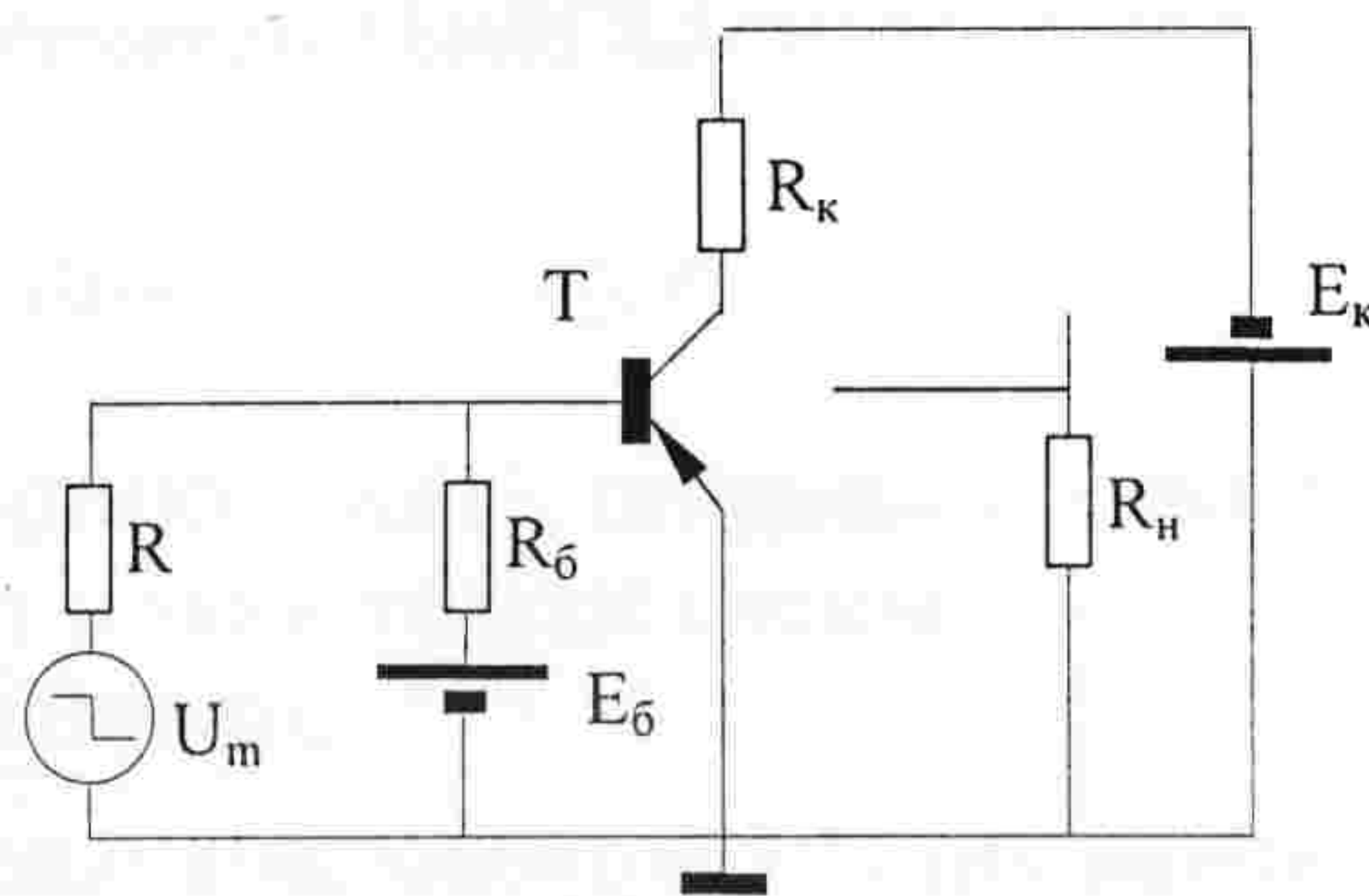


# Методические указания к семинару

## Исследование работы транзисторного ключа.



Ключевая схема на биполярном транзисторе.

- В исходном состоянии в отсутствие входного импульсного напряжения  $U_m$  транзистор находится в режиме отсечки, так как на базу подано отрицательное напряжение от источника  $E_б = 2\text{В}$ .

- На базу подаем положительный импульс напряжения от источника  $U_m$ , транзистор открывается. Прямоугольный импульс имеет амплитуду  $U_{вх} = 10\text{В}$  и длительность  $t_{имп} = 1,5\text{ мкс}$ .

- Выберем транзистор 2N3904, предельное напряжение между коллектором и базой которого  $U_{КБ.мах} = 25\text{ В}$  и максимальный ток коллектора  $I_{К.мах} = 100\text{ мА}$ . Учитывая, что максимальное напряжение  $U_{КЭ.мах}$  несколько меньше  $U_{КБ.мах}$  ( $U_{КЭ.мах} \cong 0,8 * U_{КБ.мах}$ ), то выберем напряжение питания выходной цепи  $E_к = 10\text{ В}$ , ток насыщения транзистора  $I_{К.нас} = I_{К.мах} / 2$ .

- Степень насыщения транзистора  $S = 1$ .

Работа транзистора в режиме насыщения характеризуется степенью насыщения  $S$ , под которой понимают отношение прямого тока базы  $I_{Б.пр}$  к току насыщения базы  $I_{Б.нас}$

$$S = I_{Б.пр} / I_{Б.нас}$$

### 1. Рассчитать сопротивление в цепи коллектора $R_к$ .

- Если принять, что в режиме насыщения  $U_{КЭ.нас} = 0$ , то коллекторный ток насыщения транзистора  $I_{К.нас}$  определяется только параметрами выходной цепи схемы и не зависит от свойств транзистора:

$$I_{К.нас} = E_к / R_к$$

- При работе транзистора на границе активного режима и режима насыщения сохраняется связь между токами коллектора  $I_к$  и базы  $I_б$  через коэффициент усиления по току  $\beta$ .

$$I_к \cong \beta * I_б,$$

$I_{Б.нас}$  транзистора определяется не только параметрами элементов схемы, но и коэффициентом усиления тока  $\beta$  транзистора

$$I_{Б.нас} = I_{К.нас} / \beta = E_к / (\beta * R_к).$$

- Ток коллектора в режиме насыщения  $I_{К.нас} = I_{К.мах} / 2$  определяет величину коллекторного сопротивления:

$$R_к = E_к / I_{К.нас}$$

### 2. Рассчитать сопротивление в цепи входного сигнала $R$ .

- Прямой ток базы  $I_{Б.пр}$  в режиме насыщения, и он равен

$$I_{Б.пр} = U_m / R - E_б / R_б.$$

Если потребовать в схеме, чтобы прямой ток  $I_{Б.пр}$  определялся бы в основном амплитудой  $U_m$  импульсного генератора напряжения  $U_m$ , то для этого необходимо, чтобы  $(U_m / R) \gg (E_б / R_б)$ . В этом случае прямой ток базы равен

$$I_{Б.пр} \cong U_m / R,$$

Из условия заданной степени насыщения  $S$  транзистора при заданной амплитуде  $U_m$  входного импульсного напряжения определяется сопротивление  $R$ :

$$R = (\beta / S) * (U_m / I_{К.нас}) * R_к.$$

### 3. Рассчитать сопротивление в цепи источника смещения в цепи базы $R_б$ .

Сопротивление  $R_б$  входной цепи выбирается из требования независимости прямого тока базы от напряжения запирающего источника  $E_б$ , что выполняется при условии:

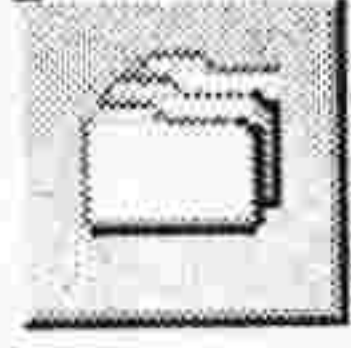
$$R_б \gg (E_б / U_m^{зад}) * R.$$

Ввести схему транзисторного ключа с заданными и рассчитанными параметрами.

- Открыть программу ADS. Для этого:

Нажать пуск, Все программы, Advanced Design System

С загрузкой программы открывается окно Advanced Design System (окно проектов)




- Нажать  создание нового проекта

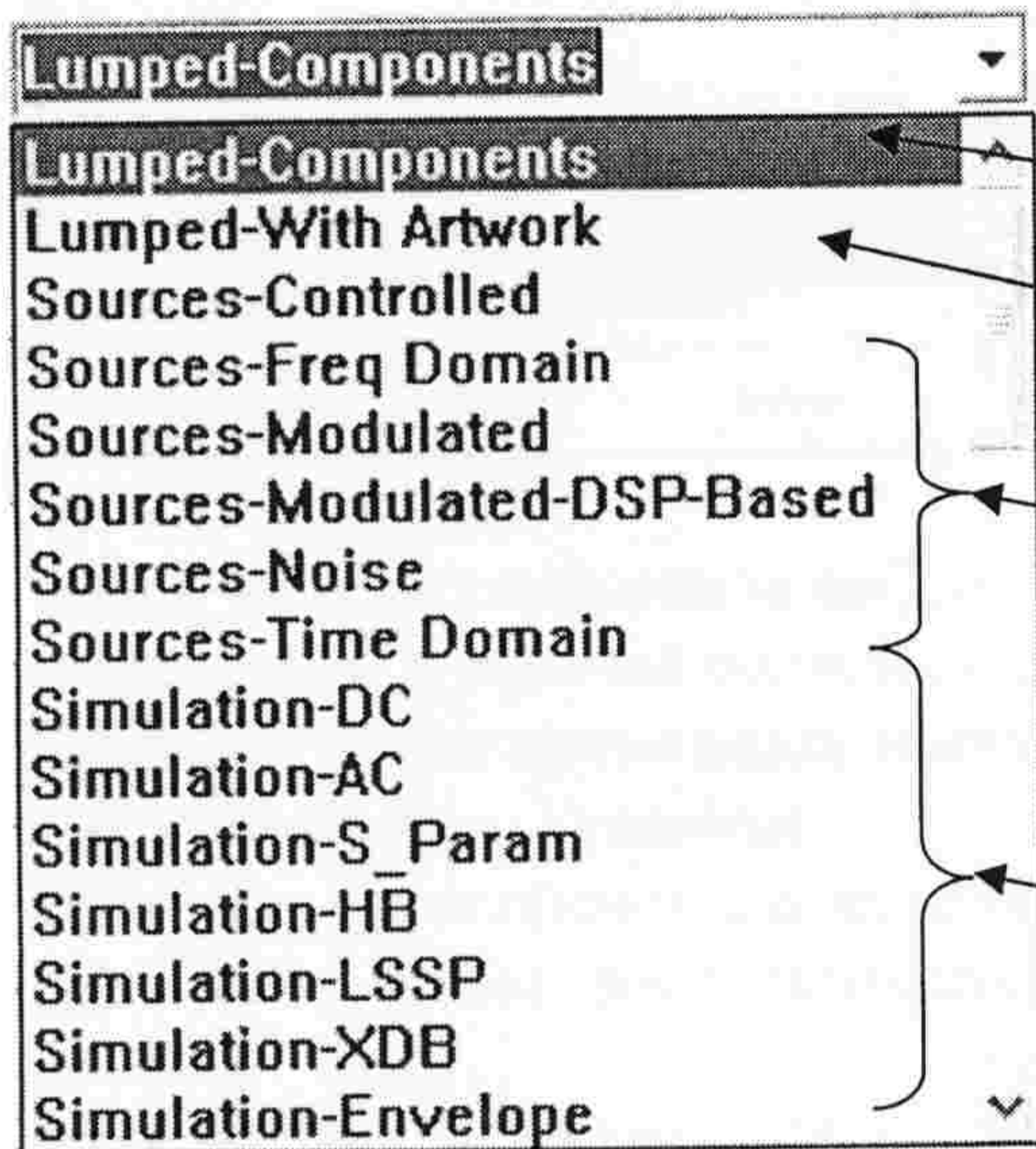
- Назвать проект

- После того, как проект создан, открывается окно Schematic.

В окне Schematic создают и моделируют схемы.

- Создать схему по заданию.

Открыть выпадающее меню компонентов можно, нажав на стрелку  откроется список схмотехнических компонентов:



компоненты с сосредоточенными параметрами

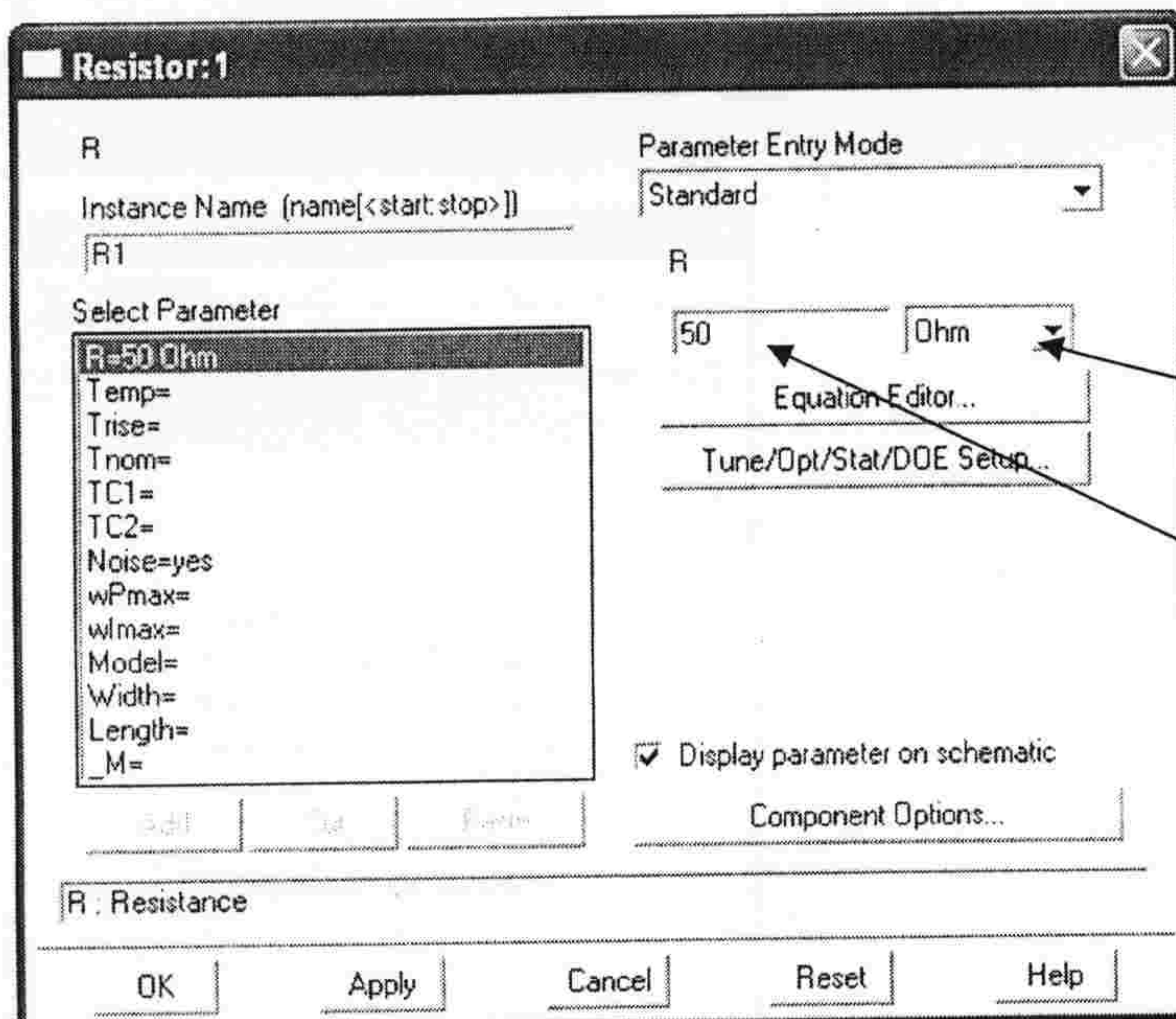
компоненты с сосредоточенными параметрами (для печатных плат)

источники питания

моделирование

Ввести *резистор* можно, открыв выпадающее меню компонентов и выбрав **Lumped-Components**. Далее нужно только выбрать значок резистора и, нажав правой кнопкой мыши, перенести его в рабочую область.

Окно параметров резистора имеет вид:




размерность


Величина сопротивления

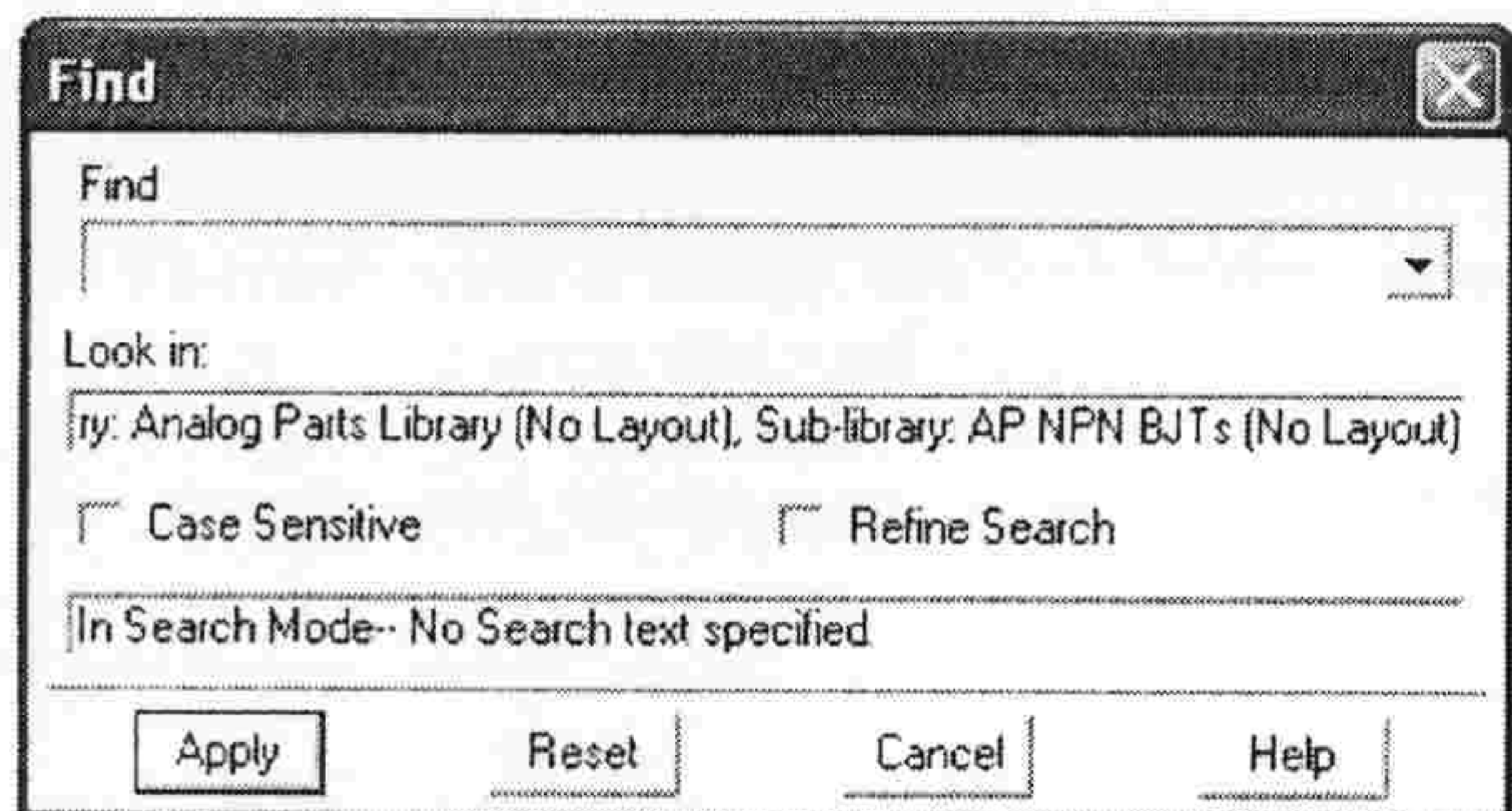
- Для внесения заданного транзистора открыть библиотеку.

Библиотека элементов открывается нажатием на кнопку **Display Component Library**

**List** , которая находится на панели инструментов

Чтобы быстро находить модели компонентов нужно нажать на кнопку **Find Component(s)**


, появится окно. В окне **Find** внести название транзистора.




Когда модель компонента найдена, нужно выделить ее в окне Components и нажать в нужное место схемы в рабочей области. Появится значок выбранного компонента и его модель.

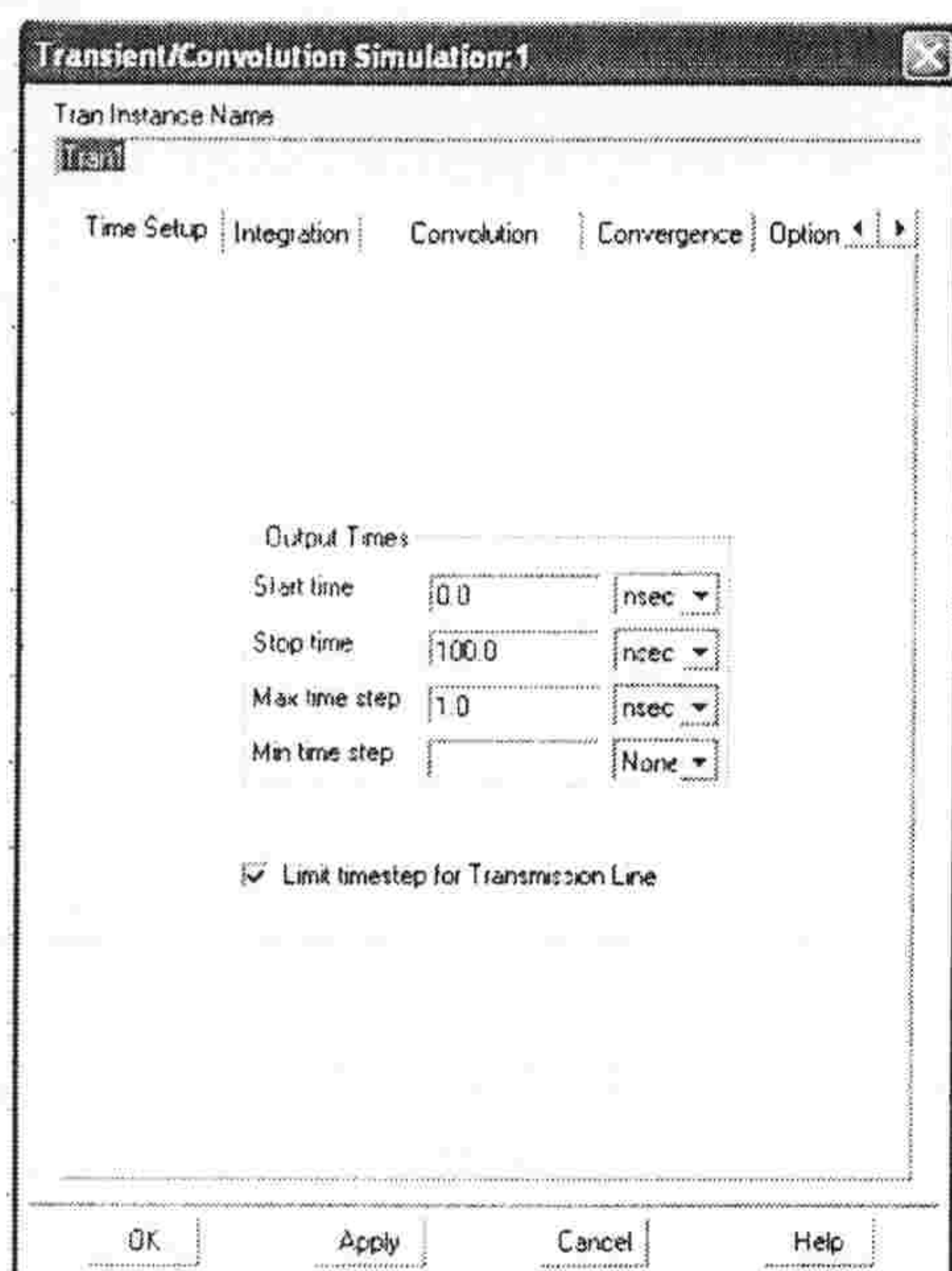
Для получения временных переходных характеристик ключа используют моделирование типа **Simulation-Transient**

Этот метод применяют для моделирования параметров схем во времени.

Для того, чтобы воспользоваться **Transient** анализом нужно открыть выпадающее меню компонентов, нажав на стрелку , откроется список схмотехнических компонентов.


-Выберем **Simulation-Transient**, нажмем на кнопку  **Trans** и перенесем ее в рабочую область, появится окно. В этом окне в закладке **Time Setup** задаются времена начала и конца моделирования, минимальный и максимальный временные шаги. Также нужно задать размерность этих времен.

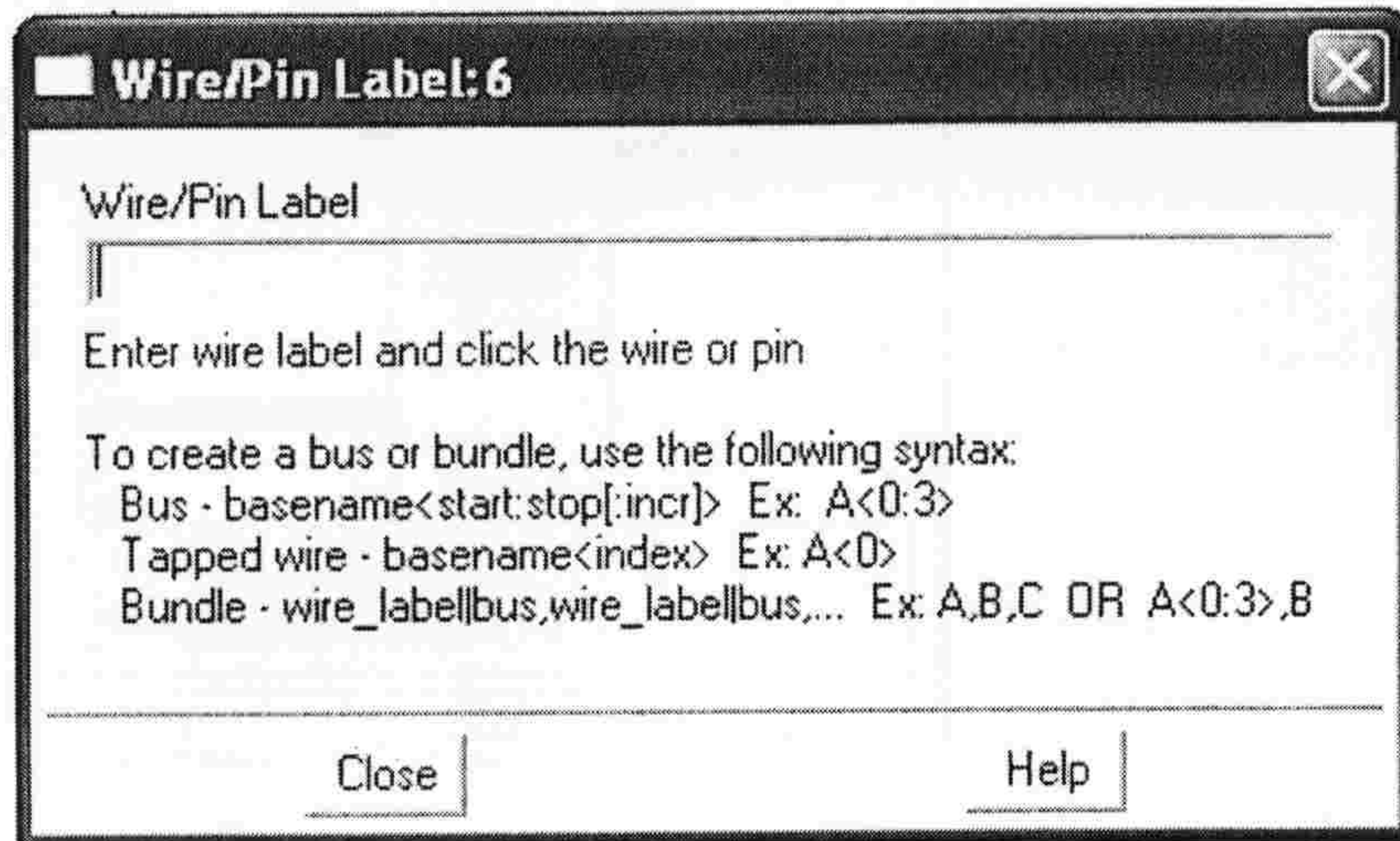
Далее нажмем на кнопки **Apply** и **OK**.




После задания всех параметров можно начинать моделирование.

- Когда метод моделирования выбран и заданы все параметры, можно начинать моделирование. Сначала нужно

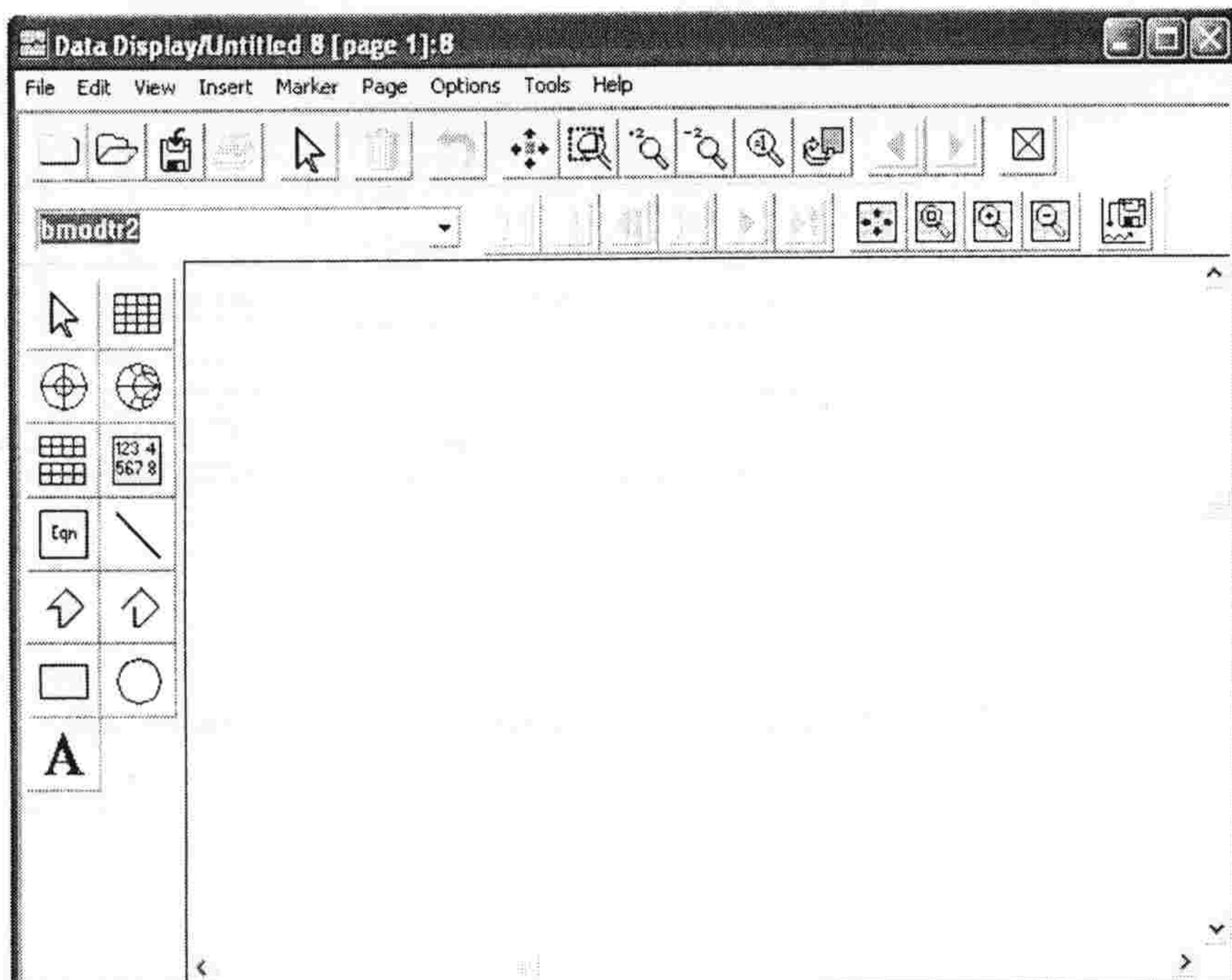
назвать точки в схеме, в которых будем моделировать параметры. Для этого нужно нажать на кнопку  панели инструментов. Появится окно:



В области **Wire/Pin Label** нужно ввести обозначение моделируемого параметра и нажать левую кнопку мыши в месте схемы, где измеряется нужный параметр, который будет моделироваться. После того, как все параметры заданы, определен метод моделирования, начнем моделирование, нажав на кнопку .

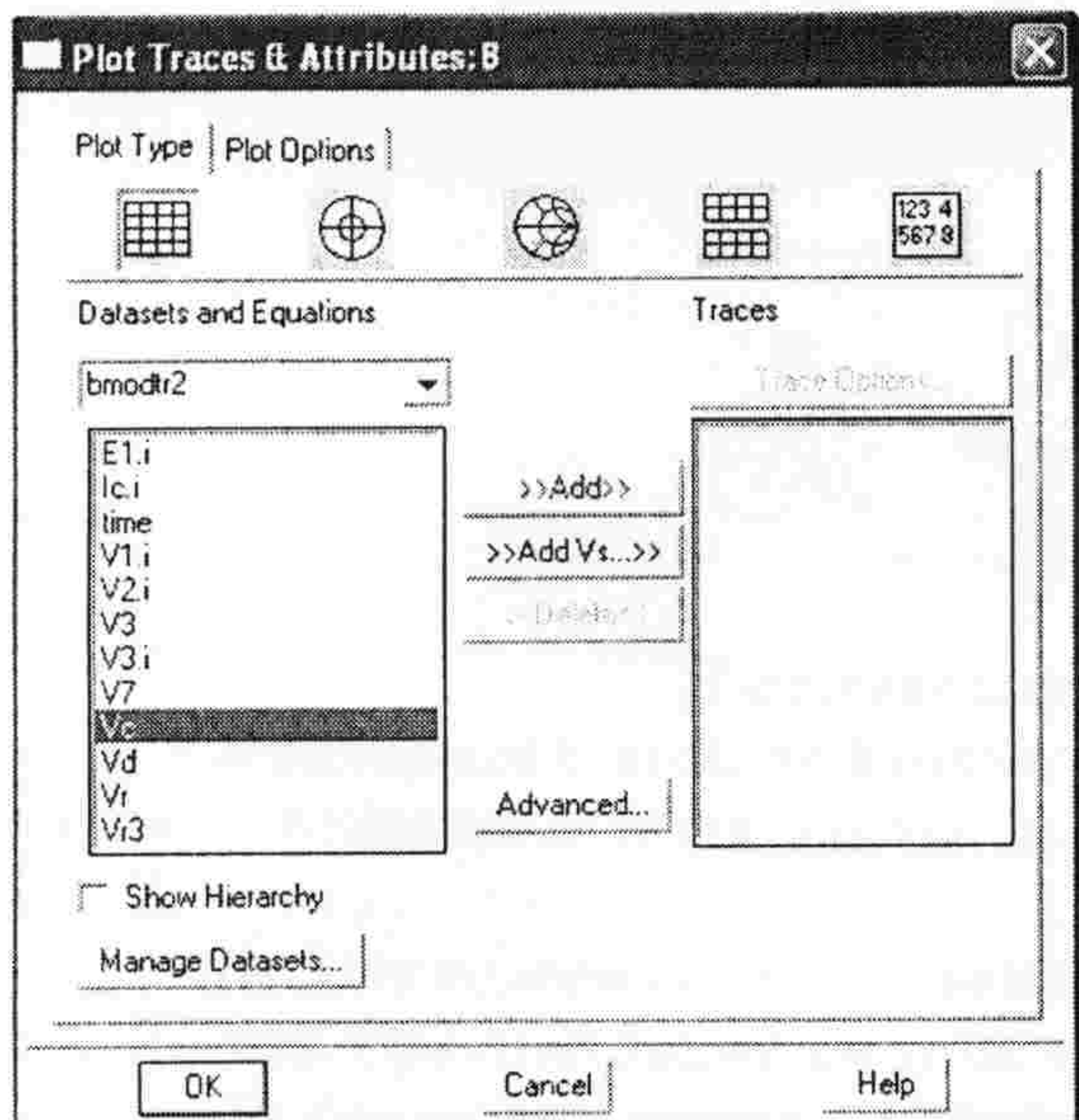
## Построение графиков функциональных зависимостей

Когда моделирование прошло без ошибок открывается окно Data Display:

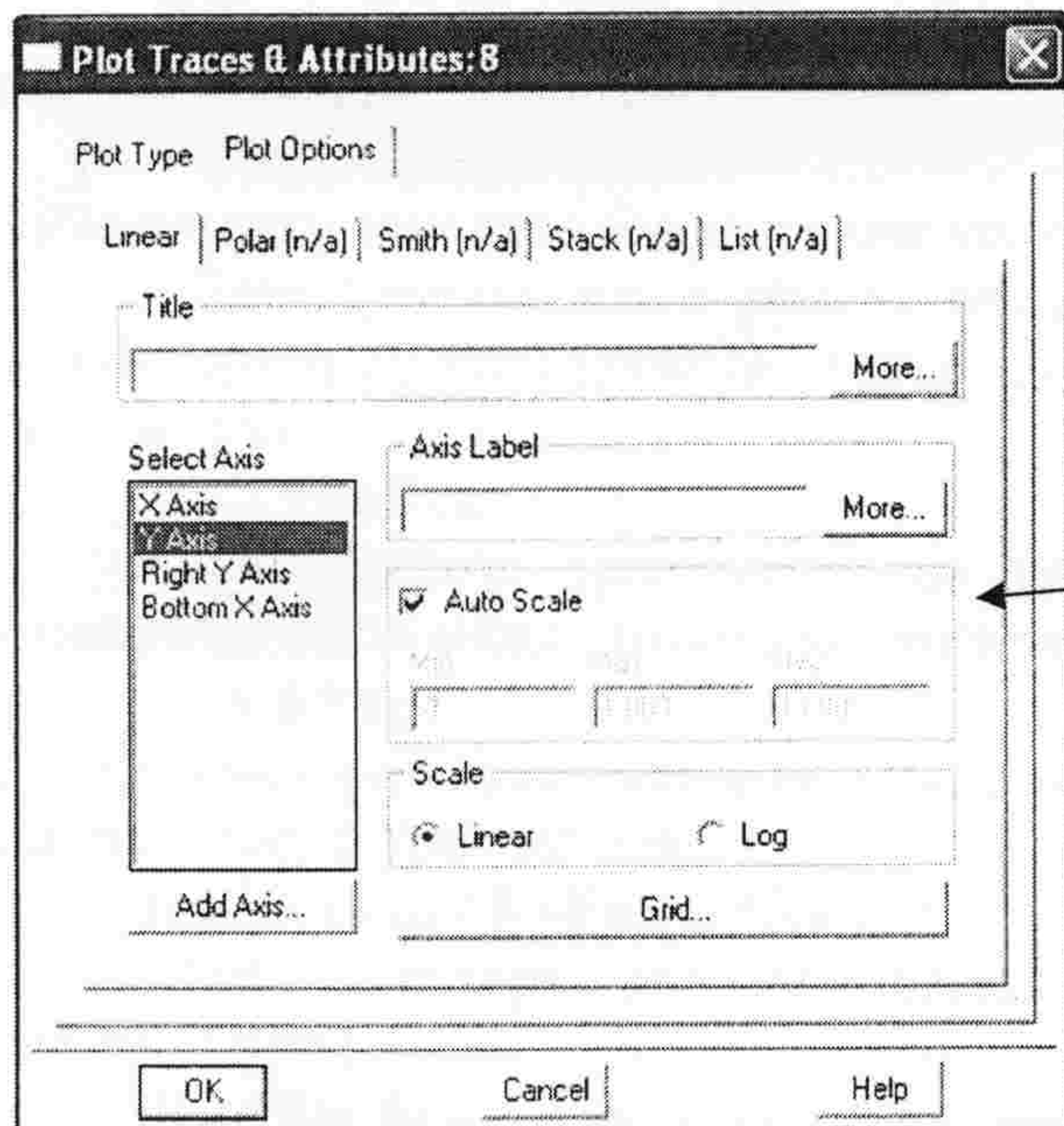


**Построение графиков** можно осуществлять в **прямоугольных**, полярных координатах и в виде круговой диаграммы. Также можно вывести таблицу значений изменяемых величин.

Для построения графика в **прямоугольных координатах** нажмем на кнопку  . Появится окно **Plot Traces & Attributes**:



- В этом окне выбираем параметры, зависимости которых нужно построить, и нажимаем на кнопку **Add** . Если введен не нужный параметр, то его выделяем и нажимаем на кнопку **Delete**. Если важно положение параметров по осям, то нужно зайти в закладку **Plot Options**:



- Далее выполнять пункты задания 4 - 9