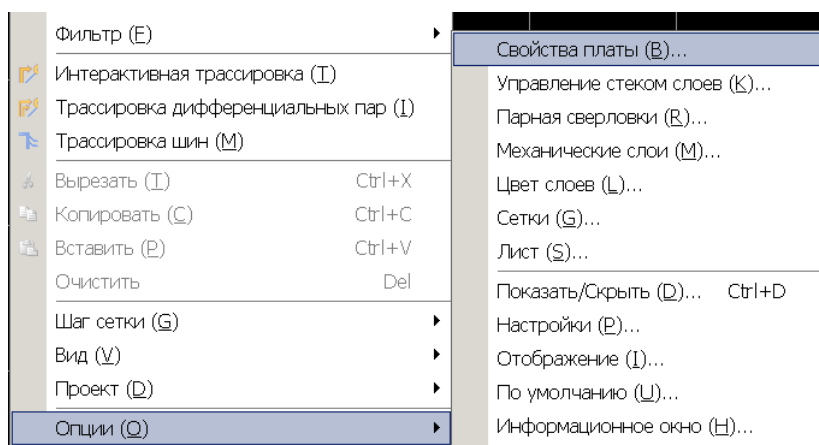


Рис. 14

Откроется окно **Параметры платы**. В нем задать единицы измерения **Metric**, шаг сетки по X и Y 0,625 мм, сетка компонентов 0,625 мм и электрическая сетка 0,625 мм, нажать **ОК** (рис. 15, а).

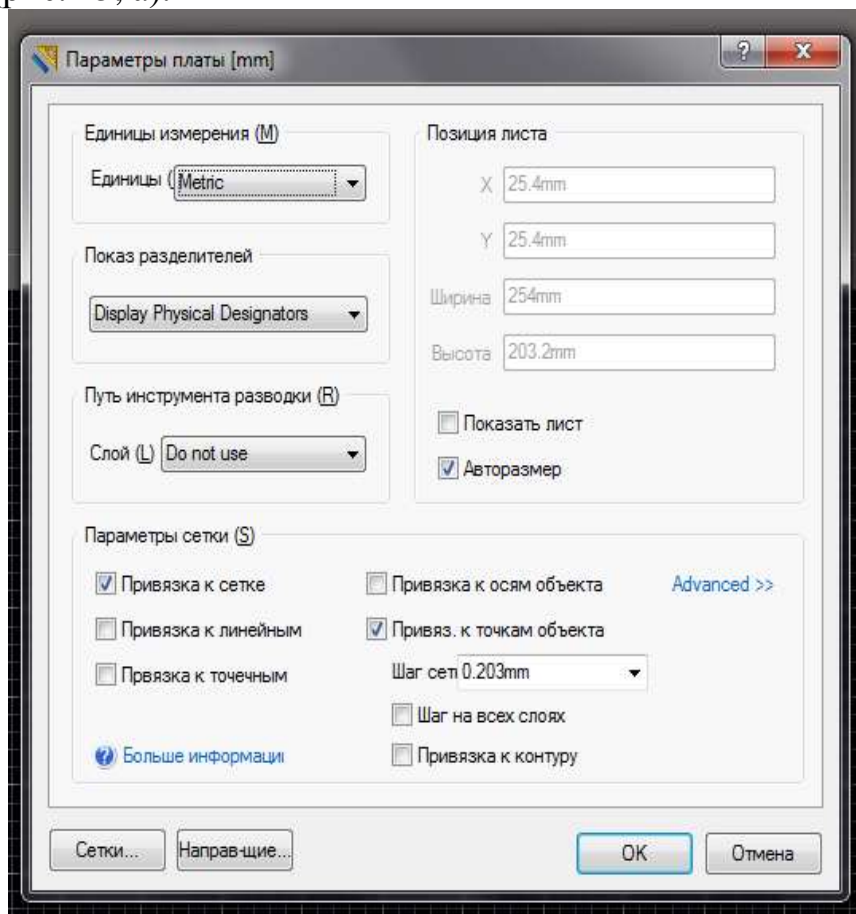


Рис. 15, а

После этого можно расставлять ЭРЭ на ПП. Выделять элементы для размещения необходимо щелчком ЛК по выбранному элементу. Он становится полупрозрачным. Для размещения выбранного элемента в нужное место печатной платы, достаточно навести на него курсор и, при нажатой ЛК, переместить в заданную точку. Вращать элемент можно нажатием на клавишу **Space (пробел)**. Шаг поворота задается в настройках **DXP / Preferences/ PCB Editor**, щелкнуть дважды ЛК и выбрать **General / Шаг поворота-45 градусов** (рис. 15, б).

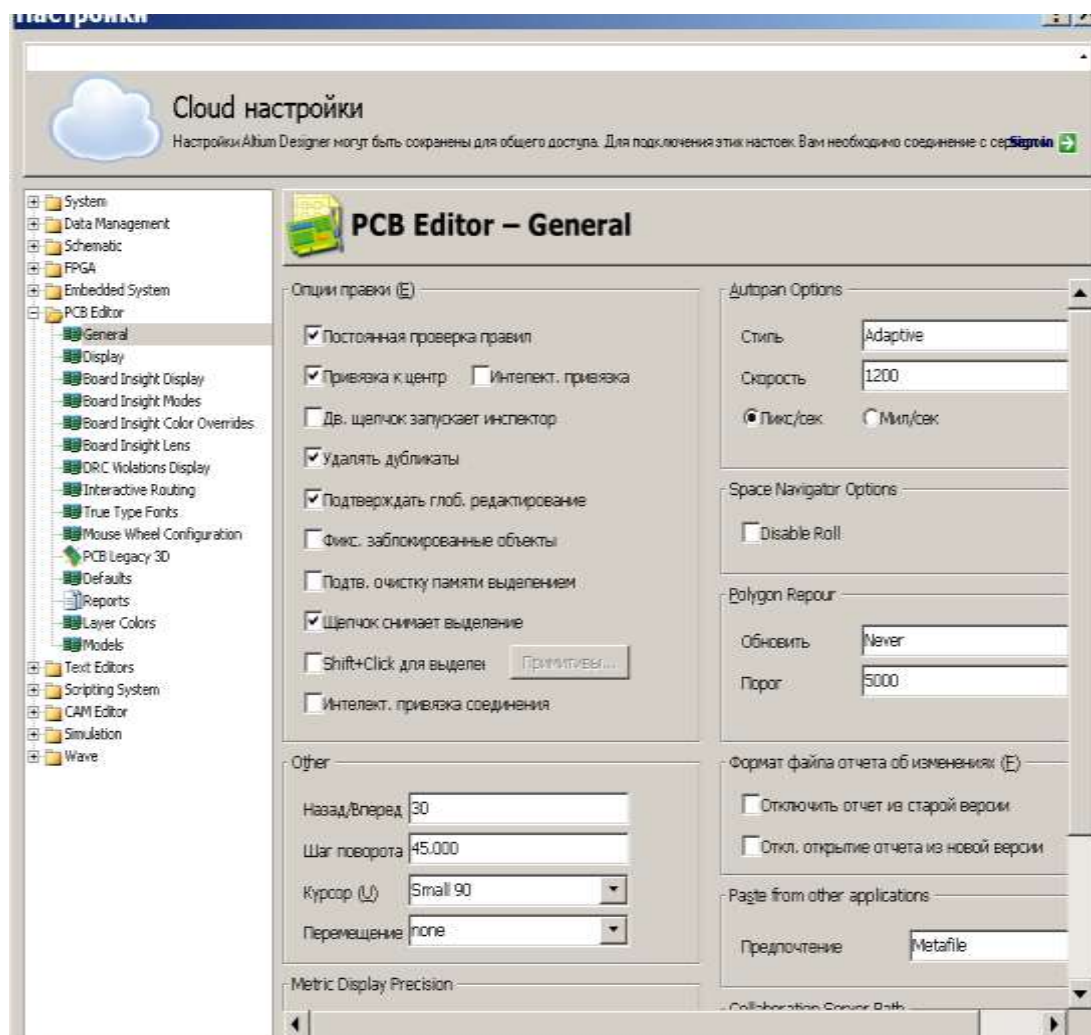


Рис. 15, б

Установить ЭРЭ на плату. В процессе размещения позиционные обозначения **D?** ЭРЭ целесообразно устанавливать в пределах площади элементов. Для этого выбрать слой **Top Overlay**, щелкнув ЛК по позиционному обозначению, например D1, выделить его и переместить в контур микросхемы. Шрифт позиционного обозначения можно менять в процессе размещения, для этого достаточно щелкнуть дважды по **D?**. Вначале откроется окно с характеристиками позиционного обозначения (рис. 16). Затем щелкнуть ЛК по строке текста, например D1, надпись выделится, нажать ПК и выбрать **Свойства**. Откроется окно **Позиционное обозначение** (рис. 17), в котором можно выбрать или задать необходимый шрифт. Для этого в поле **Свойства** выбрать **True Type**, а затем в поле **Параметры True Type шрифта** в окне **Шрифт** выбрать соответствующий шрифт.

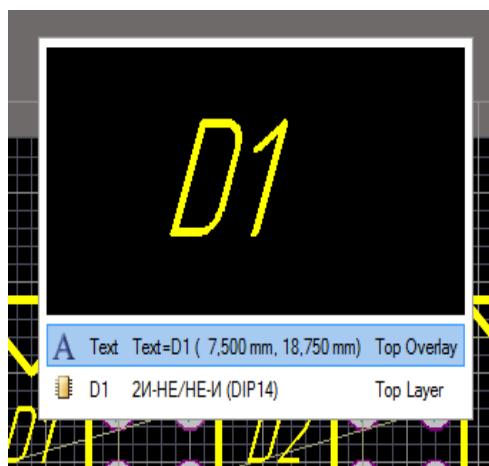


Рис. 16

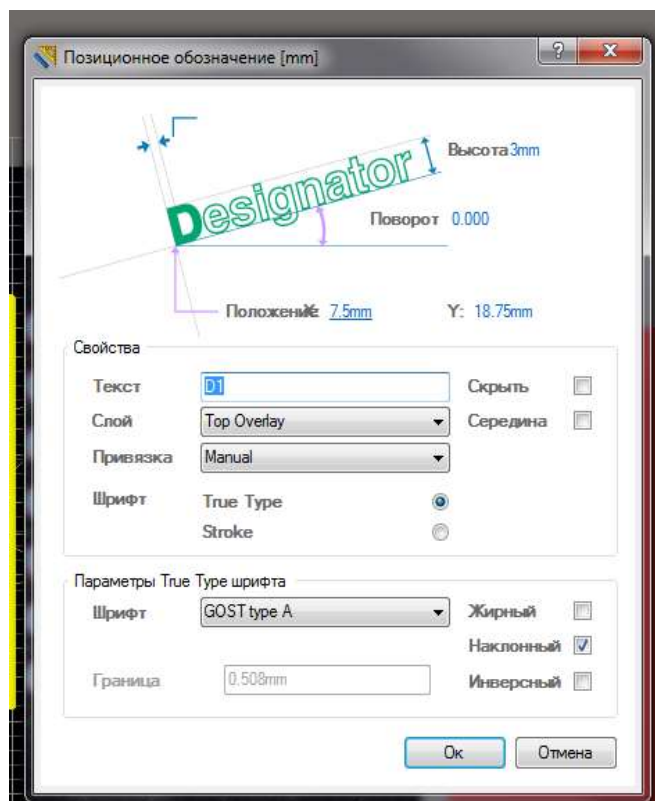
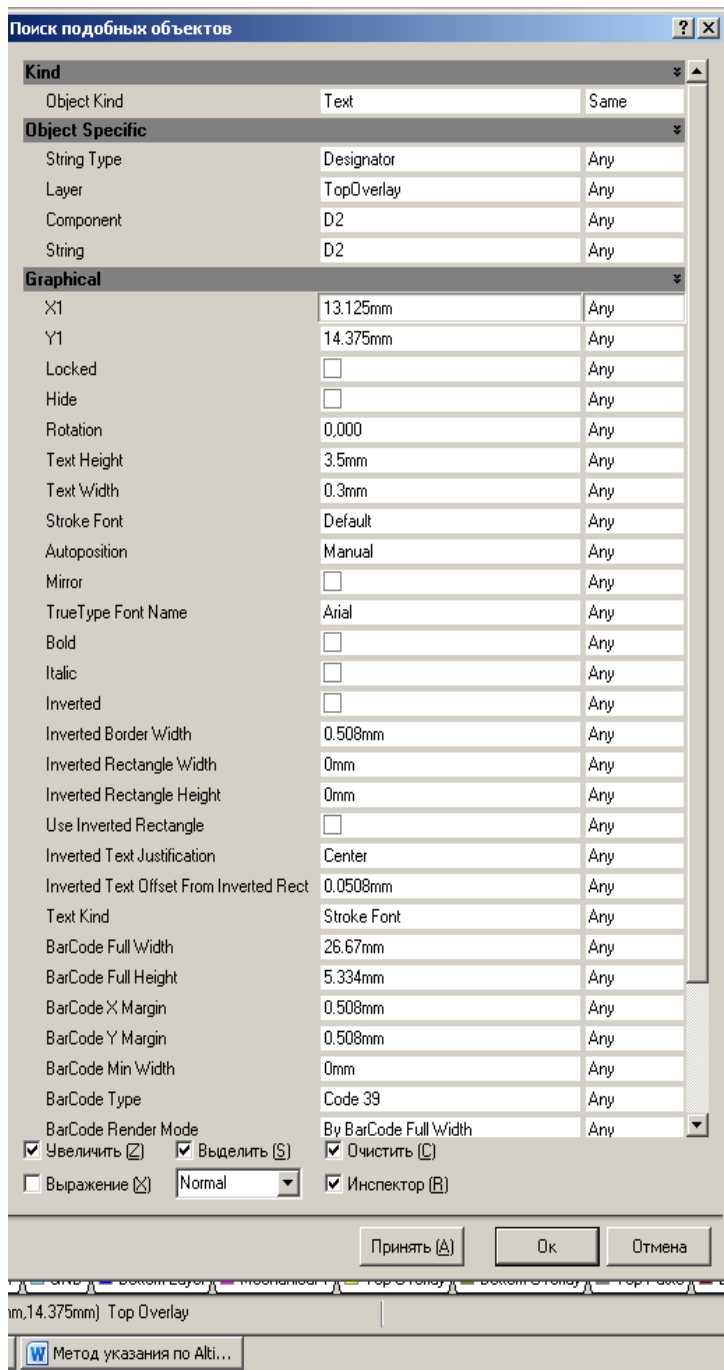


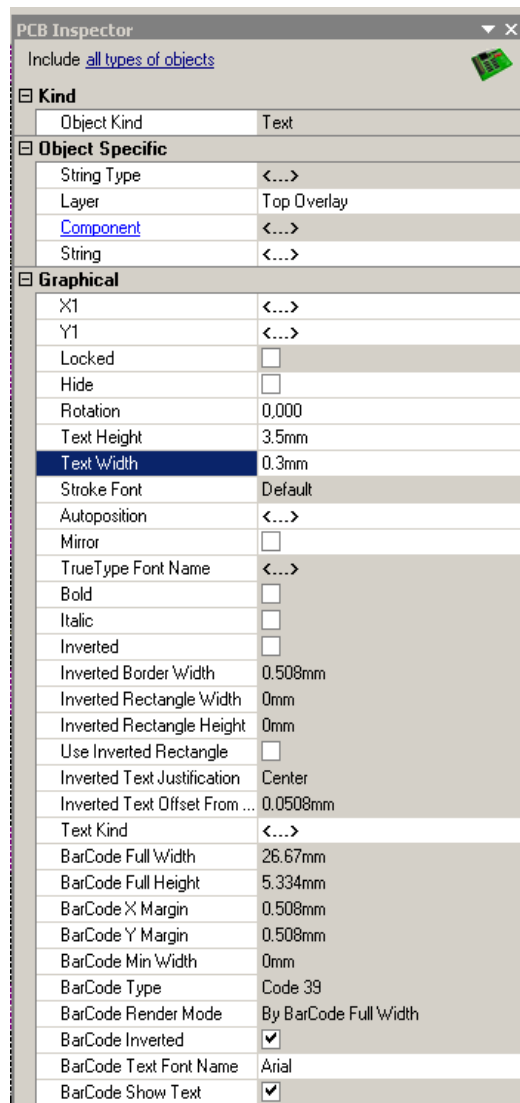
Рис. 17

Для того чтобы все позиционные обозначения привести к одному типу шрифта, выделить любое позиционное обозначение ЛК, затем щелкнуть ПК и в выпавшем контекстном меню выбрать Поиск подобных объектов. Нажать ЛК. Появится одноименное окно, в котором высветятся все свойства, характерные для данного позиционного обозначения (рис.18,а).

Поскольку позиционные обозначения имеют все элементы на плате, в поиске по умолчанию примут участие все указанные элементы. Нажать кнопку **Принять**. Появится окно **PCB Inspector** (рис. 18, б) в котором задать высоту шрифта 3,5 мм, ширину 0,3 мм, тип шрифта Gost Type A и тип шрифта True Type Font. Нажать **Enter (Ввод)**.



а)



б)

Рис. 18

В результате получили размещение ЭРЭ на печатной плате, выводы которых соединены линиями в соответствии с заданной электрической схемой (рис. 19).



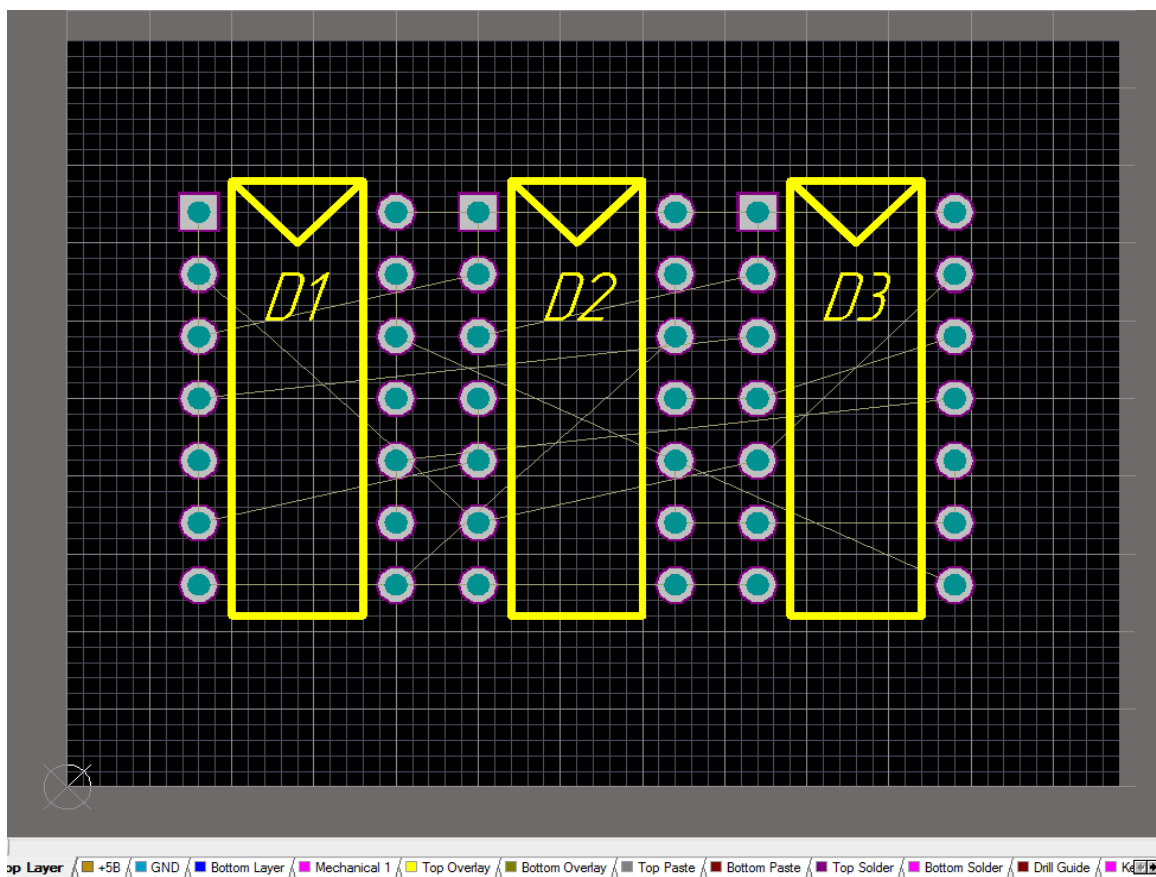


Рис. 19

Задать размеры платы, соответствующие стандартному ряду плат. Для этого переключиться на слой **Mechanical 1**, выполнить команды **Размещение / Размер / Линейный**, нажать клавишу **TAB**, откроется окно **Линейные размеры**, в котором задать Ориентацию **Automatic**, Единицы изм. **Millimeters**, параметры размерной стрелки, например, все по 0.2 мм, а высоту размера цифр 2.5 мм. Угол при размещении размера вдоль оси ОХ задать = 0, а вдоль оси ОУ = 90 (рис. 20).

Для размещения размера щелкнуть ЛК возле первой точки размещения размера (в 1-й угол ПП), затем переместит курсор во вторую точку указания размера (2-й угол ПП) и щелкнуть ЛК. Далее сместить курсор в сторону рабочего поля, чтобы отодвинуть размер от ПП, щелкнуть ЛК, затем ПК. Чтобы снять выделение со стрелки, щелкнуть ЛК в рабочем поле.

На экране другим цветом выделится размер, задаваемый перемещением курсора. Задать по ширине и длине, например, по 30 мм, тогда плата получится размером 30x20 мм (рис. 21).

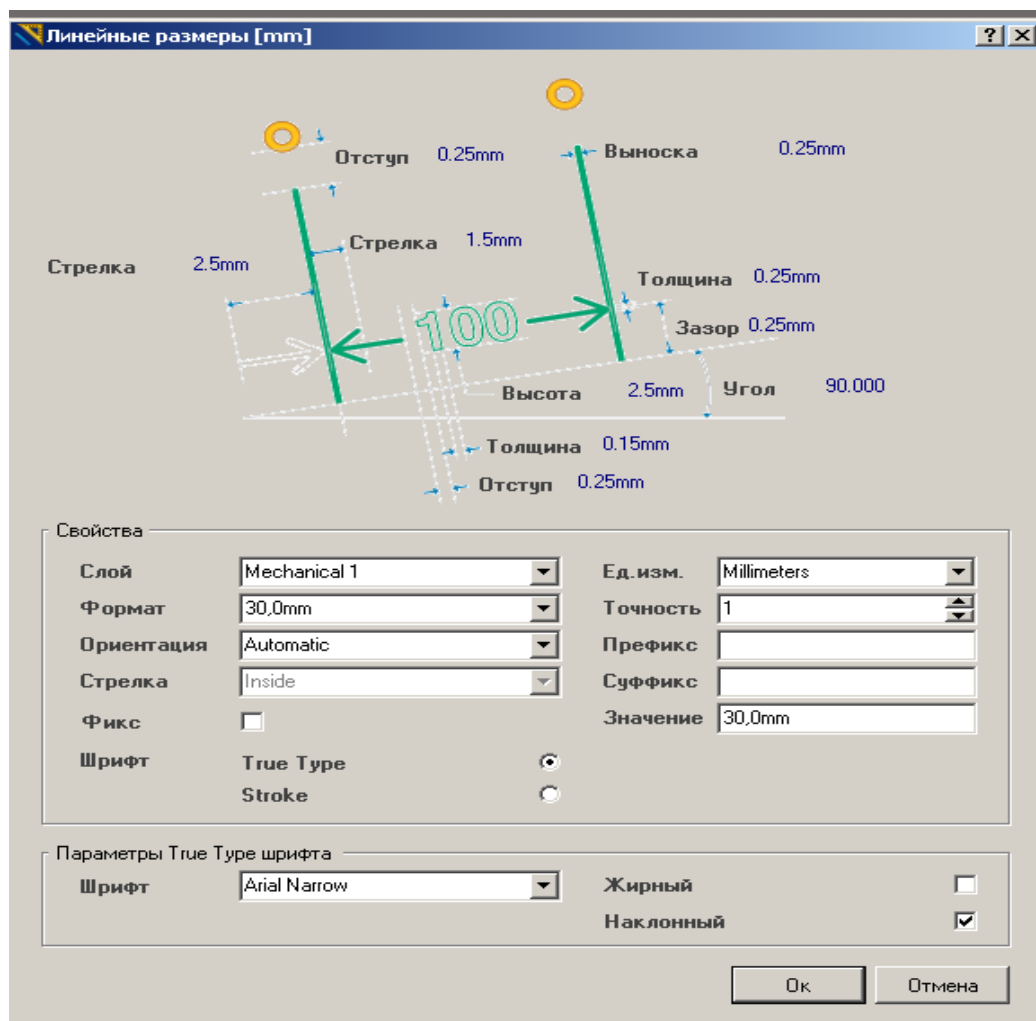


Рис. 20

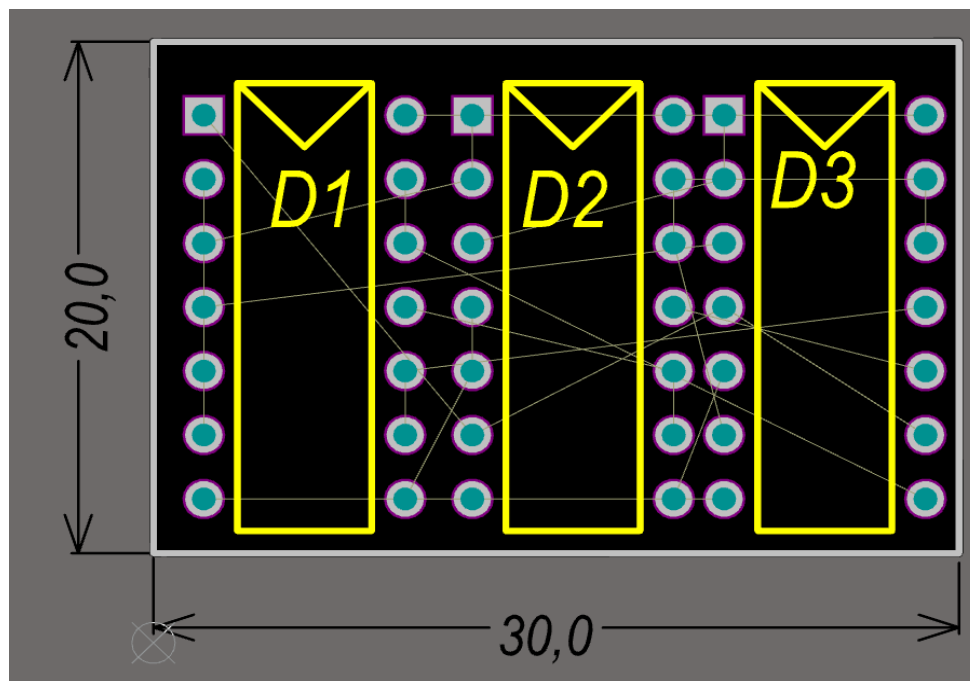


Рис. 21



## **2. Ход работы**

1. Через кнопку Пуск в меню Программы загрузить редактор РСВ САПР Altium Designer
2. Настроить начальные установки редактора.
3. Задать характеристики печатной платы.
4. Выполнить импорт разработанной электрической схемы в редактор **РСВ**.
5. Ввести контур платы (предварительно рассчитав коэффициент заполнения).
6. Выполнить размещение элементов.
7. Сохранить результаты.

## **3. Содержание отчёта**

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходная схема проектируемого устройства.
4. Распечатки или эскизы размещения элементов на печатной плате.
5. Ответы на контрольные вопросы.

## **4. Контрольные вопросы**

1. Поясните порядок настройки конфигурации редактора.
2. Как установить метрическую систему измерения?
3. Какими командами задается структура печатной платы?
4. Как задать свойства диэлектрика печатной платы?
5. Каким образом задаются дополнительные внутренние слои печатной платы?
6. Как формируется контур печатной платы?
7. Как выполняется импорт разработанной электрической схемы в редактор РСВ?
8. Каким образом выбираются и размещаются ЭРЭ на печатную плату?