

# Содержание

## Введение 4

Предисловие .....	4
Краткий обзор SwitcherCAD III .....	6
Требования к системе .....	7
Установка SwitcherCAD III .....	8
Лицензионное соглашение/Оговорка .....	8

## Mode of Operation 10

Overview.....	10
Example Circuits.....	10
General Purpose Schematic Driven SPICE .....	11
Externally Generated Netlists .....	12
Efficiency Report .....	13
Command Line Switches.....	15

## Schematic Capture 16

Basic Schematic Editing .....	16
Label a node name.....	20
Schematic Colors .....	21
Placing New Components .....	22
Programming Keyboard Shortcuts .....	23
PCB Netlist Extraction .....	24
Editing Components .....	24
Edit a Visible Attribute.....	25
Specialized Component Editors.....	26
General Attribute Editor .....	27
Creating New Symbols.....	29
Symbol Editing Overview.....	29
Drawing the body .....	30
Adding the Pins .....	31
Adding Attributes.....	31
Attribute Visibility.....	33
Hierarchy .....	34
Hierarchy Overview.....	34
Rules of Hierarchy.....	35
Navigating the Hierarchy.....	36

## Waveform Viewer 38

Waveform Viewer Overview .....	38
Data Trace Selection .....	38
Zooming.....	43

Waveform Arithmetic .....	43
User-Defined Functions.....	50
Axis Control .....	51
Plot Panes .....	51
Color Control.....	52
Attached Cursors.....	53
Save Plot Configurations.....	57
Fast Access File Format.....	58

## LTspice® 59

Introduction.....	60
Circuit Description .....	60
General Structure and Conventions.....	61
Circuit Element Quick Reference.....	64
Dot Commands.....	65
C. Simulator Directives -- Dot Commands.....	65
.AC -- Perform an Small Signal AC Analysis Linearized About the DC Operating Point. ....	66
.BACKANNO -- Annotate the Subcircuit Pin Names to the Port Currents67	
.DC -- Perform a DC Source Sweep Analysis .....	67
.END -- End of Netlist.....	68
.ENDS -- End of Subcircuit Definition .....	68
.FOUR -- Compute a Fourier Component after a .TRAN Analysis	68
.FUNC -- User Defined Functions .....	69
.FERRET -- Download a File Given the URL.....	70
.IC -- Set Initial Conditions .....	70
.INCLUDE -- Include Another File.....	71
.LIB -- Include a Library.....	72
.LOADBIAS -- Load a Previously Solved DC Solution.....	75
.MEASURE -- Evaluate User-Defined Electrical Quantities..	75
.MODEL -- Define a SPICE Model.....	80
.NET -- Compute Network Parameters in a .AC Analysis...	81
.NODESET -- Supply Hints for Initial DC Solution .....	82
.NOISE -- Perform a Noise Analysis .....	82
.OP -- Find the DC Operating Point .....	83
.OPTIONS -- Set Simulator Options .....	83
.PARAM -- User-Defined Parameters.....	88
.SAVE -- Limit the Quantity of Saved Data. ....	92
.SAVEBIAS -- Save Operating Point to Disk .....	93
.STEP -- Parameter Sweeps.....	94
.SUBCKT -- Define a Subcircuit.....	95
.TEMP -- Temperature Sweeps .....	96
.TF -- Find the DC Small Signal Transfer Function.....	96

.TRAN -- Perform a Nonlinear Transient Analysis .....	97
.WAVE -- Write Selected Nodes to a .Wav File.....	98
Transient Analysis Options.....	99
.TRAN Modifiers.....	99
UIC .....	99
startup .....	99
steady.....	100
nodiscard.....	100
step .....	101
Circuit Elements .....	102
A. Special Functions. ....	102
B. Arbitrary behavioral voltage or current sources.....	104
C. Capacitor .....	111
D. Diode .....	113
E. Voltage Dependent Voltage Source .....	117
F. Current Dependent Current Source.....	119
G. Voltage Dependent Current Source.....	119
H. Current Dependent Voltage Source .....	121
I. Current Source.....	121
J. JFET transistor .....	127
K. Mutual Inductance .....	129
L. Inductor .....	130
M. MOSFET .....	136
O. Lossy Transmission Line.....	148
Q. Bipolar transistor .....	150
Parameters .....	156
References: .....	163
R. Resistor .....	163
S. Voltage Controlled Switch .....	164
T. Lossless Transmission Line.....	166
U. Uniform RC-line.....	166
V. Voltage Source .....	168
W. Current Controlled Switch.....	173
X. Subcircuit .....	174
Z. MESFET transistor.....	174

## Control Panel 176

Accessing the Control Panel .....	176
Compression.....	176
Operation.....	178
Save Defaults .....	180
SPICE.....	182
Netlist Options .....	183

Hacks.....	185
Drafting Options.....	185
Internet Options .....	187

## **FAQs 189**

Program Updates .....	189
Transformer Models .....	190
Third-party Models.....	191
Inductor Models .....	194
MOSFET Models .....	195
License and Distribution .....	197
Circuit Efficiency Calculation .....	198
Custom Symbols .....	199
Memory Problems .....	199
Model Compatibility .....	201
SPICE Netlist.....	201
Exporting/Merging Waveform Data .....	201
Running Under Linux.....	203
What about a Paper Manual?...	204
What about a Users' Group? ....	205

## **SPICE Error Log Command 205**

## **Web Update 205**

# Введение

## Предисловие

Еще один SPICE?

Моделирование аналоговой схемы было неотделимо от аналоговой разработки микросхем (IC). Симуляторы SPICE – единственный способ тестировать схему до интеграции на чип. Далее, моделирование SPICE позволяет измерение токов и напряжений, которое невозможно любым другим способом. Успех симуляторов аналоговой схемы позволил распространить моделирование на разработку схем уровня платы. Схему более просто во многих случаях имитировать, чем макетировать, и возможность в моделировании проанализировать схему для производительности и задач ускоряет разработку убедительных, устойчивых схем.

Учитывая количество коммерчески доступных симуляторов SPICE, почему нужно создавать новый симулятор? Потому, что уверенные аналоговые функции чрезвычайно трудно имитировать с коммерчески доступными симуляторами SPICE. Импульсные источники питания имеют быстрые высокочастотно-переключающиеся прямоугольные сигналы, что замедляет полный результат анализа. Это означает, что моделирование должно работать для тысяч и сотен тысяч циклов, чтобы иметь полный анализ импульсного регулятора. Коммерчески доступный SPICE просто делает это слишком долго, чтобы быть полезным методом моделирования. Время моделирования импульсного источника питания должно быть в минутах, а не часах, чтобы симулятор был полезным.

Были методы моделирования аналоговой схемы, которые показали некоторый успех в ускорении моделирования импульсного источника питания, но за счет изготовления упрощающего предположения, которое не позволяют произвольную управляющую логику и полную имитацию комплексных форм сигнала переключения. Новый SPICE с встроенными примитивами логики, которые моделируют импульсный элемент управления, дает лучший ответ. Он может дать быстрое моделирование, детализированный объем формы сигнала, и все еще предоставляет гибкость для произвольных модификаций схемы.

SwitcherCAD III является новым SPICE, который разработан для моделирования импульсной системы регулятора на уровне общей схемы. В новый SPICE встроены схемные элементы для моделирования практических компонентов уровня платы. Конденсаторы и катушки индуктивности могут быть оформлены с последовательным сопротивлением и другими паразитными аспектами их режима, не используя подсхемы или внутренние узлы. Кроме того, схемный элемент моделирования был разработан для энергетического MOSFET, который точно показывает его обычный режим заряда затвора, не используя подсхемы или внутренние узлы. Уменьшение количества узлов, которое симулятор производит, значительно уменьшает объем вычисления, необходимого для данного моделирования, не ставя под угрозу точность или детали форм импульсного сигнала. Другое преимущество этих новых моделей – то, что задачи сходимости проще решить, так как у них, как у компонентов уровня модели платы, есть конечное полное сопротивление на всех частотах.

Современные импульсные источники питания включают логическую схему контроллера с множественными режимами работы. Например, режим устройства может меняться от импульсного до пакетного, или циклического пропуска, в зависимости от операции схемы.

Оригинальный новый компилятор смешанного режима и симулятор были написаны в SwitcherCAD III, который позволяет этим продуктам реалистично моделировать быстродействующим вычислительным способом.

Есть в настоящий момент приблизительно семьсот продуктов Linear Technology, оформленных в SwitcherCAD III. Программа свободно загружаема с вебсайта Linear Technology и является высокоэффективным универсальным симулятором SPICE. Включены демонстрационные файлы, которые позволяют Вам наблюдать загрузку, старт и нестационарный процесс цикл за циклом. В SPICE включена полнофункциональная программа описания элемента схемы для того, чтобы вводить новые схемы.

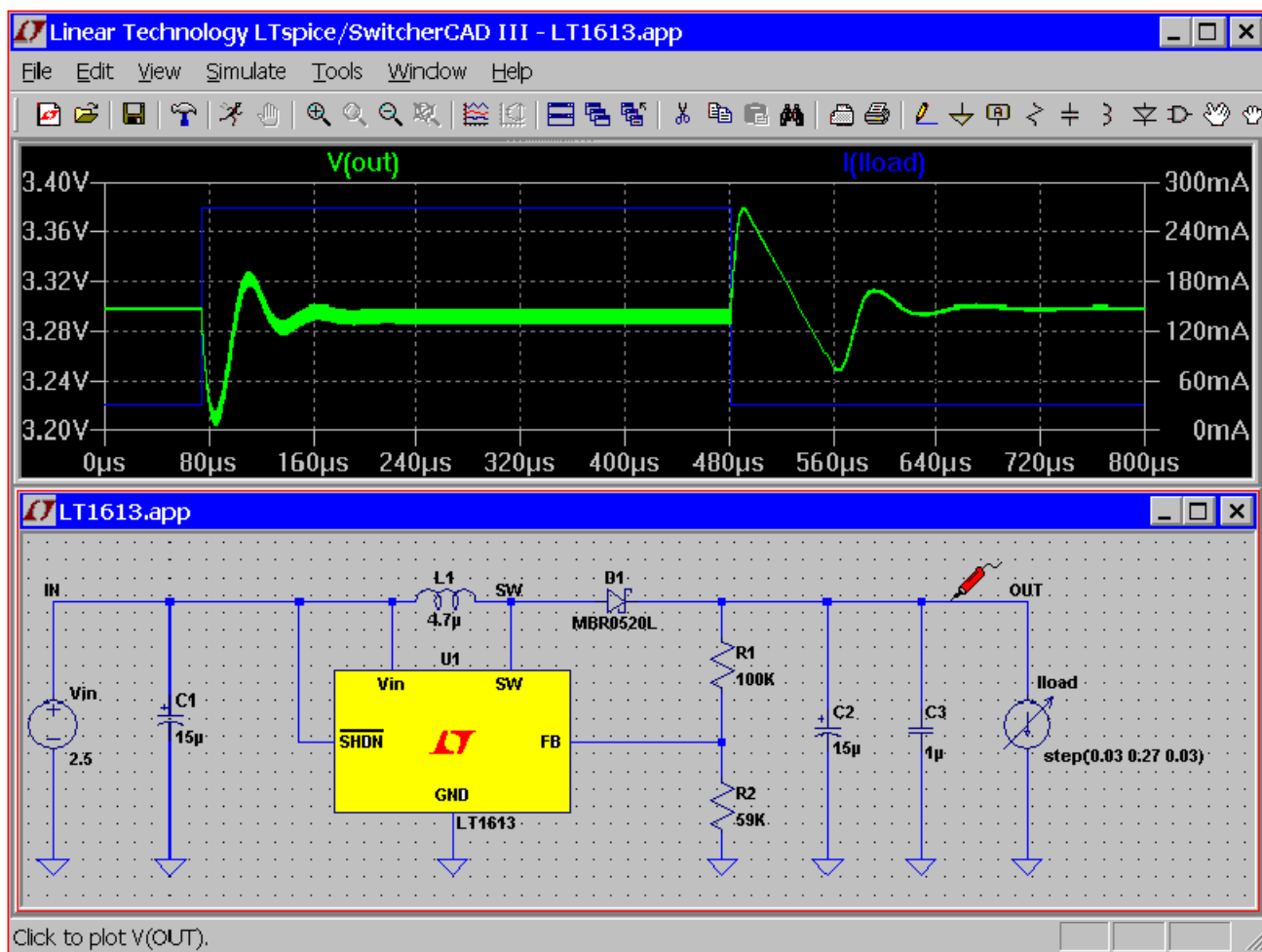
SwitcherCAD III разрабатывается, чтобы использоваться тремя различными типами разработчиков: (1) те, кто знает то, что они делают, (2) те, кто думает, что они знают, (3) и те, кто уверен, что они абсолютно ничего не знают о разработке импульсного регулятора. Опытный дизайнер нуждается в ответах программы "что, если", которые позволят ему быстро изменять аспекты схемы, чтобы найти оптимальную разработку. Новичок нуждается в подходе поваренной книги, который приведет к надежной разработке, основанной на самых простых рецептах. "Неточное орудие" дизайнер нуждается в программе, которая позволит ему осуществлять свою добрую волю, но будет достаточно интеллектуальна, чтобы оградить его от фатальных дефектов разработки.

К завершению мы сделали SwitcherCAD III чрезвычайно гибким, "что, если" инструментом электронной разработки, у которого есть метки предупреждения, когда вещи получаются из рук вон. Мы конструировали программу, чтобы иметь законченный начальный цикл разработки, основанный только на существенных вводах напряжения и потребностей в электроэнергии. Это позволяет испуганному дизайнеру начинать с рабочей схемы, позволяет опытному дизайнеру иметь неограниченную забаву, изменяющую вещи, и, мы надеемся, предоставляет достаточные меры безопасности, чтобы предотвратить плохие разработки.

Пожалуйста знайте, однако, что SwitcherCAD III не предназначается как абсолютное решение. Это - только инструмент, чтобы упростить процедуру разработки, которая должна также включить макетирование и тестирование. Используйте здравый смысл с результатами, полученными при моделировании.

## **Краткий обзор SwitcherCAD III**

SwitcherCAD III является третьим поколением switching regulator design program Linear Technology. Программа состоит из высокоэффективного симулятора SPICE, расширенного со смешанной возможностью моделирования режима, которая включает новые встроенные приборы SPICE для макро моделирования: Импульсный Источник Питания (SMPS) контроллеры и регуляторы. Программа включает интегрированную иерархическую программу описания схемы, которая позволяет пользователям редактировать пример схемы SMPS или конструировать новые схемы. Интегрированное средство просмотра формы сигнала отображает моделируемые формы сигнала и позволяет дальнейшее исследование данных моделирования. Есть встроенная база данных для большей части Linear Technology power ICs (микросхем электропитания) и многих пассивных элементов. База данных прибора, редактирование описания схемы, элемент управления моделирования и гармонический анализ интегрируются в одну программу.



Благодаря смешанной возможности моделирования режима и многим другим расширениям по сравнению с предыдущими программами SPICE, значительно улучшается быстродействие моделирования, в то время как точность моделирования сохраняется. Пошаговый цикл моделирования SMPS может быть выполнен и проанализирован в минутах. Пользователь может получить детальное исследование энергосистемы несколькими щелчками мыши, не зная ничего об устройстве, SPICE и программе описания схемы. Предварительно созданные демонстрационные схемы могут использоваться как точка старта, чтобы выстроить пользовательское описание схемы, чтобы подогнать источник питания к необходимым требованиям. После того, как создано новое описание схемы, оно может быть смоделировано, и сгенерирован отчет.

Программное интегрированное иерархическое описание схемы и симулятор SPICE полностью доступны для общего использования. Улучшенные характеристики механизма моделирования SPICE – преимущество для имитации общих аналоговых схем и должны представлять интерес для всех электронных инженеров. Из более чем 500 000 пользователей копий, распространенных пока, многие сообщили, что LTspice/SwitcherCAD III является их основным инструментом моделирования/описания схемы. Мы надеемся, что Вы наслаждаетесь программой и находите ее полезной.

## Требования к системе

LTspice/SwitcherCAD III может работать на любом PC с операционной системой Microsoft® Windows 98, 2000, NT4.0, Me, или XP. Так как моделирование может генерировать большой объем данных через несколько минут, свободное пространство жесткого диска (> 200 МБ) и большое количество оперативной памяти (> 128 МБ) строго

рекомендуется. В основном достаточно Windows 98, но моделирование может не завершить обработку, если недостаточно свободного пространства на жестком диске. Язык интерфейса: только английский.

LTspice/SwitcherCAD III будет также работать на Linux. Программа была протестирована на Linux RedHat 8.0 с WINE версией 20030219.

## Установка SwitcherCAD III

SwitcherCAD III может быть загружен с вебсайта LTC <<http://www.linear.com>>. Прямая ссылка к распределенному файлу <<http://ltspice.linear.com/software/swcadiii.exe>>. Файл swcadiii.exe является самораспаковывающимся gzipped файлом, который устанавливает SwitcherCAD III.

SwitcherCAD III часто обновляется. После того, как SwitcherCAD III первоначально установлена, можно использовать встроенную команду обновления меню <Web\_Update.htm>, которая дополнит Вашу инсталляцию до последней редакции, если у Вас будет доступ к сети. Процесс обновления сначала загрузит индексный файл разработчика от вебсайта Linear Technology, у которого есть размер и контрольная сумма каждого файла в дистрибутиве. Если будет отсутствие файла, различие размера, или различия между локальной контрольной суммой и суммой от индексного файла, то этот файл будет обновлен автоматически. Базы данных компонента объединяются в процессе обновления так, что если Вы добавили приборы к своей инсталляции, то добавление не будет потеряно, когда Вы выполните автоматическую утилиту обновления.

## Лицензионное соглашение/Оговорка

SwitcherCAD III - Лицензионное соглашение / Оговорка

Авторское право © 2001, Корпорация Linear Technology

Все права защищены.

SwitcherCAD III является синтезатором импульсного источника питания Корпорации Linear Technology и программным обеспечением моделирования аналоговой схемы.

это программное обеспечение защищено авторским правом. Вам предоставляется неисключительное, непередаваемое, неподлицензируемое, безгонорарное право исключительно, чтобы оценить продукты LTC и также выполнить общее моделирование схемы. Корпорация Linear Technology владеет программным обеспечением. Вы не можете изменять, адаптировать, транслировать, перепроектировать, декомпилировать, или дизассемблировать выполняемую программу (программы) или модели предоставленных продуктов LTC. Мы не несем ответственности за точность разработанных третьей стороной моделей, используемых в симуляторе, предоставленных или LTC или пользователем.

В то время как мы приложили все усилия, чтобы гарантировать, что SwitcherCAD III работает, описанный таким образом, мы не гарантируем работу, свободную от ошибок. Обновления, модификации, или исправления к этой программе будут строго на усмотрение LTC. Если Вы столкнулись с проблемами установки или работы SwitcherCAD III с целью выбора и оценки продуктов LTC, можно получить техническую помощь при вызове нашего Applications Department - тел.



(408) 432-1900, между 8:00 и 17:00 Тихоокеанское время, с понедельника до пятницы. Мы не предоставляем такую техническую поддержку для общего моделирования схемы, которое не является для определения продуктов LTC. Из-за большого разнообразия совместимых с PC компьютерных систем, версий операционной системы, и используемых периферийных устройств, мы не гарантируем, что Вы будете в состоянии использовать SwitcherCAD III успешно на всех таких системах. Если Вы неспособны использовать SwitcherCAD III, LTC действительно оказывает Вам поддержку разработки для LTC микросхем импульсного регулятора любыми необходимыми средствами.

Программное обеспечение и связанная документация предоставляются "КАК ЕСТЬ" и без гарантии любого вида, и Корпорация Linear Technology явно отвергает все другие гарантии, явные или неявные, составные, не ограниченные, подразумевающие гарантии высокого спроса и пригодности в специфических целях. LTC ни в коем случае не несет ответственность за ущерб, прямой или косвенный, возникший в результате использования этого продукта или от неспособности использовать этот продукт, даже если нас предупредили о возможности такого ущерба.

Перераспространение этого программного обеспечения разрешается, пока оно распространяется полностью, со всей документацией, приведенными в качестве примера файлами, обозначениями, и моделирует без модификации или присоединения.

Эта программа определенно не лицензируется для использования изготовителями полупроводников в продвижении, демонстрации или продаже их продуктов. Специфичное право доступа должно быть получено от Linear Technology для использования SwitcherCAD III для этих приложений.

## Режимы работы

### Краткий обзор

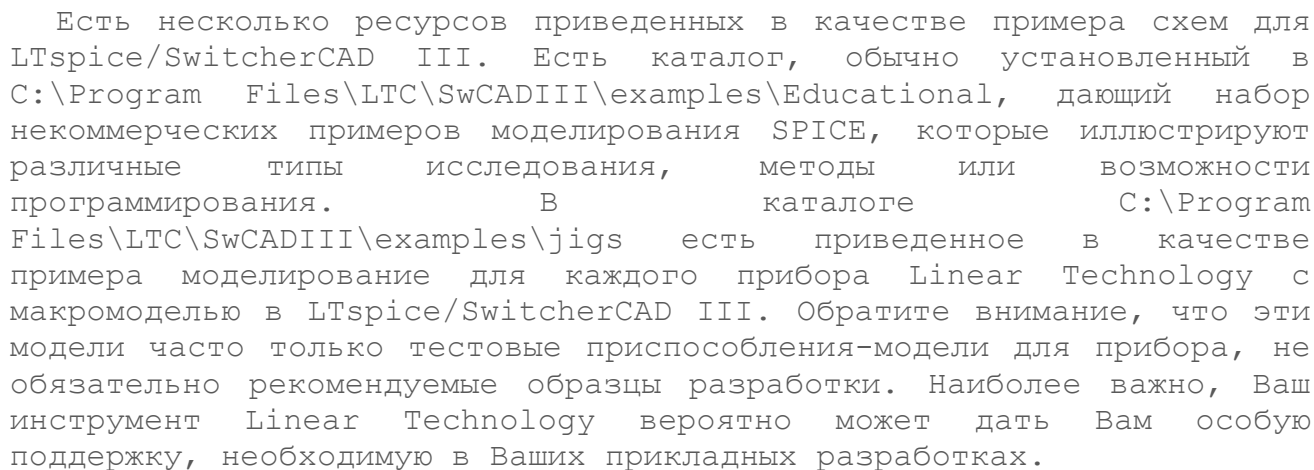
У SwitcherCAD III есть два основных режима запуска симулятора:

1. Использовать программу как универсальную программу описания схемы с интегрированным симулятором. Команда меню File=>New, или File=>Open (тип файла.asc)
2. Запустить симулятор со списком соединений ручной работы или импортированным списком соединений, сгенерированным другой программой описания схемы. Команда меню File=>New (тип файла.cir)

LTspice/SwitcherCAD III предназначается, чтобы использоваться как универсальная программа описания схемы с интегрированным симулятором SPICE. Идея - Вы вычерчиваете схему (или запускаете SwCAD с приведенной в качестве примера схемой, уже составленной), и наблюдаете ее работу в симуляторе. Процесс разработки включает выполнение итераций схемы до получения в результате моделирования необходимого режима. Более ранние версии LTspice/SwitcherCAD III включали синтезатор, который пытался предугадать разработку SMPS по обеспеченной пользователем спецификации, но он вытеснен новыми средствами.

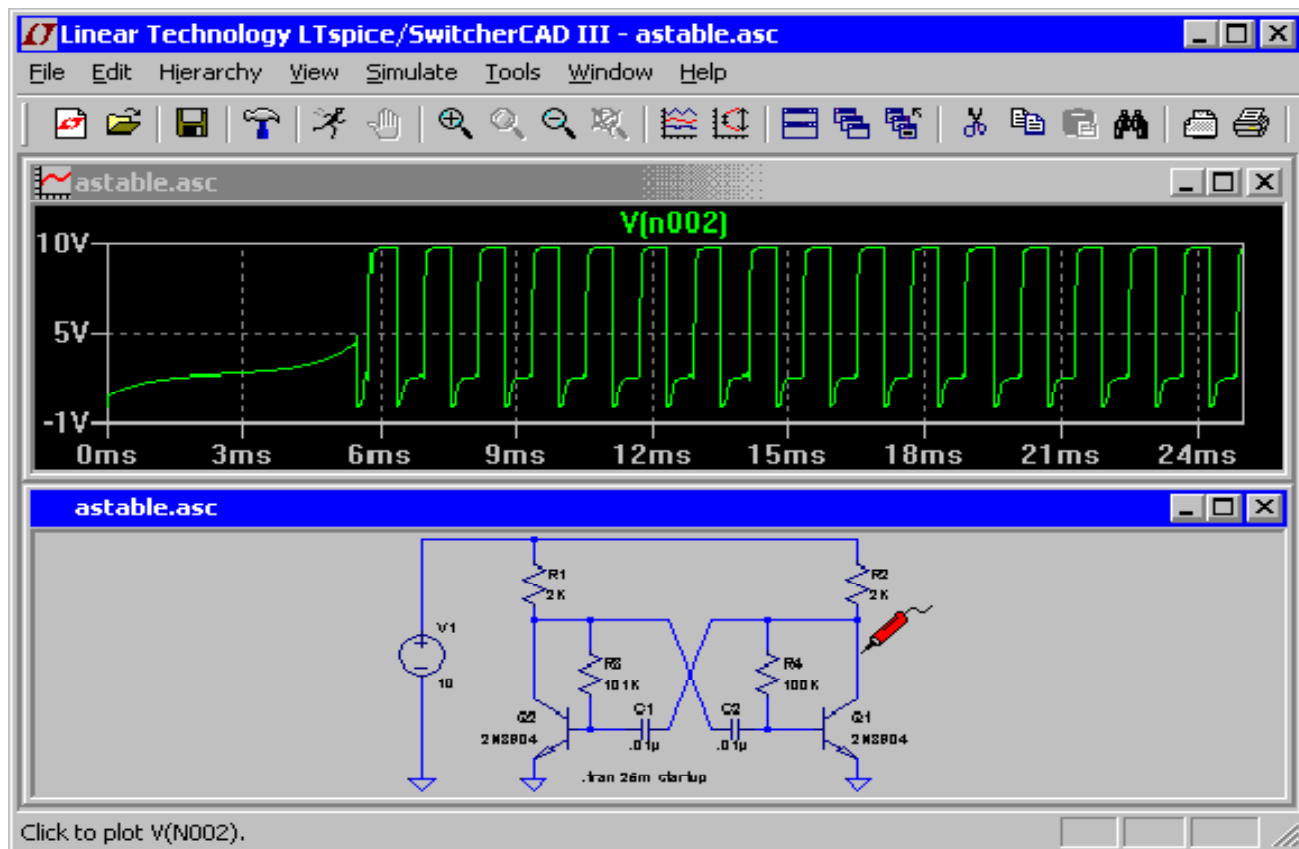
Описание схемы, в конечном счете, преобразовывается к текстовому списку соединений SPICE, который передается симулятору. В то время

## Примеры схем



Вы не ограничены в использовании LTspice/SwitcherCAD III как

универсальной программы схемного описания SPICE. Она полезна не только для разработки SMPS, но и других аспектов аналоговой техники. Приведенные в качестве примера модели, обычно установленные в каталоге C:\Program Files\LTC\SwCADIII\examples\Educational\ иллюстрируют различные возможности LTspice.



## Импортированные списки соединений

The screenshot shows the LTspice interface for a file named '[tube.cir]'. The main window displays a list of components and simulation commands. A mouse cursor is pointing at the 'Run' button. The components list includes a triode tube model (SU3CX300) and a subcircuit definition for the tube. The simulation commands include a DC sweep and a transient analysis.

```

* triode.asc
U1 A 0 0
U2 G 0 0
X1 A G 0 SU3CX300

.dc U1 0 500 1 U2 -50 -10 10

.subckt SU3CX300 A G K
Emu mu 0 VALUE={PWR$(U(G,K),0.98)}
Eshape shape 0 VALUE={{(280+U(G,K))/280}
Egs gs 0 VALUE={LIMIT{U(A,K)+U(G,K)*7.5,0,1E6}}
Egs2 gs2 0 VALUE={PWR$(U(gs)*U(shape),1.5)*135E-6}
Ecath cc 0 VALUE={U(gs2)}
Ga A K VALUE={U(cc)}
Cgk G K 25p
Cga A G 10p
Cak A K 1p
.ends

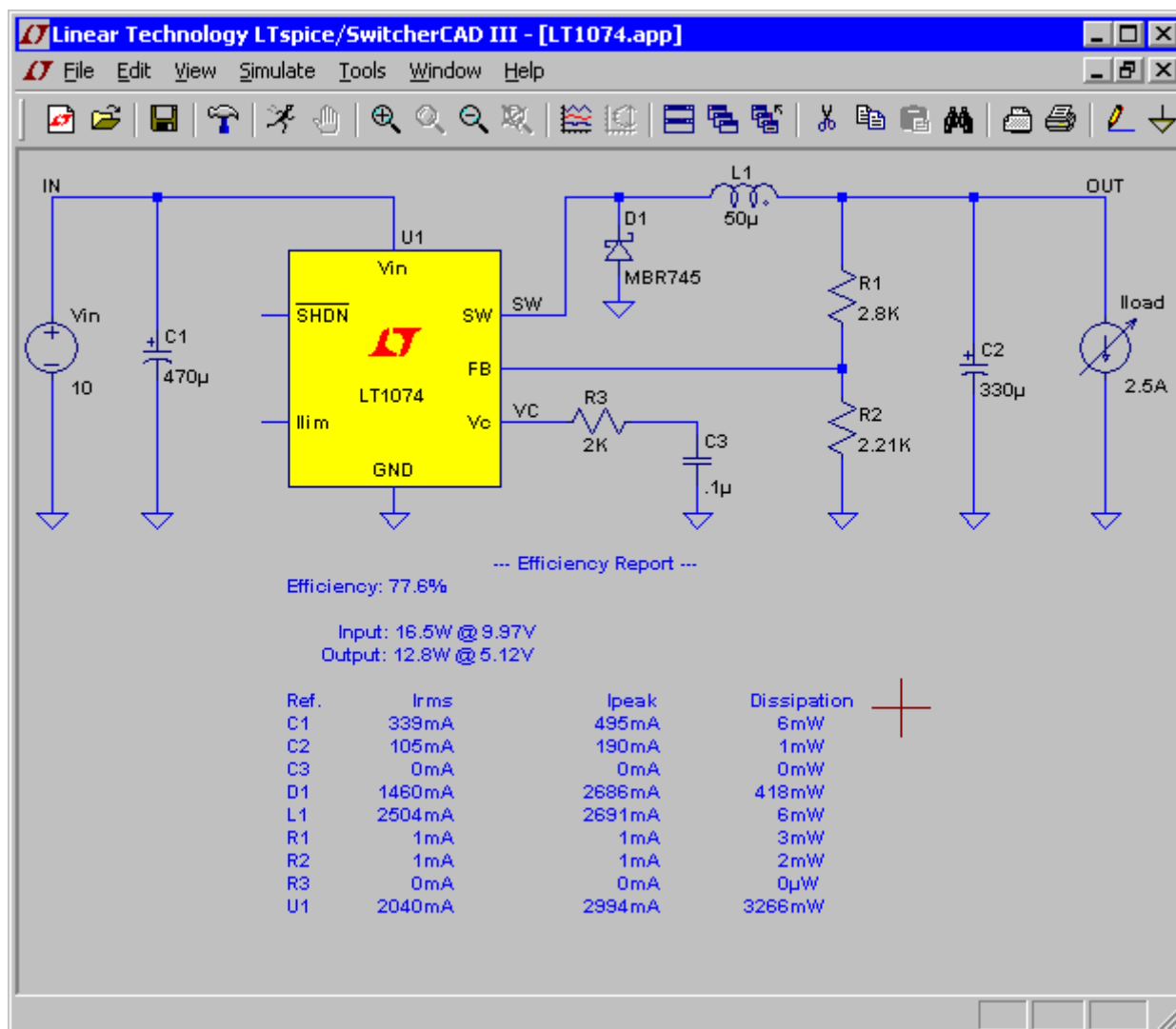
.end

```

Можно открыть списки соединений, созданные вручную или другими программами описания схемы. У этих файлов обычно расширение ".cir", но понимаются и ".net", и ".sp". Редактор ASCII, используемый для файлов списка соединений, поддерживает неограниченный размер файла и неограниченную отмену/возврат последней операции undo/redo. Команда меню Tools=>Color Preferences может использоваться, чтобы корректировать цвета, используемые в редакторе ASCII.

## Отчет о КПД

SwCAD дает отчет о КПД преобразователя DC/DC во временной области .tran исследования, которое содержит ключевое слово "steady". После моделирования состояния steady отчет о КПД может быть сделан видимым на описании схемы как блок текста комментария.



Для получения КПД преобразователя DC/DC необходимо идентифицировать вход и выход, должен быть точно один источник напряжения и один источник тока. Источник напряжения должен быть вводом, а источник тока должен быть выходным устройством. Схема запущена, пока состояние steady не выполнится симулятором. Это требует макромоделей SMPS, написанных с информацией о том, как обнаружить состояние steady. Обычно при условии, что ошибка амплитуды тока, усредненная по тактовому циклу, уменьшается к малому значению для нескольких циклов. Затем во фронте синхроимпульса, энергия, сохраненная в каждом реактансе, отмечается, и моделирование выполняется еще для десяти тактовых циклов, но теперь интегрируется рассеяние в каждом приборе. Во фронте синхроимпульса последнего

цикла энергия, сохраненная в каждом реактансе, отмечается снова, и моделирование останавливается. КПД выводится как отношение выходной мощности к мощности входного источника напряжения, после подсчета энергии, сохраненной в реактансах. Так как рассеяние каждого прибора отмечено, можно оценить потери в нем.

Обычно можно вычислять КПД схем SMPS, которые Вы вычерчиваете самостоятельно, используя пометку "Stop simulating if steady state is detected" на редакторе Edit Simulation Command. После моделирования, используйте команду меню View=>Efficiency Report.

Автоматическое обнаружение состояния steady не всегда работает. Иногда критерии для обнаружения состояния steady слишком строги и иногда слишком снисходительны. Вы затем корректируете параметр опции sstol или просто в интерактивном режиме устанавливаете пределы для интеграции КПД.

## Переключатели командной строки

Следующая таблица перечисляет переключатели командной строки, понятые выполнимой программой LTspice (scad3.exe):

Флаг	Описание
-ascii	Использовать ASCII .raw файлы. Серьезно ухудшает производительность программы.
-b	Работать в пакетном режиме. Например "scad3.exe-b deck.cir" будут оставлены данные в файле deck.raw
-big	Начало как развернутое окно.
-encrypt	Зашифровать модельную библиотеку. Для 3-ьих сторон, желающих позволить людям использовать библиотеки без разоблачающих подробностей реализации. Не используемый моделями Корпорации Linear Technology.
-FastAccess	Пакетное превращение двоичного .raw файла к формату Fast Access.
-max	Синоним для -big.
-netlist	Пакетное превращение описания схемы в список соединений.
-nowine	Предотвратить использование WINE (Linux) работы.
-PCBnetlist	Пакетное превращение описания схемы в список соединений PCB формата.
-registry	Вынудить LTspice сохранить пользовательские предпочтения, MRU, и т.д. в системном реестре вместо %WINDIR %\scad3.ini файл.
-Run	Запустить симуляцию описания схемы, открытого на командной строке, не нажимая кнопку пуска.
-SOI	Позволить MOSFET иметь до 7 узлов даже в расширении подсхемы.
-uninstall	Выполняет один шаг процесса деинсталляции.
-web update	Эквивалентно выполнению команды меню Tools => Sync Release.
-wine	Использование силы WINE (Linux) работы.

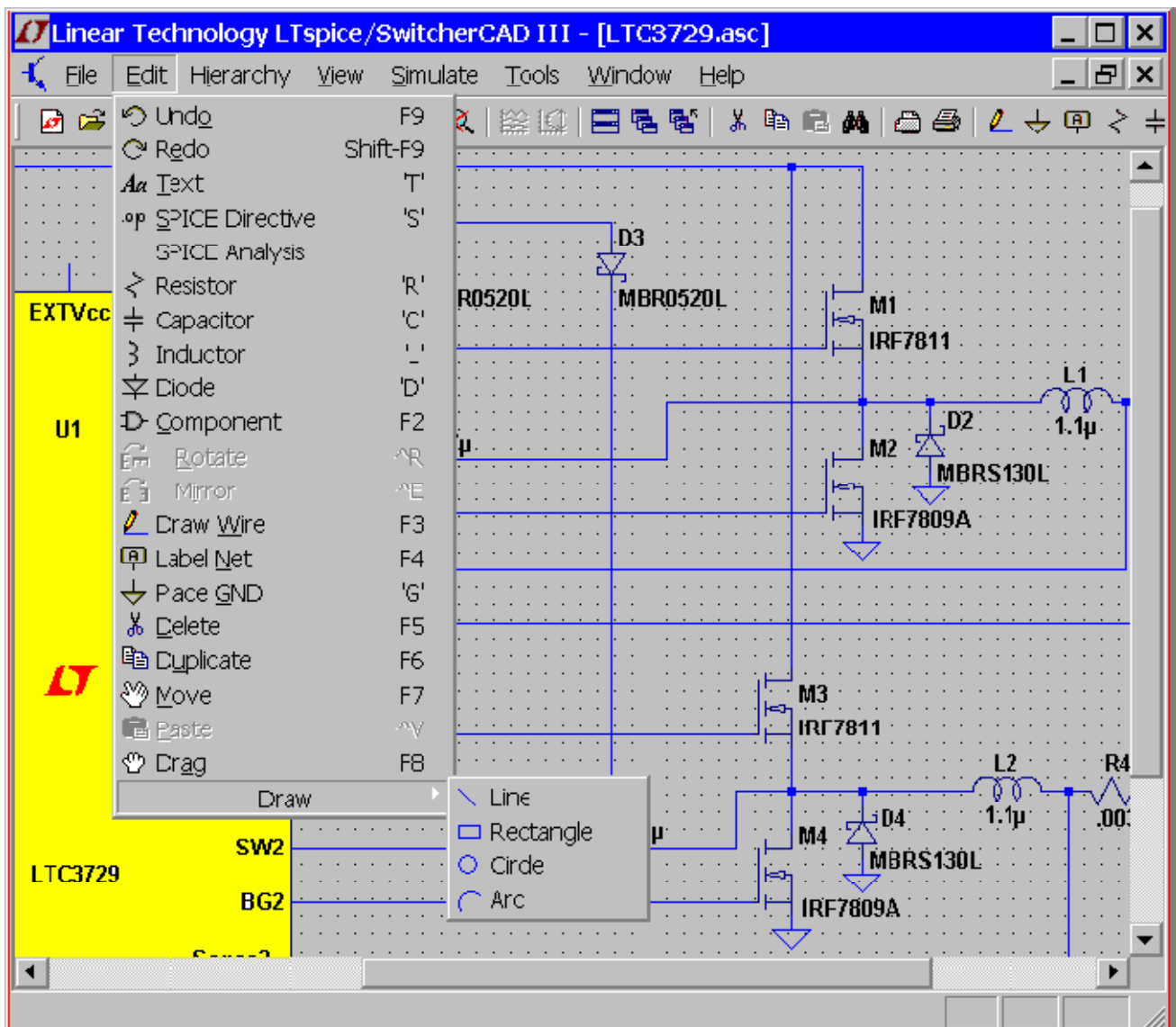
# Описание (ввод) схемы

schematic capture

## Меню редактора схемы

Программа описания схемы SwCAD используется, чтобы создать новые описания схемы или изменить описания, предоставленные в качестве примера. Размер схем и глубина иерархии ограничиваются только компьютерными ресурсами.

Программа поставляется приблизительно с 800 обозначениями. Эти обозначения покрывают большую часть возможностей LTC ICs, opamps, comparators, и многих универсальных приборов для проектирования схем. Можно также вычертить свои собственные обозначения для приборов, которые требуется ввести в программу.



В отличие от многих программ описания схемы, SwCAD была записана явно для моделирования SPICE. Это означает, что, если Вы нажимаете на объект, заданный по умолчанию режим должен чертить напряжения на этом проводе или ток через этот компонент, а не выбирает объект для редактирования или некоторого другого режима редактирования, который тогда лишил бы законной силы моделирование, только что выполненное. Однако когда требуется переместить, зеркалировать, вращать, перетащить или удалить объекты, сначала выберите команду перемещения, перетаскивания или удаления. Затем можно выбрать

объект кликом на символе. Можно выбрать множественные объекты при перемещении рамки вокруг них. Программа останется в перемещении, перемещайте, или удалите режим правым кликом или клавишей ESC. Все редактирования описания схемы могут быть отменены или восстановлены.

Undo: отменить.

Redo: вернуть.

Text: поместить текст на описании схемы. Это просто помещает информацию на описание схемы. Этот текст не оказывает электрического влияния на метод проектирования схем.

SPICE Directive: поместить на описание схемы текст, который будет включен в список соединений. Это позволяет Вам смешивать описание схемы со списком соединений SPICE. Он позволяет Вам устанавливать варианты моделирования, файлы для включения, которые содержат модели, определяют новые модели, или используют любые другие допустимые команды SPICE. Можно даже использовать его, чтобы прогнать подсхемой, для которой у Вас нет обозначения при заявлении экземпляра класса модели (команда SPICE впереди и 'X') на описании схемы и включении определения.

SPICE Analysis: Введите/редактируйте команду моделирования.

Resistor: Поместите новый резистор в описание схемы.

Capacitor: Поместите новый конденсатор в описание схемы.

Inductor: Поместите новую индуктивность в описание схемы.

Diode: Поместите новый диод в описание схемы.

Component: Поместите новый компонент в описание схемы. Команда открывает диалог, который позволяет Вам обзирать и предварительно просматривать базу данных обозначения. Это – более общий вид команд Резистора, Конденсатора, Индуктивности, и Диода.

Rotate: Вращайте объекты подлежащие вращению. Примечание: когда вращение невозможно это отображается бледным цветом.

Mirror: Зеркалируйте объекты подлежащие вращению. Примечание: когда зеркало невозможно это отображается бледным цветом.

Draw Wire: клик мыши, чтобы запустить формирование соединения. Каждый щелчок мыши определит новый проводник. Нажмите на существующий проводник, чтобы присоединиться и продолжить провод. Правый клик отменяет проводник. Правый клик еще раз, выключает команду. Можно чертить проводники через компоненты, например, резисторы. Проводник будет автоматически вырезан таким образом, что резистор теперь последовательно с проводником.

Label Net: Определите имя точки разветвления, в результате для этой точки разветвления не сгенерируется произвольное имя.

Place GND: Поместите ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЕ обозначение. Это – узел разветвления "0", глобальный обычный метод проектирования схем.

Delete: объекты уничтожаются при нажатии на них или при перемещении рамки вокруг них.

Duplicate: объекты копируются при нажатии на них или при перемещении рамки вокруг них. Можно скопировать из одного описания схемы в другое, если они оба открыты в одном окне программы SwCAD. Запустите команду Duplicate в окне первого описания схемы. Затем сделайте второе описание схемы активным окном и напечатайте Ctrl-V или командой Paste.

**Move:** Нажать или перетащить рамку вокруг объектов, которые требуется переместить. Затем можно переместить те объекты в новое положение.

**Paste:** Включается в новом окне описания схемы, когда объекты были уже выбраны командой 'Duplicate' в другом окне описания схемы.

**Drag:** Нажать или перетащить рамку вокруг объектов, которые требуется перетащить. Затем можно переместить в новое размещение объекты с прикрепленными проводниками, которые тянутся резинкой к новому размещению.

**Draw=>Line:** Чертить линию на описании схемы.

**Draw=>Rectangle:** Вычертить прямоугольник на описании схемы

**Draw=>Circle:** Вычертить круг на описании схемы.

**Draw=>Arc:** Вычертить дугу на описании схемы.

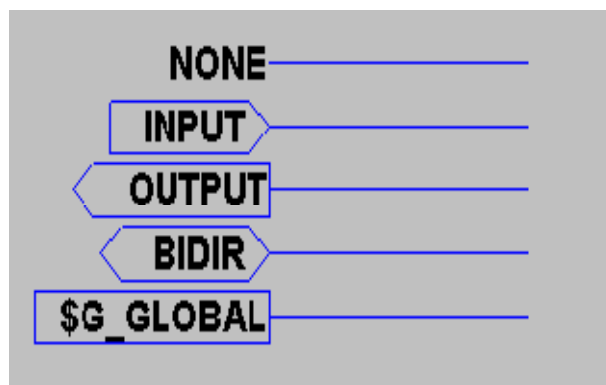
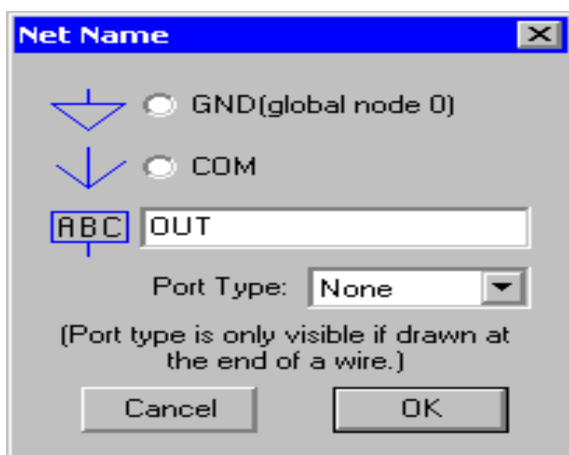
**NOTE:** графические аннотации к описанию схемы; линии, прямоугольники, круги и дуги; это особенность по умолчанию с той же самой архитектурой, как используемая для электрических контактов, проводников и выводов. Удерживать клавишу CTRL при расположении их, для использования этой особенности. Эти линии, прямоугольники, круги, дуги и аннотации не оказывают электрического влияния на метод проектирования схем, но могут быть полезными для аннотирования схем примечаниями.

## Маркировка узлов

Каждый узел (точка разветвления) в схеме требует уникального имени. Можно определить имя узла, при этом произвольное имя не генерируется. Узел "0" является "землей" – глобальной переменной SwCAD и вычерчивается со специальным графическим обозначением вместо имени "0".

Есть также графическое обозначение, определенное для узла "COM", но у этого узла нет никакого специального значения. Таким образом, это не глобальная переменная SPICE, и это даже не глобальный узел. Только иногда удобно иметь графическое обозначение с узлом, отличным от земли.

Если Вы дадите узлу имя, начинающееся с символов "\$G \_"; как например, "\$G\_VDD"; тогда этот узел – глобальная переменная независимо от того, где имя встречается в иерархии схемы.



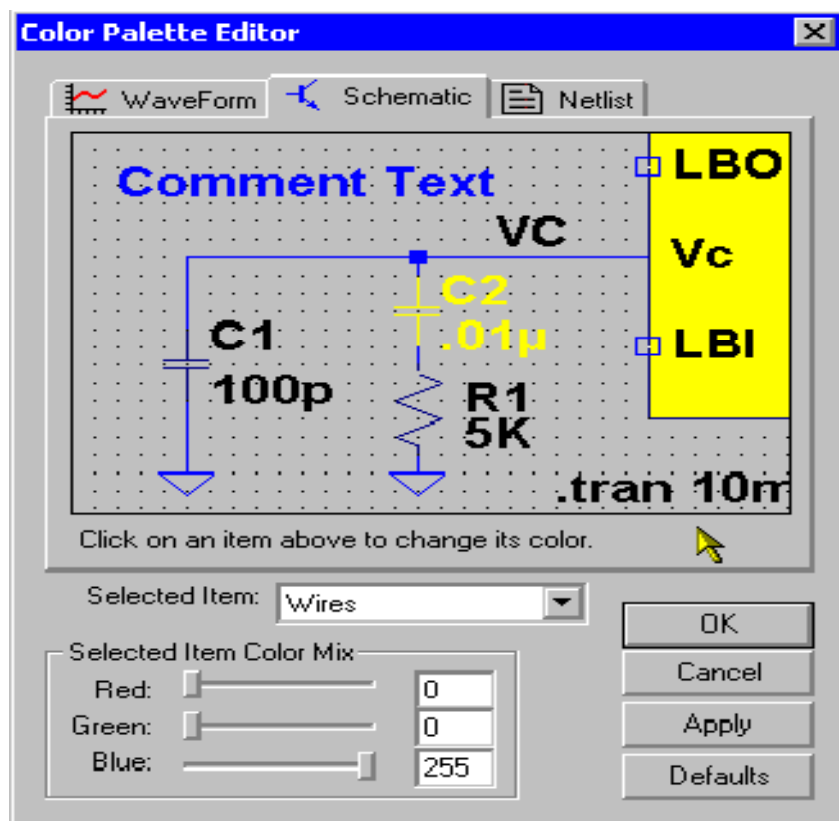
Можно указать узел – порт типа ввода, выходного устройства, или двунаправленный. Эти типы порта будут вычерчены по-другому, но не иметь никакого значения для netlist. Индикация типа порта может



сделать схему более читаемой. Глобальные узлы также вычерчиваются по-другому, рамка вычерчивается вокруг имени.

## Цвета описания схемы

Команда меню Tools=>Color позволяет Вам выбирать цвета, используемые в отображении описаний схемы. Вы нажимаете на объект в типовом описании схемы и используете красные, зеленые и синие бегунки, чтобы корректировать цвета к Вашим предпочтениям.

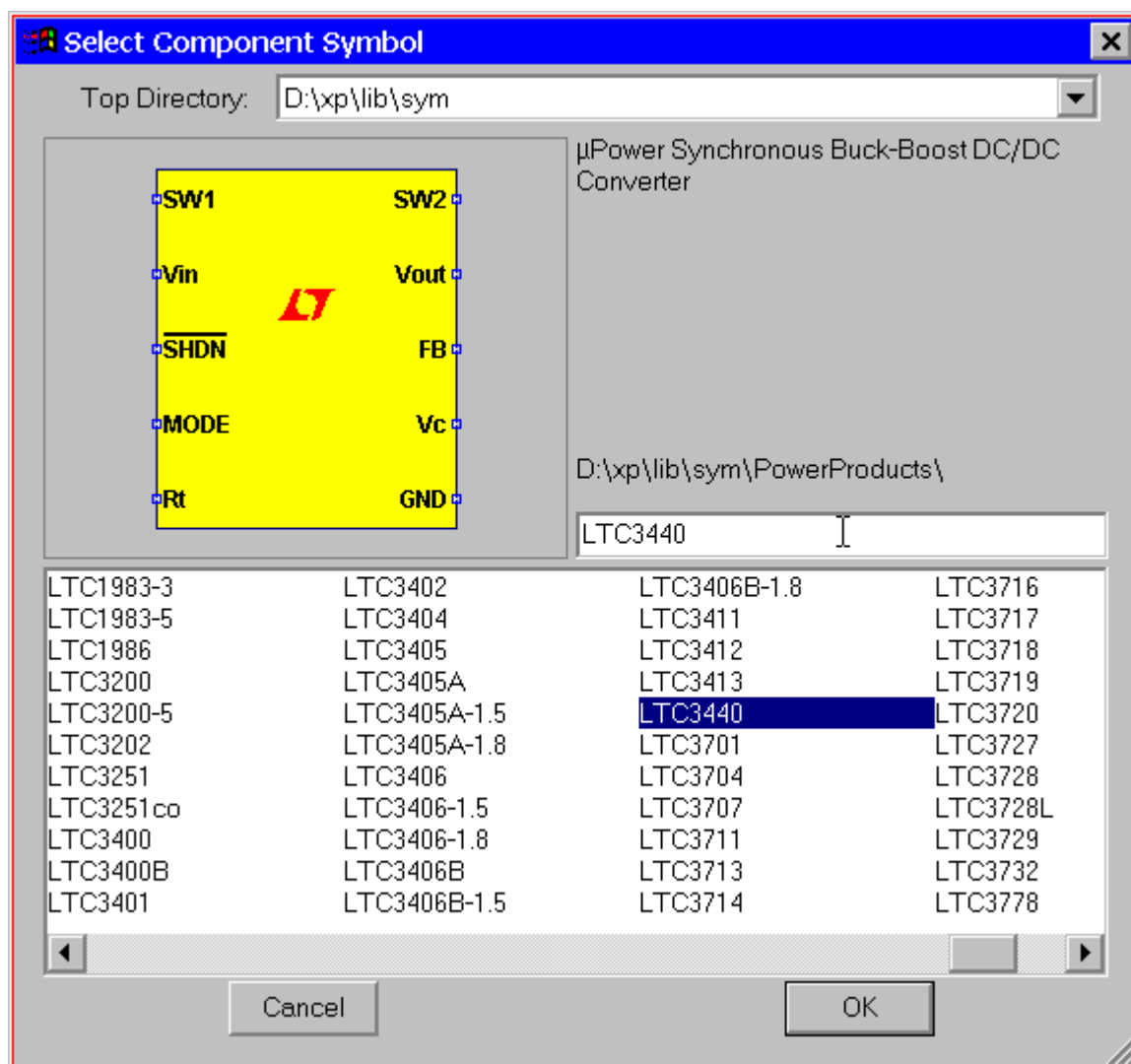


Примечание: Неэлектрические графические аннотации, сделанные к описанию схемы, например, линии и круги, отображены в том же самом цвете как символ компонента.

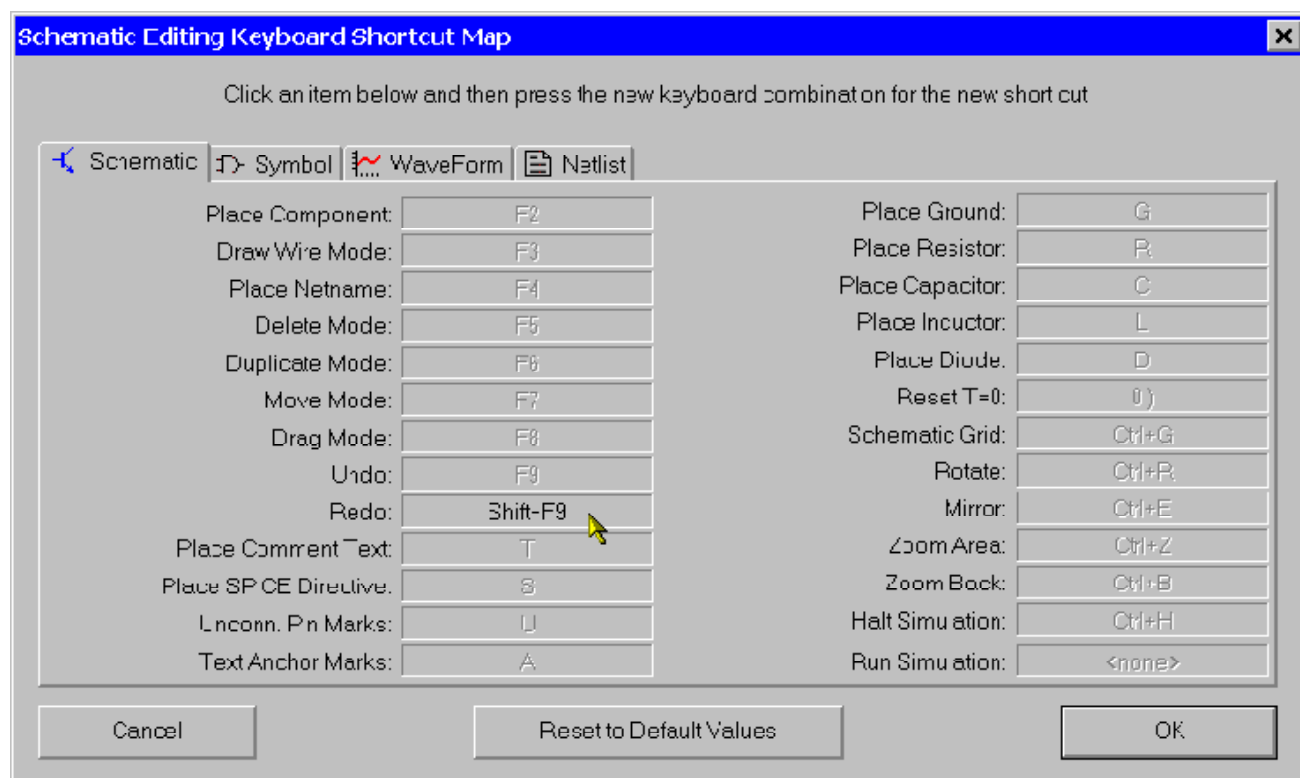
## Размещение новых компонентов

Определенные часто используемые компоненты, например, резисторы, конденсаторы, и катушки индуктивности, могут быть выбраны с кнопки панели для того, чтобы поместить их в описание схемы.

Для большинства обозначений, используйте команду меню Edit=>Компонент, чтобы запустить диалог просмотра для прибора, который Вам нужен.



## Программирование горячих клавиш



Команда меню Tools=>Control Panel=>Drafting Options=>Hot Keys позволяет Вам программировать горячие клавиши клавиатуры для

большинства команд. Мышью отметить команду и затем нажать клавишу или комбинацию клавиш, которую требуется закодировать для команды. Чтобы удалить ярлык, нажмите на команду и нажмите клавишу "Delete".

## Импорт списка соединений печатной платы

Команда меню Tools=>Export Netlist позволяет Вам генерировать список соединений ASCII для схемы размещения печатной платы. Обратите внимание, что необходимо установить символы с тем же порядком выводов, как в списке соединений. Например, если бы Вы хотите импортировать список соединений описания схемы LTspice в ExpressPCB <<http://www.expresspcb.com>>, необходимо бы сделать ряд обозначений для каждого LTspice или ExpressPCB с одинаковым порядком списка соединений относительно каждого обозначения, которое Вы используете. Иначе диоды могут поменять полярность или транзисторные выводы перепутаться.

Следующие форматы доступны: Accel, Algorex, Allegro, Applicon Bravo, Applicon Leap, Cadnetix, Calay, Calay90, CBDS, Computervision, EE Designer, ExpressPCB, Intergraph, Mentor, Multiwire, PADS, Scicards, Tango, Telesis, Vectron, and Wire List.

## Редактирование компонентов

Компоненты могут быть отредактированы двумя или тремя различными способами, в зависимости от типа компонента:

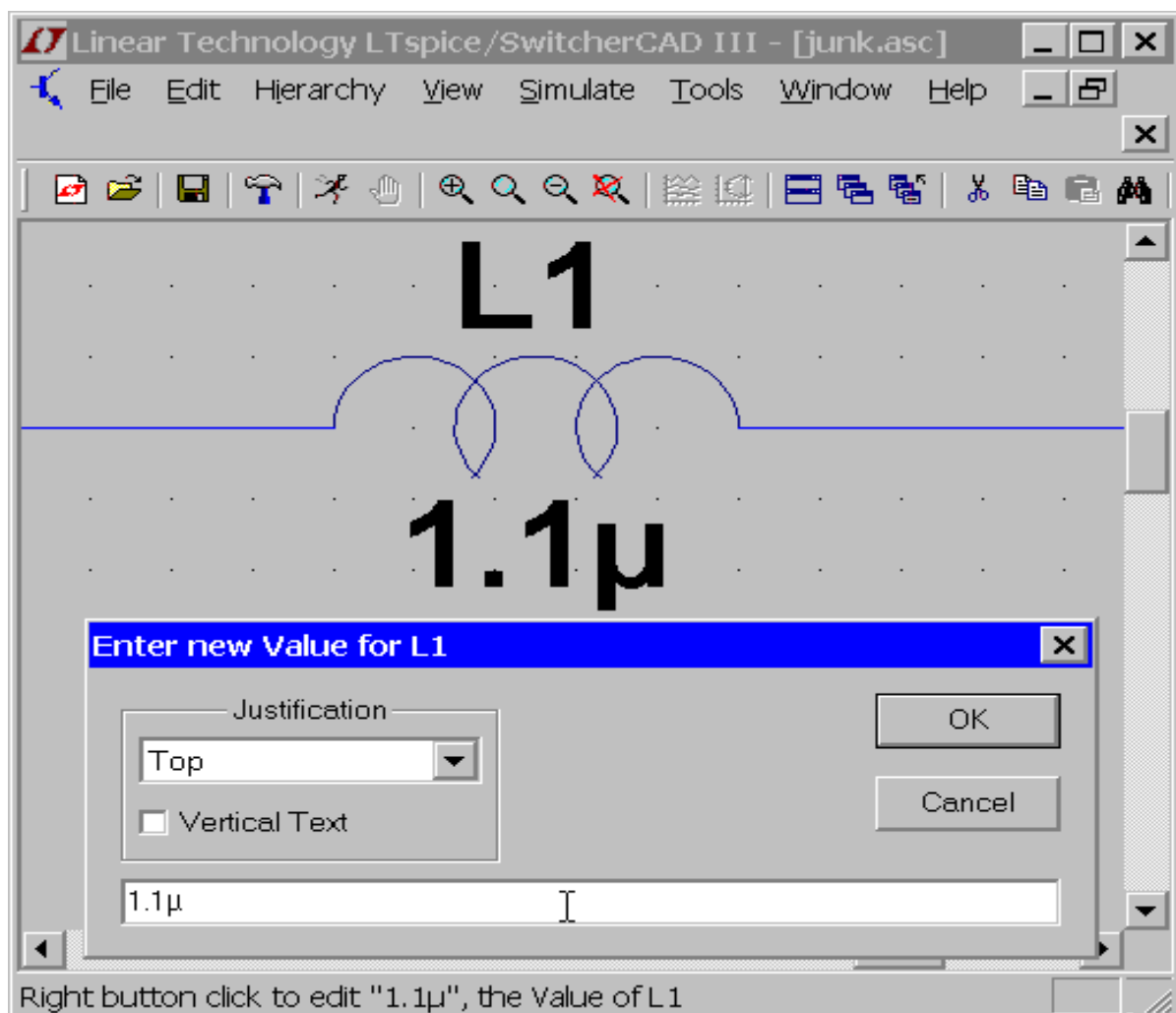
1. Большинство видимых полей атрибута компонента может быть отредактировано при указании на это с мышью и затем правым щелчком. Курсор мыши превратится в текстовый символ "^", когда он укажет на текст.

2. У многих типов компонента, например, резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, биполярных транзисторов, транзисторов MOSFET, транзисторов JFET, независимых источников напряжения, независимых источников тока, и иерархических блоков схемы есть специальные редакторы. Эти редакторы могут обратиться к соответствующей базе данных приборов. Чтобы использовать эти редакторы, правый клик мышью на символе компонента.

3. Поместить мышь на обозначение, удерживать клавишу CTRL, и нажать правую кнопку мыши. Появится диалоговое окно с отображением всех доступных атрибутов обозначения. Рядом с каждым полем флажок, чтобы указать, должно ли поле быть видимым на описании схемы.

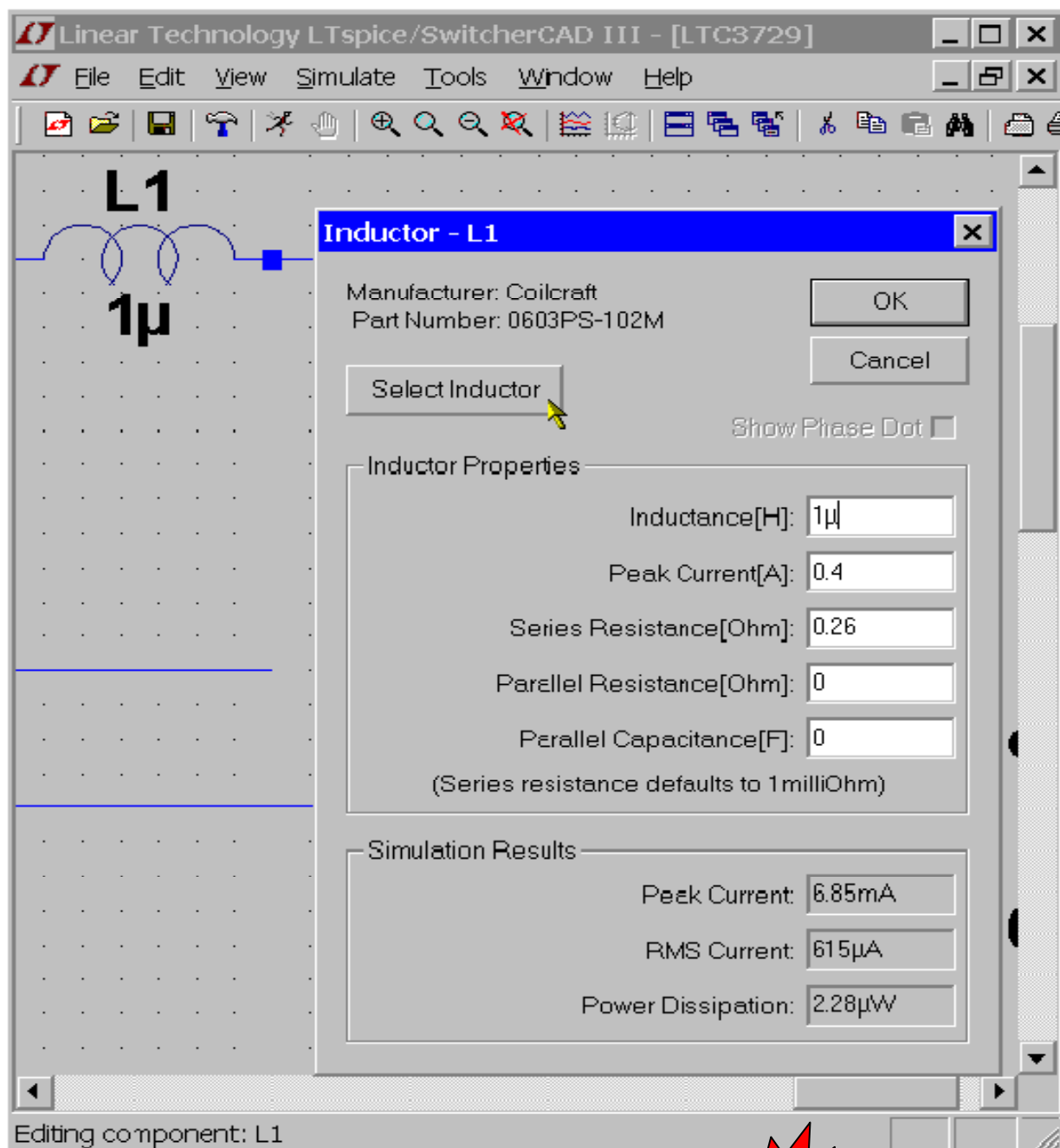
## Редактировать видимый атрибут

Большинство видимых полей атрибута компонента может быть отредактировано при указании на это с мышью и затем правым щелчком. Курсор мыши превратится в текстовый символ "^", когда он укажет на текст. Это – удобный способ изменить значение компонента.



## Специализированные Редакторы Компонента

Много типов компонентов, такие – резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, диоды, биполярные транзисторы, транзисторы MOSFET, транзисторы JFET, независимые источники напряжения, независимые источники тока, и иерархические блоки схемы имеют специальные редакторы. Эти редакторы могут обратиться к соответствующей базе данных связанных компонентов. Чтобы использовать эти редакторы, правый клик мышью на символе компонента.



## Общий Редактор Атрибута

Иногда по умолчанию задано получить прямой доступ к каждому действующему атрибуту компонента, редактировать их информационные наполнения и обозримость. Редактор позволяет это делать. Поместив мышь на символе, удерживая клавишу CTRL, правый щелчок мышью, появится диалоговое окно, где отображены все действующие атрибуты символа. Рядом с каждым полем флажок, чтобы указать, должно ли поле быть видимым на описании схемы.

Атрибуты SpiceModel, Value, Value2, SpiceLine, и SpiceLine2 являются полным значением компонента. В терминах SwCAD компонент есть "схемосписочный элемент" (netlisted) для SPICE, в виде строки. Выглядит эта строка компонента в SPICE netlist следующим образом:

```
<имя node1 node2> [...] <SpiceModel>
+ <Value> <Value2> <SpiceLine> <SpiceLine2>
```

Префиксный символ атрибута содержит префикс к указателю ссылки, если различное чем первый символ указателя ссылки. Символ Prefix и InstName будут разделены с '\$' символом в этом случае. Например,

если у Вас будут Префиксный атрибут "M" и атрибут InstName "Q1", то именем в списке соединений будет M\$Q1. Это позволяет, что Вы используете указатели ссылки с ведущим символом, различным чем использования SPICE, чтобы идентифицировать тип прибора.

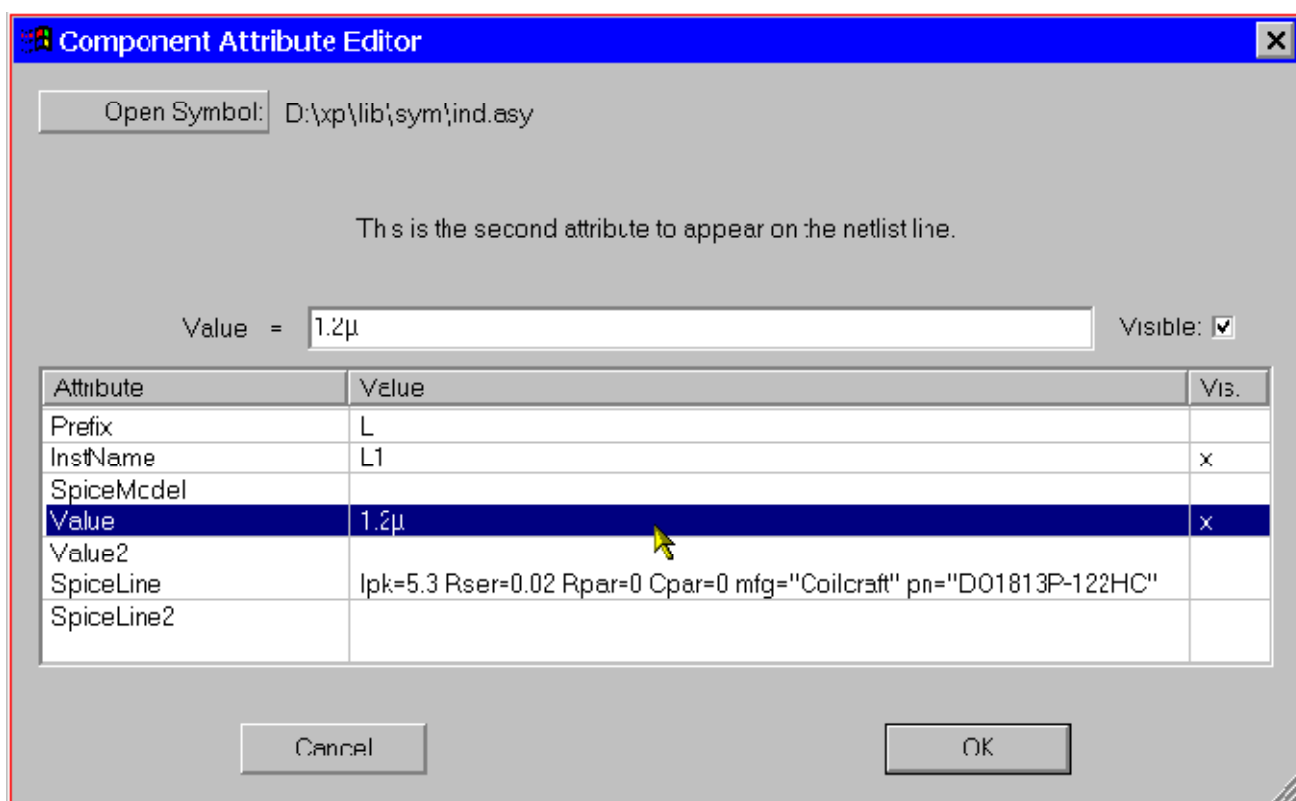
Есть три исключения к вышеупомянутому правилу. Есть одно специальное обозначение, переключатель, она не транслируется в схемный элемент, но является директивой на датчик списка соединений, это два различных имени для того же самого электрически идентичного узла. Другое исключение - обозначение, определенное, чтобы иметь префикс 'X' и определенные атрибуты Value и Value2. Такие списки соединений компонента занимает две строки SPICE:

```
.lib <SpiceModel>
<имя node1 node2> [...] <Value2>
```

Это позволяет, что обозначения, которые будут определены этот автоматически, включают эту библиотеку, содержит определение подсхемы, названной компонентом. Компилятор списка соединений удаляет, копируют.lib операторов. Обратите внимание, что такие компоненты не доступны для редактирования на описании схемы. Третье исключение - это обозначение, имеет другое исключение, обозначение, определенное, чтобы иметь префикс 'X' и определенный атрибут ModelFile. Такой компонент также списки соединений как две строки SPICE:

```
.lib <ModelFile>
<имя node1 node2> [...] <SpiceModel> <Значение> <Value2>
<SpiceLine> <SpiceLine2>
```

Использовать этот метод, когда Вы хотите автоматически включить библиотечный файл, и всё же хотят иметь экземпляр класса этого доступного для редактирования обозначения. Если атрибут обозначения SpiceModel будет существовать и будет именем подсхемы в файле, установленном как <ModelFile> тогда, то список снижения всех имен подсхем будет доступен, когда экземпляр класса обозначения будет отредактирован на описании схемы.



## Создание новых символов

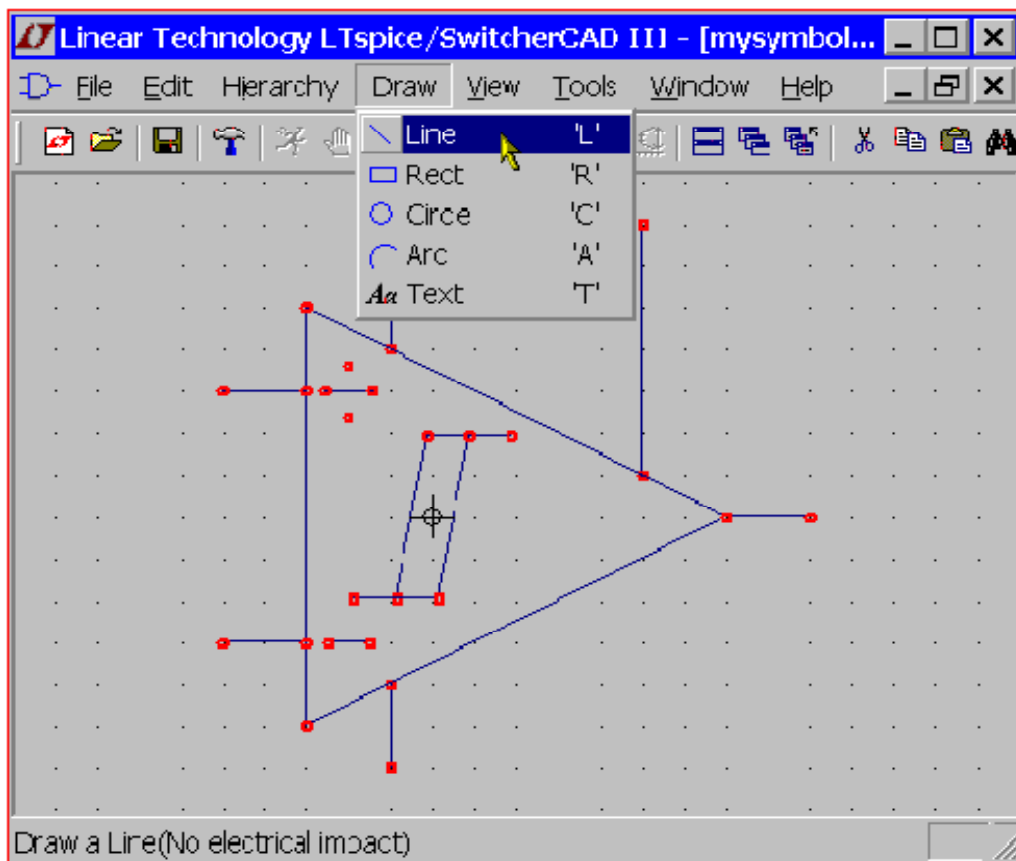
### Обзор редактора обозначений

Обозначения могут представить примитивный прибор, например, резистор или конденсатор; библиотечная подсхема в отдельном файле; или другая страница описания схемы. Этот раздел описывает, как определить Ваши собственные новые обозначения. Чтобы запустить новое обозначение, используйте команду меню File=>New Symbol.

ОТМЕТИТЬ: обновления Экрана во время редактирования обозначения могут быть медленными. Если это – задача с Вашей видео платой, уменьшите размер окна редактирования обозначения, чтобы ускорить перерисовки экрана и/или уменьшите цветную разрешающую способность экрана. Это даст лучшую реакцию на движение мыши.

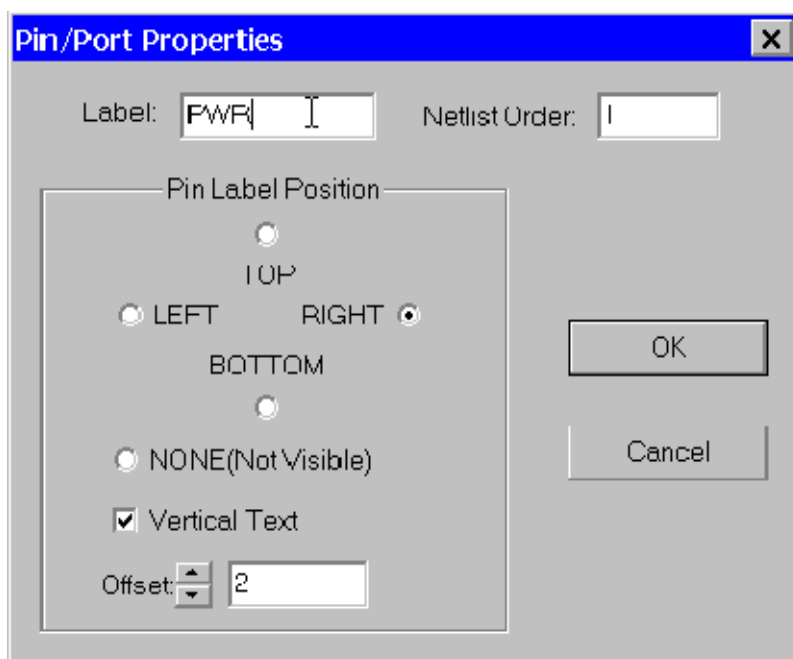
### Рисунок символа

Вы вычерчиваете символ обозначения как ряд строк, прямоугольников, кругов, и дуг. Объекты не оказывают электрического влияния на схему. Можно также вычертить текст на обозначении с Draw=>Text, эта команда не оказывает влияния на схему. Точки привязки объекта вычерчиваются с небольшими красными кругами, для перемещения захватить их вокруг. Можно переключить красные маркировочные отметки выкл. и вкл. с командой меню View=>Mark Привязки Объекта.



## Добавление Выводов

Выводы позволяют подключение к обозначению электросети. Использовать команду меню Edit=>Add Pin/Port , чтобы добавить новый вывод.



"Pin Label Position" определяет, как метка вывода представляется. "TOP", "BOTTOM", "LEFT", и "RIGHT" являются текстовыми выравниваниями. Например, если метка вывода будет выровненной TOP, то вывод (точка привязки текстового выравнивания метки) будет выше метки. Если обозначение представляет элемент примитива SPICE или подсхему от библиотеки, то метка вывода не оказывает прямого электрического влияния на схему. Однако если обозначение представляет описание схемы низшего уровня

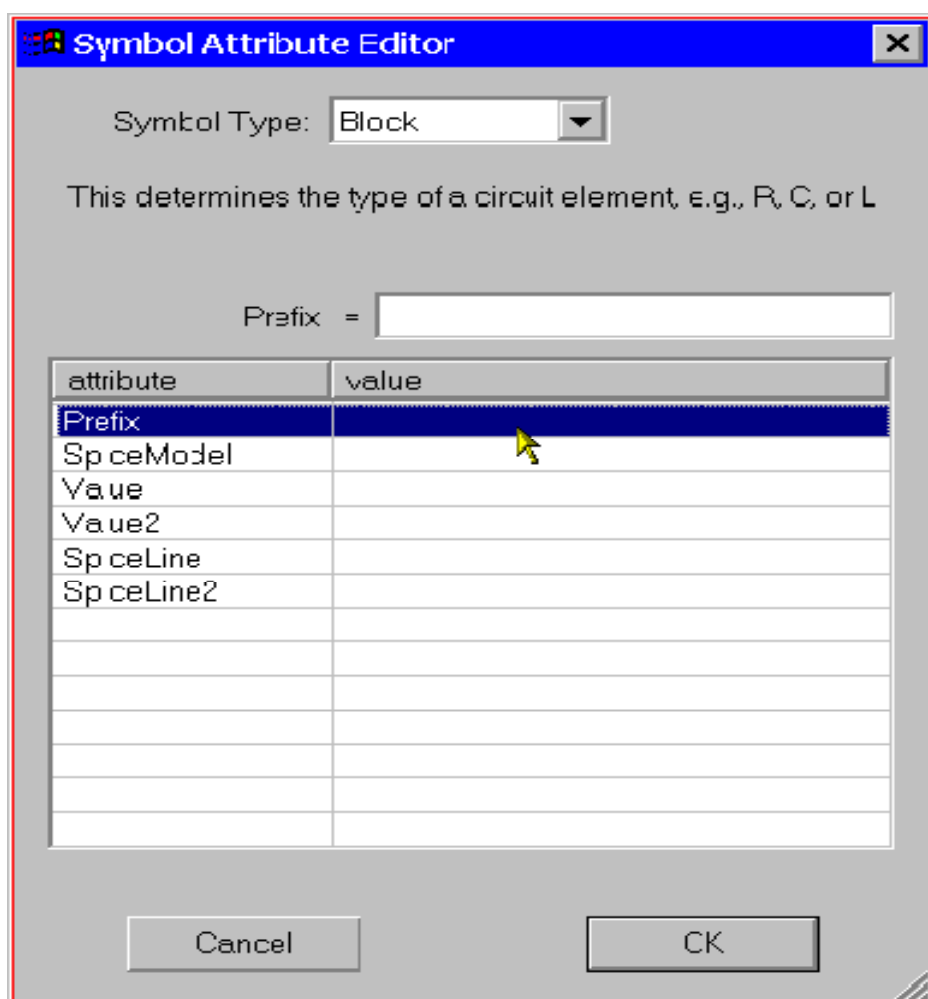


иерархического описания схемы, то имя вывода существенно как имя сети в более низком описании схемы уровня.

"Netlist Order" определяет порядок (номер) этого вывода в записи netlist для SPICE.

## Добавление Атрибутов

Можно определить атрибуты по умолчанию для компонента, используя команду меню Edit => Attributes => Edit Attributes. Самый важный атрибут называют "Префиксом". Он определяет основной тип компонента. Если компонент представляет примитив SPICE, у обозначения должен быть соответствующий префикс, R для резистора, C или конденсатора, M для MOSFET, и т.д. См. ссылку LTspice для полного набора доступных примитивов SPICE. Префикс должен быть 'X', если Вы хотите использовать компонент, чтобы представить подсхему, определенную в библиотеке.



Атрибуты обозначения могут быть изменены в экземпляре класса обозначения компонента в описании схемы. Например, если у Вас есть обозначение для MOSFET с префиксным атрибутом 'M', можно изменить префикс на 'X', на основе экземпляра одного класса экземпляром другого класса так, чтобы транзистор мог быть оформлен как подсхема.

Специальная комбинация этих атрибутов заставит требуемую библиотеку быть автоматически включенной в каждое описание схемы при использования обозначения:

Префикс: X

SpiceModel: <имя файла, включающего SPICEмодель>

Value: <Что должно быть видимым на описании схемы>

Value2: <значение, которое должно быть в списке соединений>

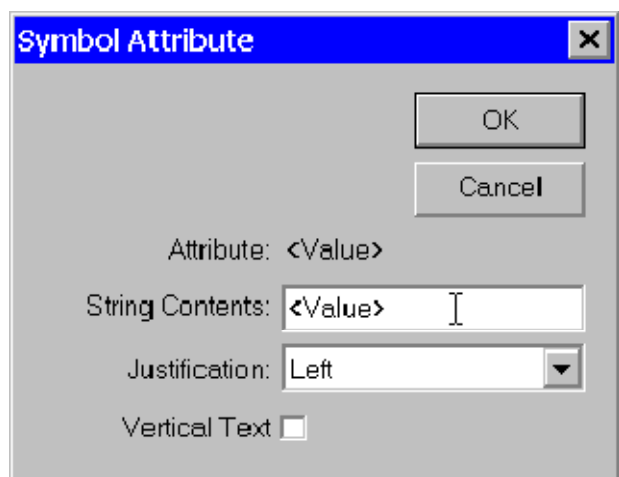
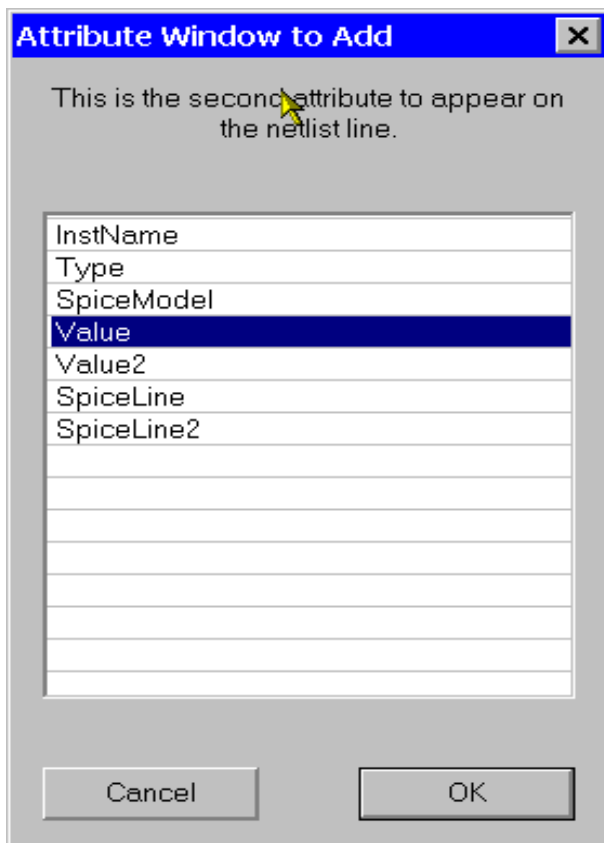
Value2 был бы должен совпасть с именем подсхемы, определенным в файле, включающем spicemodel, и может передать дополнительные параметры для подсхемы. Когда обозначение определяется этим способом, экземпляром класса обозначения, компонент на описании схемы не может быть отредактирован, чтобы иметь измененные атрибуты.

Если требуется, чтобы обозначение представило другую страницу иерархического описания схемы, все атрибуты должны быть пустым пробелом, тип обозначения должен быть изменен "Cell" на "Block". Никакие атрибуты со значением не должны быть установленными.

Может быть указан атрибут обозначения ModelFile. Это используется для имени файла, который будет включен в список соединений как библиотека. Смотрите, что символ и подсхема это пара .\lib\sym\Opamps\lpole.asy и .\lib\sub\lpole.sub, чтобы видеть пример утилиты этого атрибута. Если префиксный атрибут 'X', это атрибут обозначения, определенный SpiceModel, и это подсхема, определенная в модельном файле, то список снижения всех имен подсхем будет доступен, когда экземпляр класса компонента будет отредактирован на описании схемы.

## Обозримость Атрибута

Можно редактировать обозримость атрибутов, используя команду меню Edit => Attributes => Окно Атрибута. После того, как Вы выберете атрибут этим диалогом, Вы тогда будете в состоянии позиционировать его, где Вы желаете поместить символ.



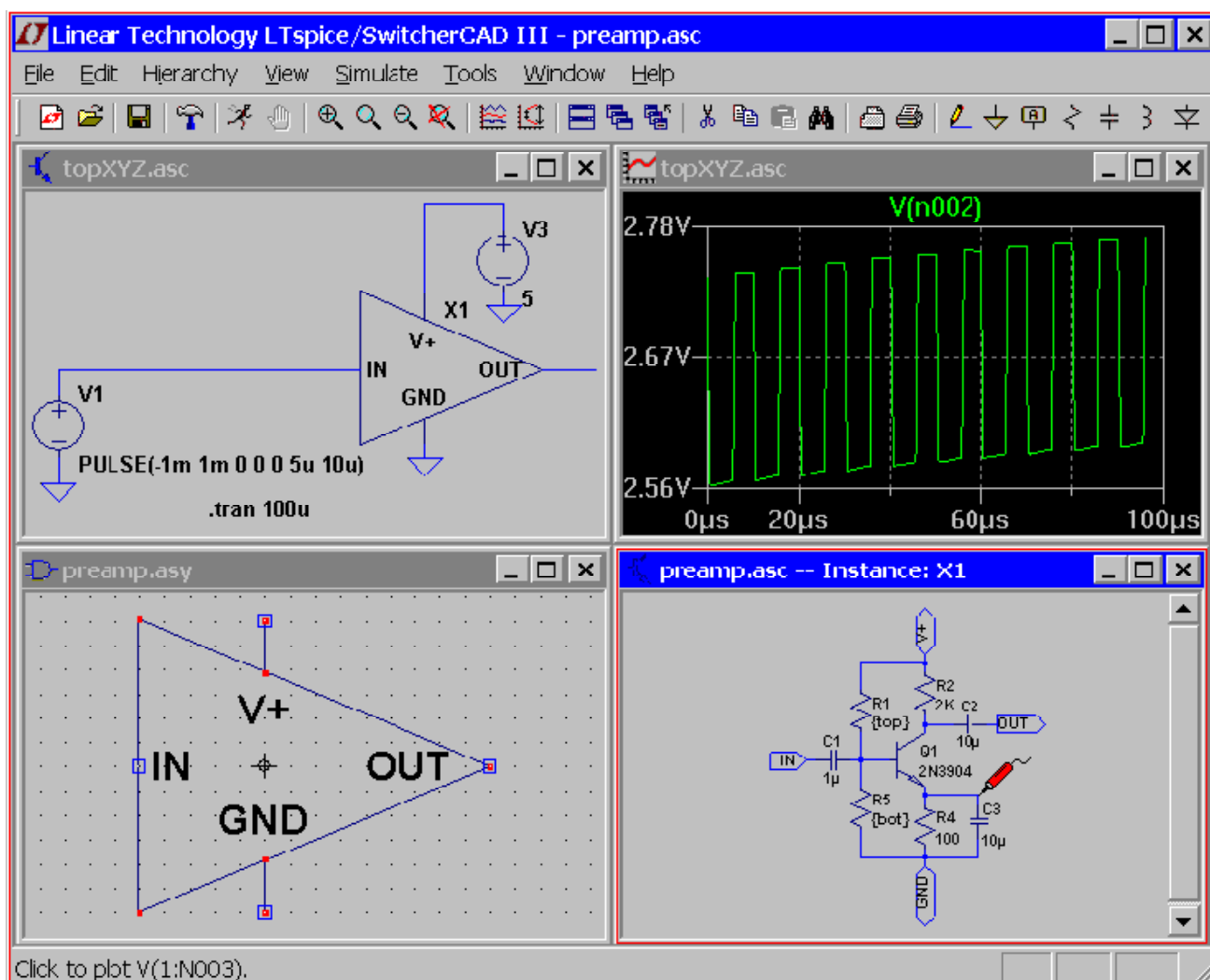
Можно изменить текстовое выравнивание и информационные наполнения атрибутов размещенных символов правой мышью, нажимающей на текст атрибута.

# Краткий обзор Иерархии

У иерархического составления описания схемы есть сильные преимущества. Могут быть вычерчены намного большие схемы, чем можно подогнать на одно листовое описание схемы при сохранении ясности меньших описаний схемы. Вторичная схема легко обрабатывается абстрактным способом. Блоки схемы могут быть библиотечными для последнего использования в различном проекте.

## Правила Иерархии

Способ именовать вложенные схемы как блок в высокоуровневом описании схемы состоит в том, чтобы создать символ с тем же самым именем как описание схемы блока и затем размещении этого компонента в высокоуровневое описание схемы. Например, если у Вас есть описание схемы верхнего уровня, названное `topXYZ.asc` и другой файл описания схемы, названный `preamp.asc` требуется поместить в описании схемы `topXYZ`, тогда создают символ, названный `preamp.asy`, и помещают экземпляр этого символа на описании схемы `topXYZ`. Электрическое обеспечение связи между описаниями схемы устанавливается при присоединении проводов схемы более высокого уровня к выводам блока более низкого уровня, эти выводы есть имена узлов в описании схемы низшего уровня. Имена символов, используемых как блоки, и имена описаний схем, передаваемых этому блоку, должны состоять из допустимых символов, может использоваться имя файла без пробелов.



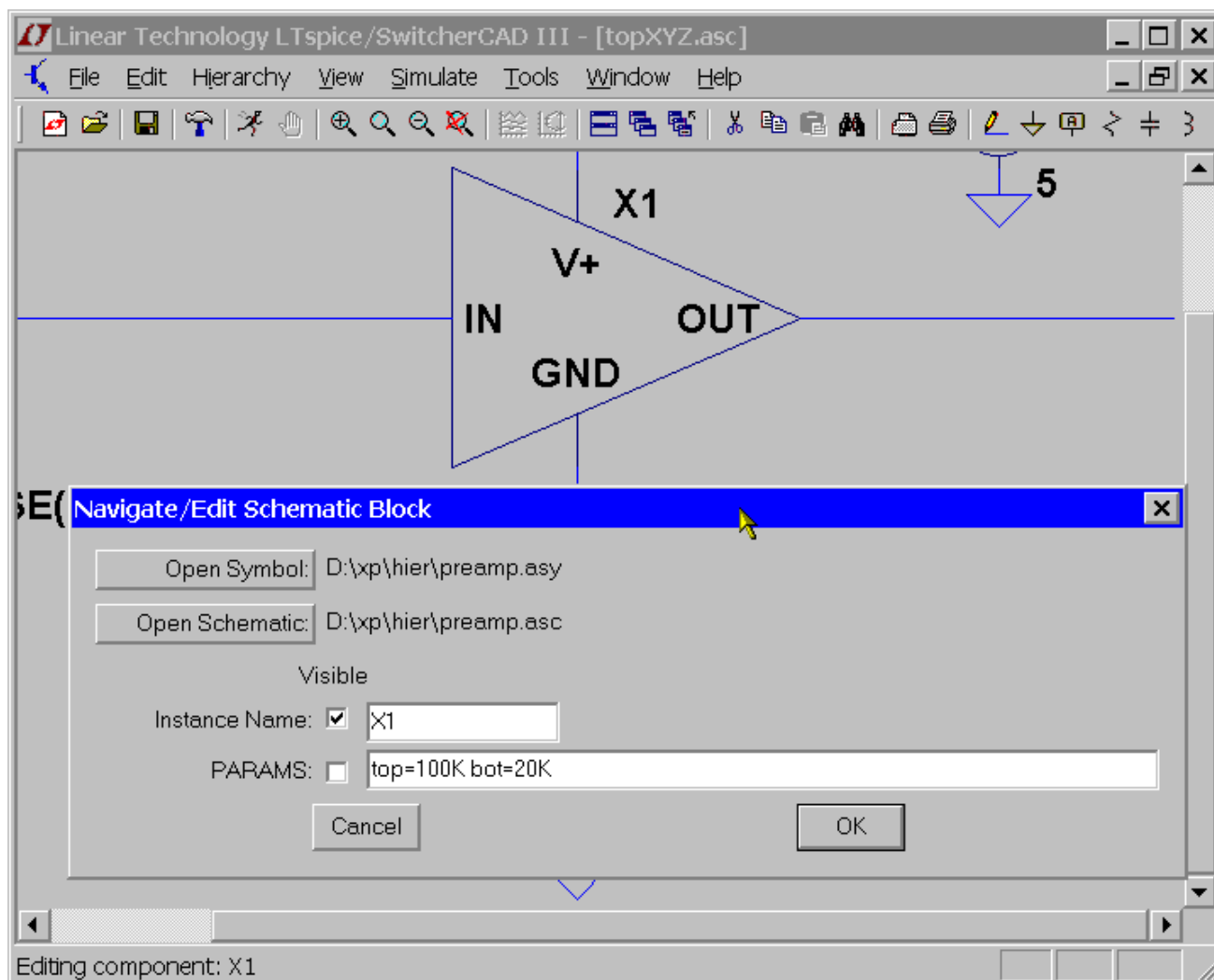
LTspice будет смотреть в каталоге схемы верхнего уровня для компонентов и блоков, чтобы завершить описание схемы верхнего уровня.

У компонента, который Вы создаете, чтобы представить блок описания схемы низшего уровня, не должно быть никаких определенных атрибутов.

## Управление Иерархией

Любой файл, открытый командой File=>Open считается описанием схемы верхнего уровня. Можно добавить директивы SPICE к этому блоку и выполнить моделирование используя только его, или добавить любые описания схемы низшего уровня, на которые он ссылается.

Чтобы открыть блок схемы как экземпляр блока схемы более высокого уровня, сначала откройте описание схемы более высокого уровня и затем переместите мышью в символ экземпляра, вызывающего блок. Когда правый клик мышью на экземпляре этого символа, специальный диалог появляется, что позволяет Вам открывать описание схемы. Когда Вы открываете описание схемы этим способом, можно перенести тестовое сообщение узлы и ток в блоке. Обратите внимание, что у Вас должны быть опции "Save Subcircuit Node Voltages" и "Save Subcircuit Device Currents" отмечены Save Defaults Pane of the Control Panel. Кроме того, если Вы подсветили узел на описании схемы верхнего уровня, тот узел будет также подсвечен в более низком блоке уровня.



Обратите внимание, что диалог, также позволяет Вам вводить параметры, чтобы пройти к этому экземпляру схемы в preamp.asc.

# Просмотр Формы сигнала

## Краткий обзор

SwitcherCAD III включает интегрированное средство просмотра формы сигнала, которое позволяет законченный контроль способа черчения данных моделирования.

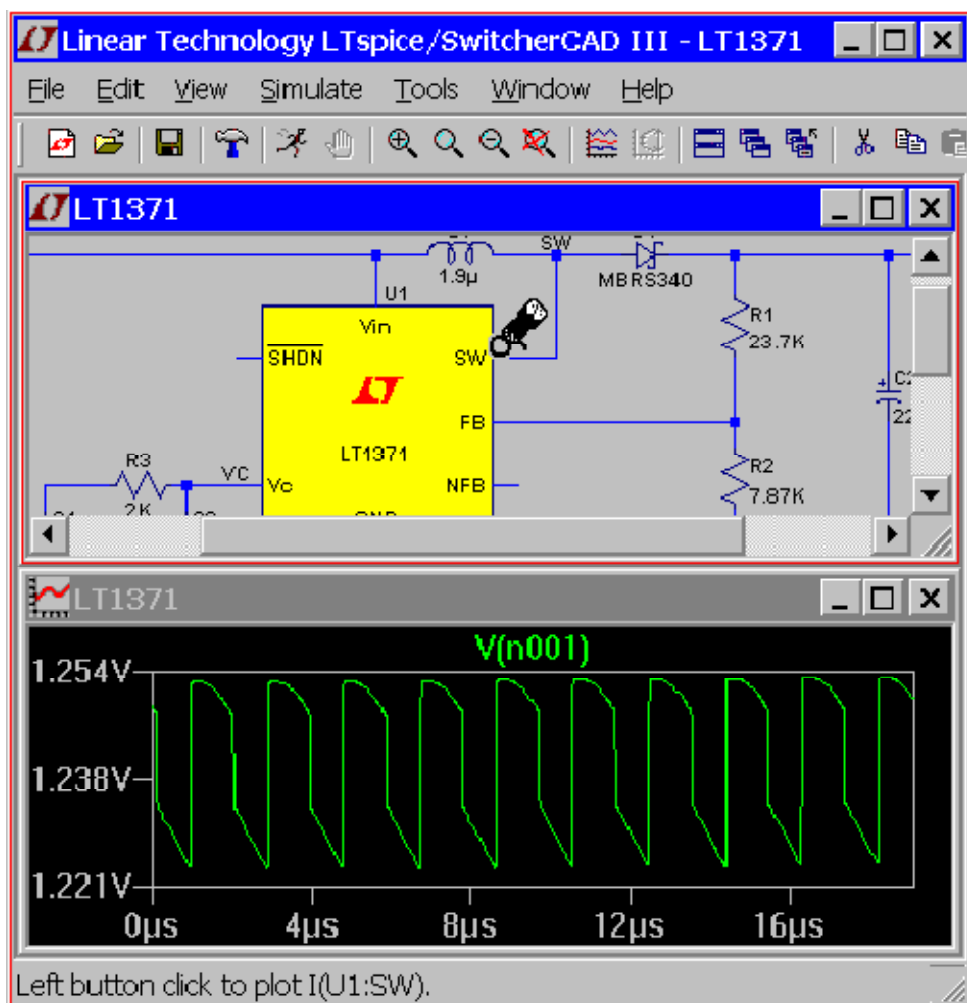
## Выбор отображаемых графиков

Есть три основных средства выбора отображаемых графиков.

1. Исследование непосредственно из описания схемы
2. Команда меню Plot Settings=>Visible Traces
3. Команда меню Plot Settings=>Add Trace

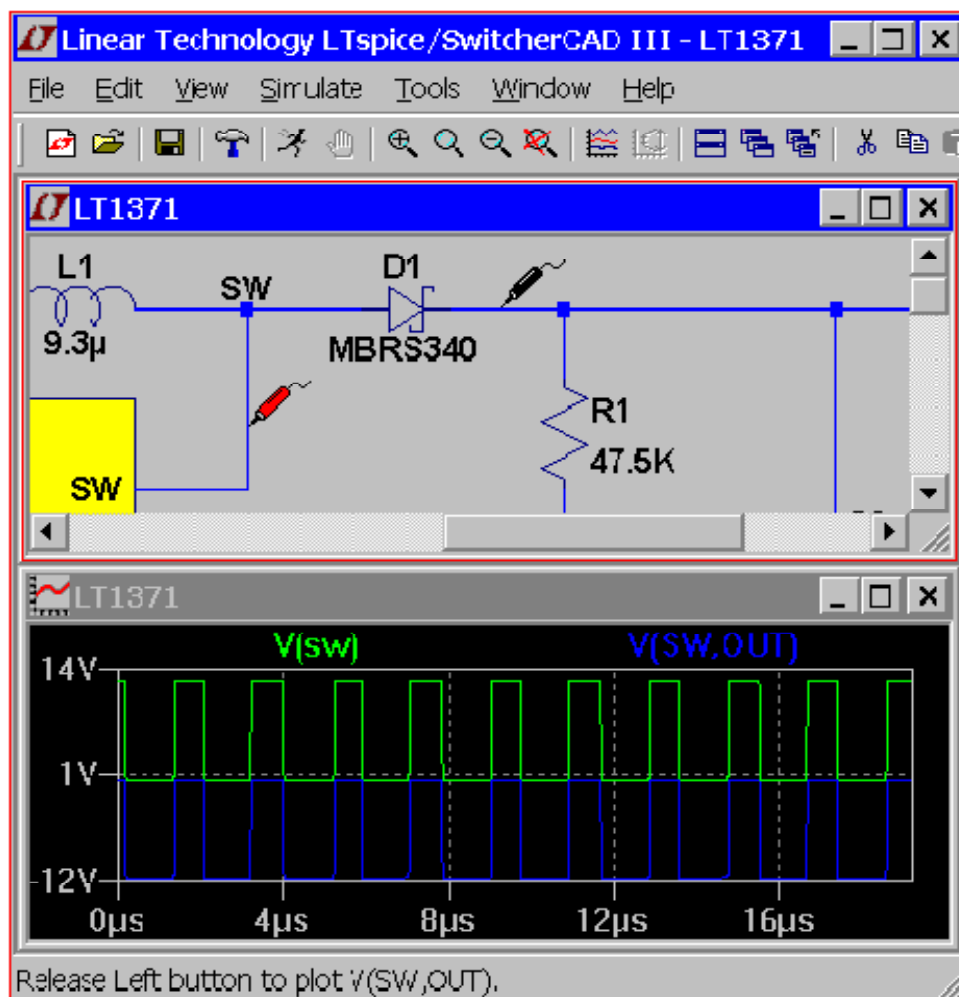
Undo и Redo команды позволяют Вам выбирать и возвращать выбор различных отображаемых графиков независимо от того, какой метод выбора используется.

1. Исследование непосредственно от описания схемы:



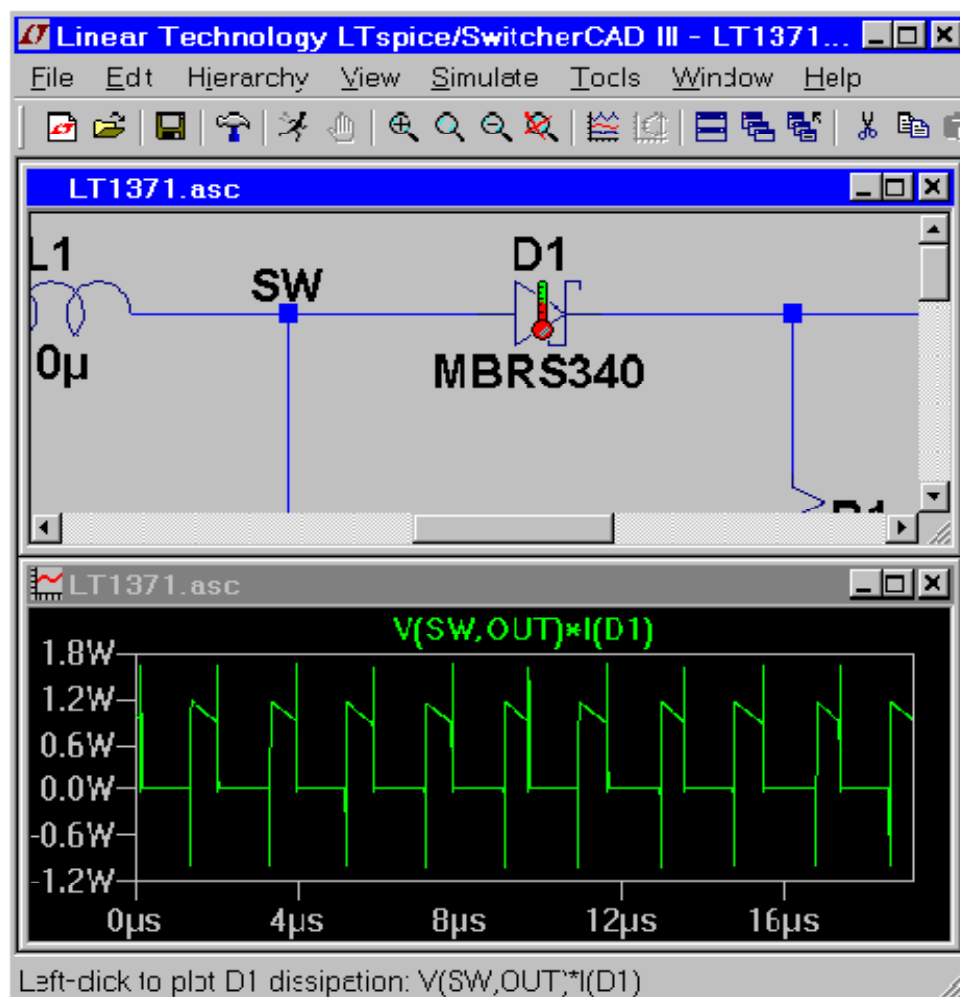
Самый простой метод должен просто исследовать описание схемы. Вы просто указываете и нажимаете на проводе, чтобы чертить напряжения на этом проводе. Вы чертите график тока через любой компонент с двумя подключениями (как резистор, конденсатор или катушка индуктивности) при нажатии на символ компонента. Это работает на

любом уровне иерархии схемы. Можно также чертить график тока в компоненте с больше чем двумя выводами, при нажатии на тот вывод символа, ток которого желаете отобразить, направление тока входящее в компонент. Если Вы нажмете то же самое напряжение или ток дважды, то все другие трассировки будут стерты, и дважды нажатая трассировка будет чертиться отдельно. Можно удалить индивидуальные трассировки при нажатии на метку трассировки и выбором удаляющей команды. Скриншот показывает, как указать на ток вывода. Обратите внимание, что курсор мыши превращается в значок, который похож на зажим на амперметре, когда это указывает на ток, который будет чертиться.

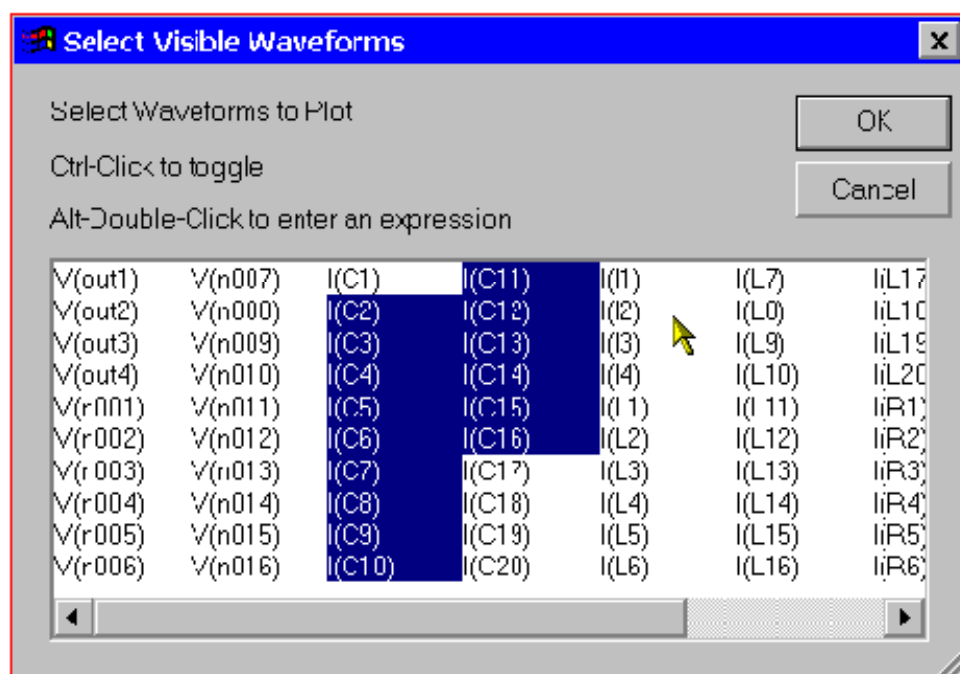


Также возможно указать на разность напряжения мышью. Можно нажать на один узел и перетащить мышь к другому узлу. Вы будете видеть красный вольтметровый щуп в первом узле и черное тестовое сообщение на втором. Это позволяет Вам чертить разность напряжения.

Еще один график чертит мощность мгновенного рассеяния компонента. Чтобы сделать это, удержите клавишу ALT и нажмите на символ компонента. Мгновенное рассеяние энергии будет чертиться как произведение напряжений и токов. Это будет чертиться в своем собственном масштабе с единицами Ватт. Курсор мыши превращается в значок, который похож на термометр, когда он указывает на мощность, которая может чертиться. Можно найти усредняющееся рассеяние энергии щелчком трассировочной метки и удерживая клавишу Ctrl.



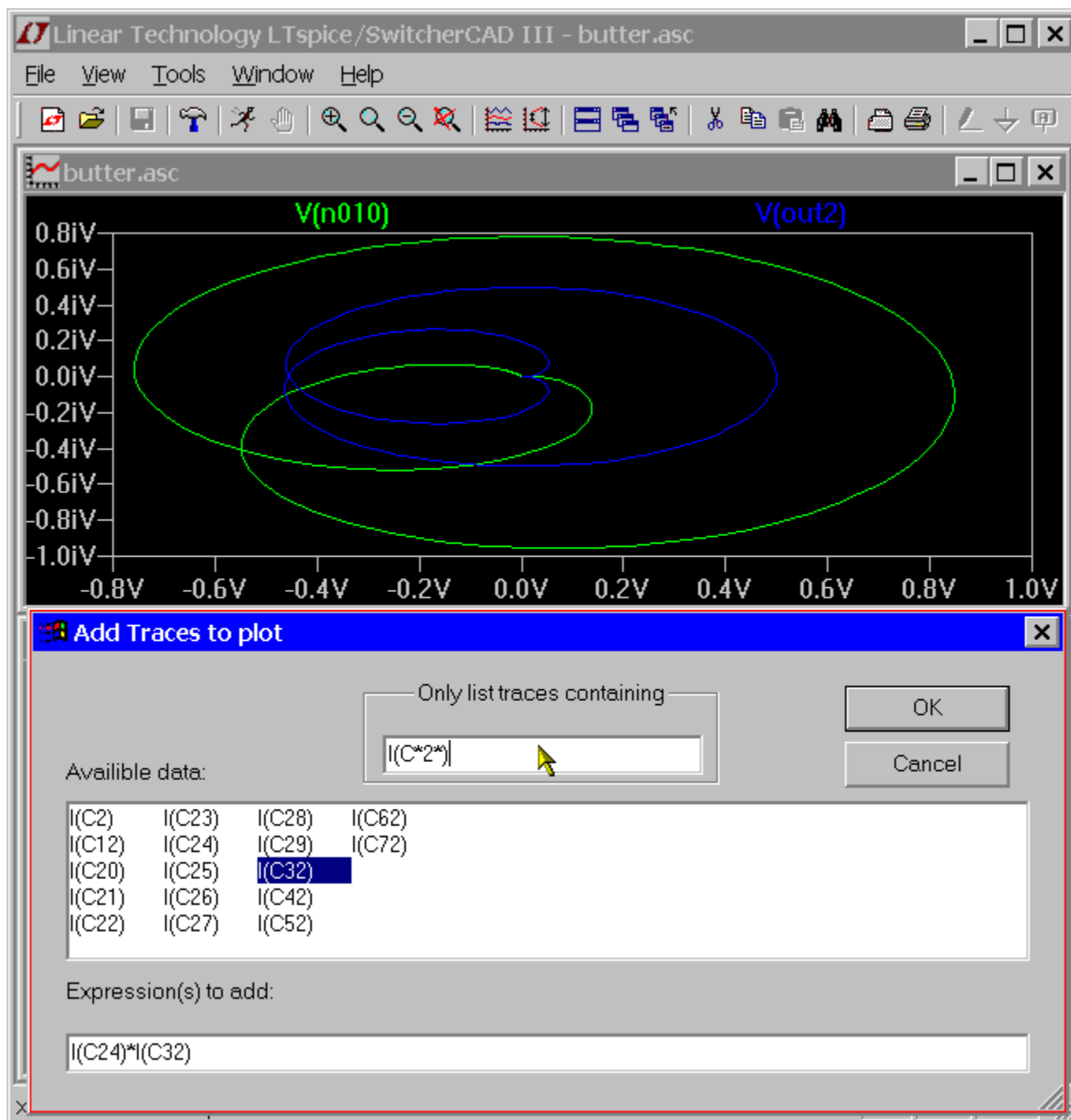
2. Команда меню Plot Settings=>Visible Traces:



Команда меню Plot Settings => Видимые Трассировки является диалогом, видимым в начале составления графика данных при моделировании. Это позволяет Вам выбирать начальные трассировки, чтобы запустить график. Это также дает Вам, произвольный доступ к полному списку графиков.

3. Команда меню Plot Settings=>Add Trace: похожа на команду Plot Settings => Visible Traces. Однако с ней невозможно удалить трассировки, которые уже видимы. У нее есть две полезных

возможности. Это окно редактирования сверху диалога, которое позволяет Вам вводить шаблон кодовых комбинаций. Только проследите имена, которые соответствуют шаблону, будут показаны в диалоге. Это очень полезно для обнаружения трассировки, когда можно только частично помнить имя. Кроме того, здесь немного проще составить переменную трассировочных данных, потому что можно нажать на имя в диалоге вместо того, чтобы печатать имя.

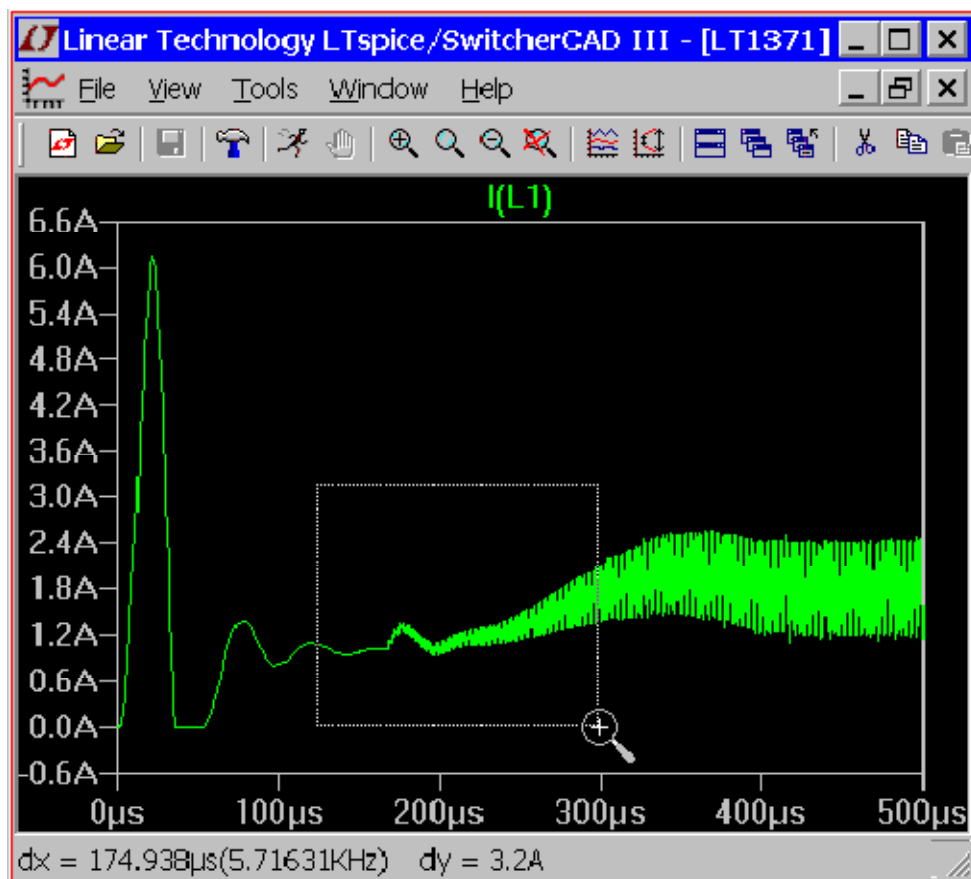


## Изменение масштаба изображения

LTspice/SwitcherCAD III автоизменяет масштаб изображения всякий раз, когда есть новые данные, чтобы чертить. Чтобы изменить масштаб изображения на участке, просто перетащите рамку вокруг области, которую требуется видеть увеличенной.

Кнопки панели и команды меню для того, чтобы изменить масштаб изображения, панорамирование, и возвратиться к автомасштабу изменяют масштаб изображения. Примечание: команды Undo и Redo позволяют делать обзор различного масштаба изображения.





## Арифметика Формы сигнала

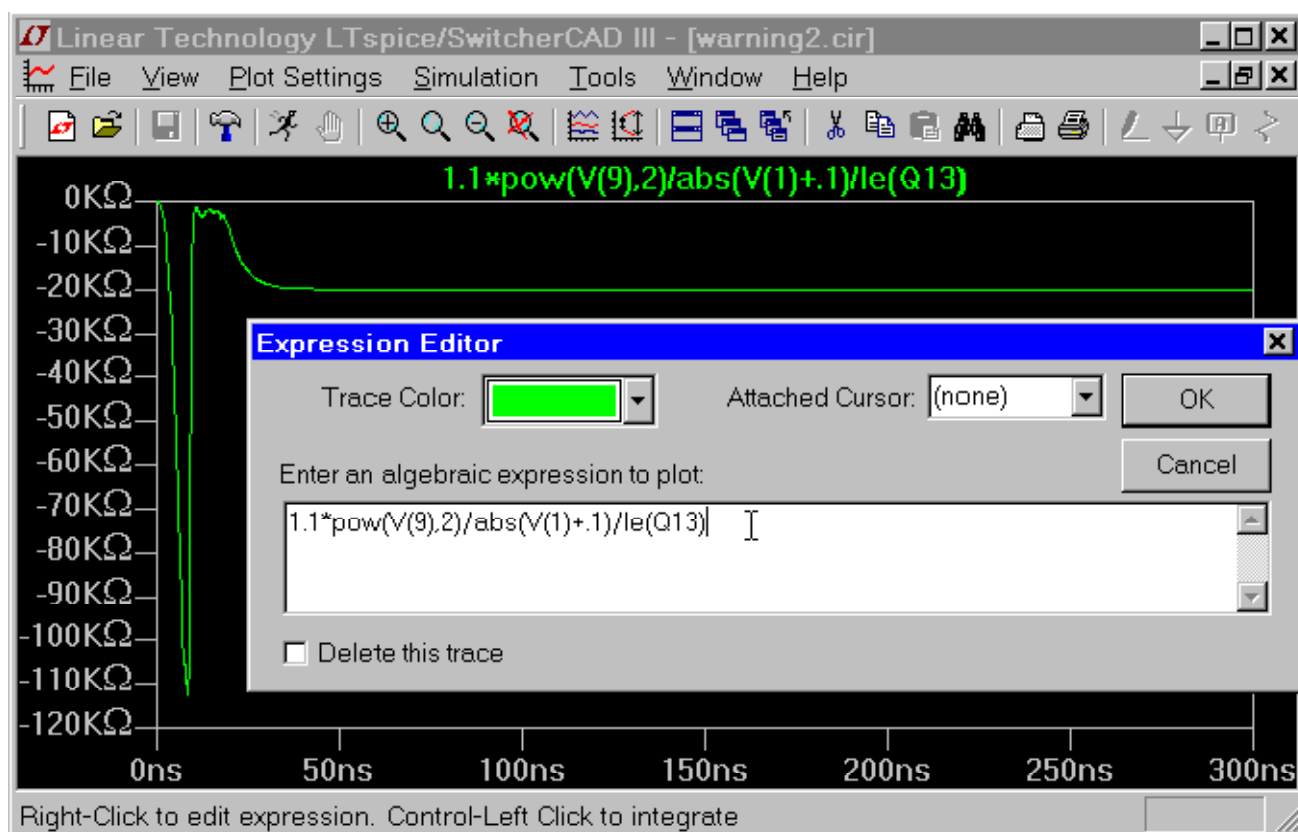
Есть три типа математических операций, которые могут быть выполнены на данных формы сигнала:

1. Отобразить математические выражения для графиков.
2. Вычислить УСРЕДНЕННОЕ или СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЕ значение графика.
3. Отобразить преобразование Фурье графика.

1. Математические выражения трассировок.

Обе команды View=>Visible Traces и View=>Add Trace позволяют вводить математические выражения данных. Другой метод чертить математические выражения доступных данных моделирования – переместить мышь в метку трассировки и правый щелчок. Это диалоговое окно также позволяет Вам выбирать цвет трассировки и позволяет Вам прикреплять курсор к форме сигнала. LTspice будет проводить размерное исследование выражения, и чертить его по вертикальной оси, помеченной теми единицами. Все формы сигнала в области окна вычерчивания с теми же самыми единицами чертятся на той же самой оси.

Разность двух напряжений  $V(a) - V(b)$  эквивалентно записи  $V(a, b)$ .



Следующие функции доступны для действительных данных:

Имя функции	Описание
<code>abs (x)</code>	Абсолютное значение x
<code>acos (x)</code>	Арккосинус x
<code>arccos (x)</code>	Синоним для Арккосинус x
<code>acosh (x)</code>	Арккосинус гиперболический x
<code>asin (x)</code>	Арсинус x
<code>arcsin (x)</code>	Синоним для Арксинус x
<code>asinh (x)</code>	Арсинус гиперболический x
<code>atan (x)</code>	Арктангенс x
<code>arctan (x)</code>	Синоним для Арктангенс x
<code>atan2 (y, x)</code>	Квадрт арктангенса y/x
<code>atanh (x)</code>	Арктангенс гиперболический x
<code>buf (x)</code>	1 если $x > 0.5$ , иначе 0
<code>ceil (x)</code>	Целое число, равное или больше чем x
<code>cos (x)</code>	Косинус x

<code>cosh(x)</code>	Гиперболический косинус $x$
<code>d()</code>	Производная основанная на конечных разностях
<code>exp(x)</code>	$e$ в степени $x$
<code>floor(x)</code>	Целое число, равное или меньше чем $x$
<code>hypot(x,y)</code>	Квадратный корень $(x^2 + y^2)$
<code>if(x,y,z)</code>	Если $x > .5$ , то $y$ иначе $z$
<code>int(x)</code>	целая часть $x$
<code>inv(x)</code>	0. если $x > .5$ , иначе 1. (инверсия)
<code>limit(x,y,z)</code>	Промежуточное (среднее?) значение $x$ , $y$ , и $z$
<code>ln(x)</code>	Натуральный логарифм $x$
<code>log(x)</code>	Дополнительный синтаксис для <code>ln(x)</code>
<code>log10(x)</code>	Логарифм по основанию 10
<code>max(x,y)</code>	Больше из $x$ или $y$
<code>min(x,y)</code>	Меньший из $x$ или $y$
<code>pow(x,y)</code>	$x$ в степенях $y$
<code>pwr(x,y)</code>	(модуль?) абсолютный $(x)$ в степенях $y$
<code>pwrsgn(x,y)</code>	$\text{sgn}(x) * \text{abs}(x)^y$
<code>rand(x)</code>	Случайное число между 0 и 1 в зависимости от целочисленного значения $x$
<code>random(x)</code>	Подобный <code>rand(x)</code> , но гладко переключения между значениями.
<code>round(x)</code>	Самое близкое целое число к $x$
<code>sgn(x)</code>	Знак $x$ ; -1 если $x < 0$ , +1 если $x > 0$ ?
<code>sin(x)</code>	Синус $x$
<code>sinh(x)</code>	Гиперболический синус $x$
<code>sqrt(x)</code>	Квадратный корень $x$
<code>table(x,a,b,c,d,...)</code>	Интерполировать значение для $x$ основанный на таблице просмотра, данной как ряд пар точек.

<code>tan(x)</code>	Тангенс $x$
<code>tanh(x)</code>	Гиперболический тангенс $x$
<code>u(x)</code>	Шаг единицы, 1, если $x > 0.$ , иначе 0.
<code>uramp(x)</code>	$x$ , если $x > 0.$ , иначе 0.
<code>white(x)</code>	Случайное число между $-0.5$ и $0.5$ гладко переключения между значениями даже более гладко чем случайный $()$ .

Для комплексных данных функции `atan2()`, `sgn()`, `u()`, `buf()`, `inv()`, `uramp()`, `int()`, `floor()`, `ceil()`, `rand()`, `min()`, `limit()`, `if()`, и `table(...)` не доступны. Функции `Re(x)` и `Im(x)` доступны для комплексных данных и возвращают комплексное число с вещественной частью, равной действительной или мнимой части параметра соответственно и мнимой части, равной нулю. Функции `Ph(x)` и `Mag(x)` также доступны для комплексных данных и возвращают комплексное число с вещественной частью, равной углу сдвига фаз или величине параметра соответственно и мнимой части, равной нулю. Функция `conj(x)` также доступен для комплексных данных и возвращает комплекс, сопряженный с  $x$ .

Следующие операции, группированные в обратном порядке предшествования эволюции, доступны для действительных данных:

Операнд	Описание
<code>&amp;</code>	Преобразовать переменные в каждой части в Булевские переменные, затем И.
<code> </code>	Преобразовать переменные в каждой части в Булевские переменные, затем ИЛИ.
<code>^</code>	Преобразовать переменные в каждой части в Булевские переменные, затем неэквивалентность (XOR) .
<code>&gt;</code>	TRUE, если выражение слева больше чем выражение справа, иначе FALSE.
<code>&lt;</code>	TRUE, если выражение слева - меньше чем выражение справа, иначе FALSE.
<code>&gt;=</code>	TRUE, если выражение слева меньше чем или равно выражению справа, иначе FALSE.
<code>&lt;=</code>	TRUE, если выражение слева больше чем или равняется выражению справа, иначе FALSE.
<code>+</code>	Суммирование
<code>-</code>	Вычитание
<code>*</code>	Умножение
<code>/</code>	Деление
<code>**</code>	Возвести левую сторону в степень правой стороны.
<code>!</code>	Преобразовать следующую переменную в Булевские переменные и инвертировать.

TRUE в цифровой форме равен 1, и FALSE 0. Превращение к Булевским переменным преобразовывает значение в 1, если значение больше чем 0.5, иначе значение преобразовывается к 0.

Оператор выбора шага @ полезен, когда выполняется множественное моделирование, доступен в .step, .temp, или .dc исследовании. Он выбирает данные для специфичного запуска. Например, V(1)@3 чертил бы данные от 3-ьего, выполненного независимо от того какие шаги где выбраны для того, чтобы чертить.

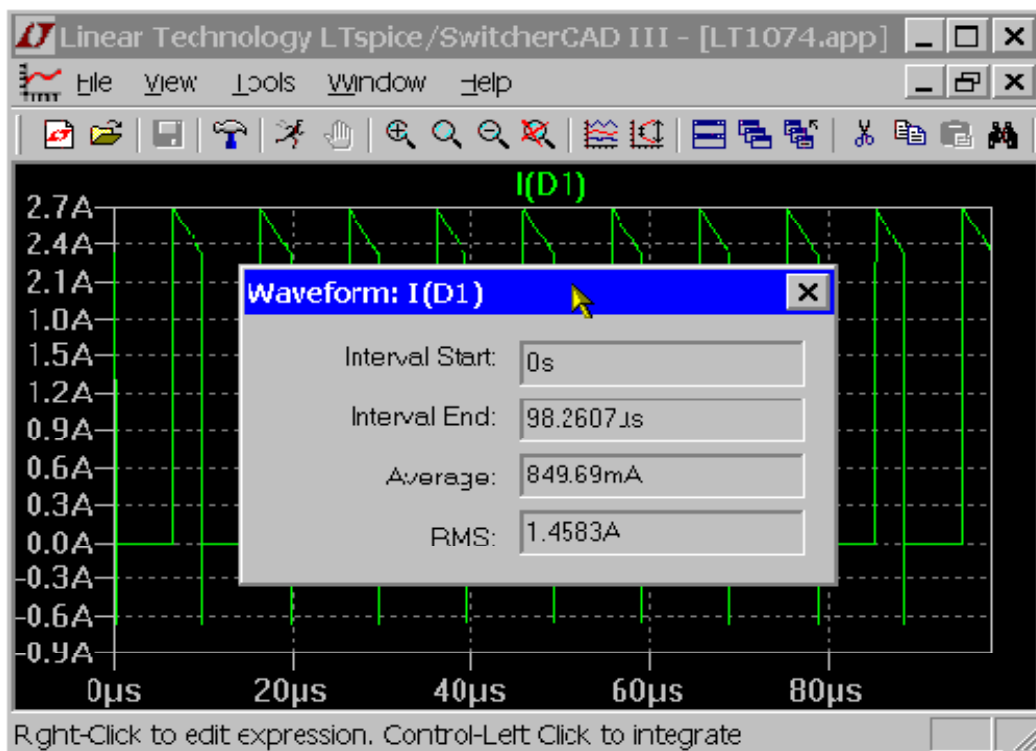
Для комплексных данных, только +, -, \*, /, \*\*, и @ доступны. Также относительно комплексных данных, оператор неэквивалентности Булевских переменных XOR, ^, как понимают, означает возведение в степень, \*\*.

Следующие константы внутренне определены:

Имя	Значение
E	2.7182818284590452354
Pi	3.14159265358979323846
K	1.3806503e-23
Q	1.602176462e-19

Ключевое слово "time" понимается при вычерчивании данных формы сигнала анализа переходных процессов. Точно так же "freq" и "omega" понимаются при вычерчивании данных исследования АС. "w" может использоваться как синоним для омеги.

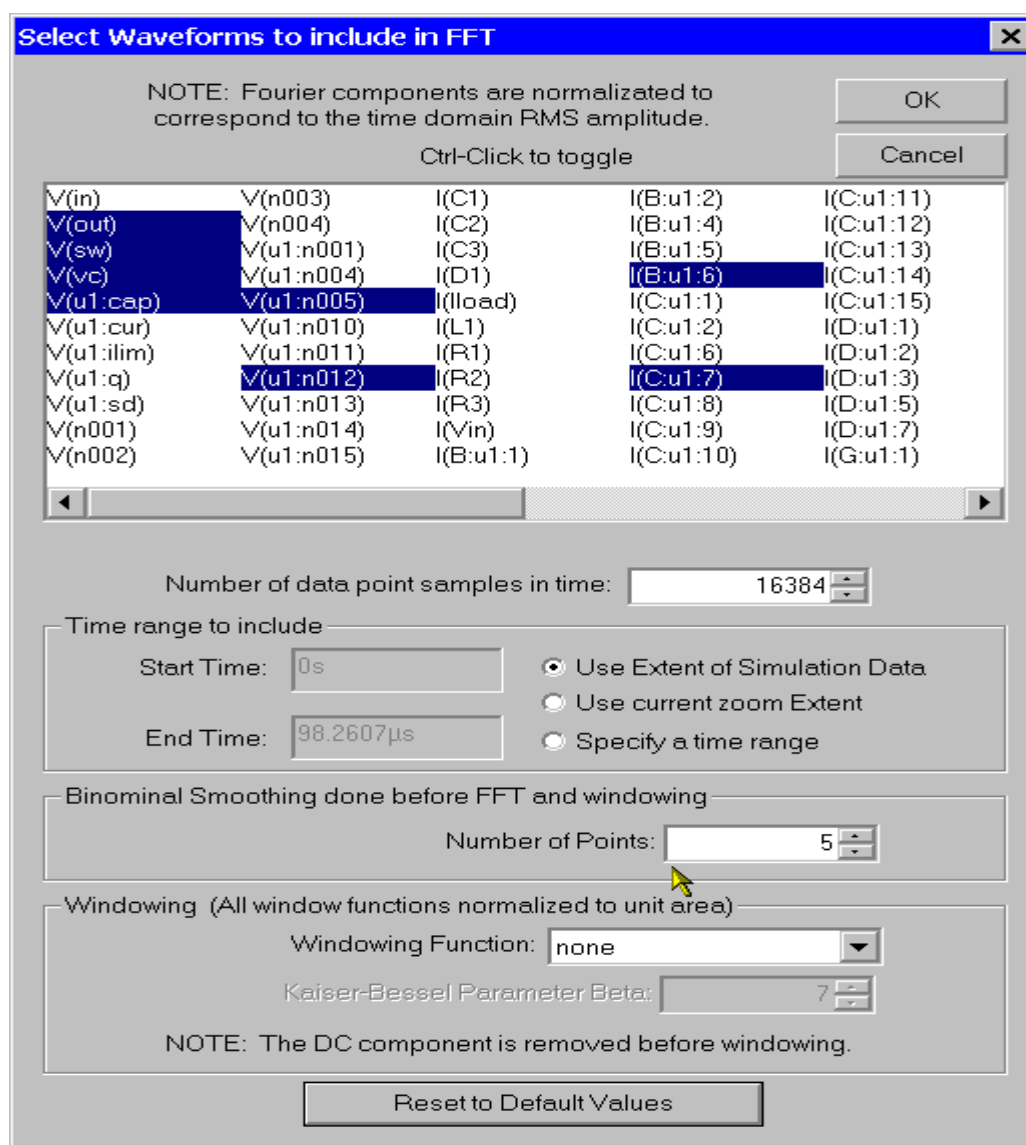
2. Вычислить усреднение или СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ графика.



Средство просмотра формы сигнала может интегрировать трассировку, чтобы получить усреднение и ЭФФЕКТИВНУЮ ВЕЛИЧИНУ по отображенной области. Сначала изменить масштаб изображения формы сигнала к области, представляющей интерес, затем переместить мышь в метку трассировки, удерживать клавишу CTRL и левый щелчок мыши.

3. Отобразить преобразование Фурье Трассировки.

Можно использовать команду меню View=>FFT, чтобы выполнить Быстрое преобразование Фурье на различных трассировках данных.



## Определяемые пользователем функции

Команда меню PlotSettings=>EditPlotDefsFile позволяет Вам вводить свои собственные функциональные определения и определения параметра для использования в средстве просмотра формы сигнала. Эти функции сохраняются в файле plot.defs в том же самом каталоге как выполняемая программа SwCADIII, scad3.exe.

Затем синтаксис - то же самое как .param и .func операторы, используемые для параметризуемых схем. Например, линия

```
.func Pythag (x, y) {sqrt (x*x+y*y)}
```

определяет функцию Pythag (), чтобы быть квадратным корнем суммы его двух параметров.

Точно так же линия

```
.param twopi = 2*pi
```

определяет twopi, чтобы быть 6.28318530717959. Обратите внимание, что это использует уже внутренне определенное постоянное Pi средства просмотра формы сигнала.

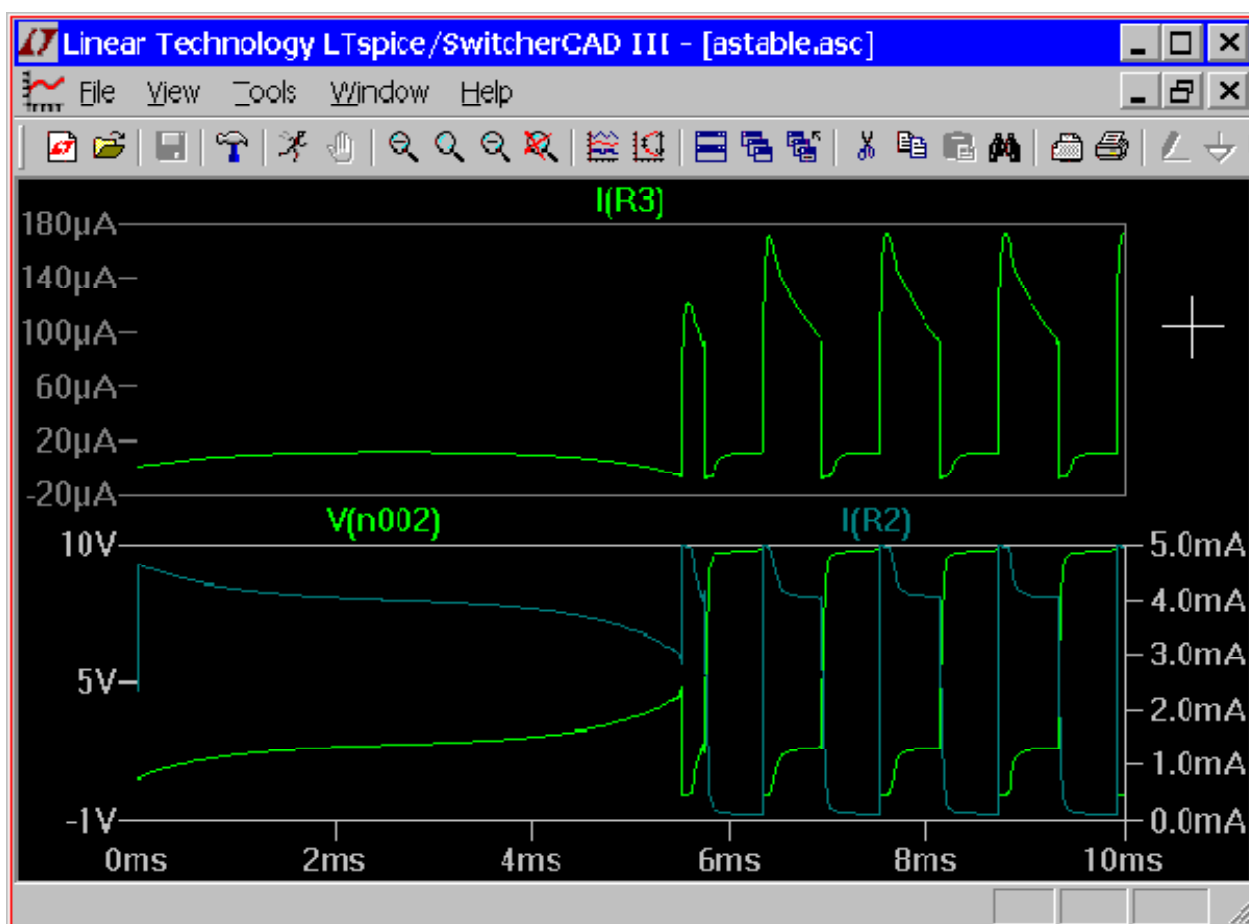
## Контроль осей графика

Когда Вы помещаете курсор мыши вне области данных, курсор превращается в линейку. Это указывает на атрибуты той оси. Левым щелчком можно ввести диалог, чтобы вручную ввести диапазон оси и характер графика. Например, для действительных данных, если Вы перемещаете мышь в нижнюю часть экрана и левый щелчок, можно ввести диалог, чтобы изменить горизонтальные параметры шкалы. Это позволяет Вам делать параметрические графики.

Для комплексных данных можно чертить каждую фазу, групповое время задержки, или ничего против правой вертикальной оси. Можно изменить изображение комплексных данных от Bode до Nyquist или Cartesian (Декартов) при перемещении мыши в левую вертикальную ось комплексных данных.

## Графические области окна

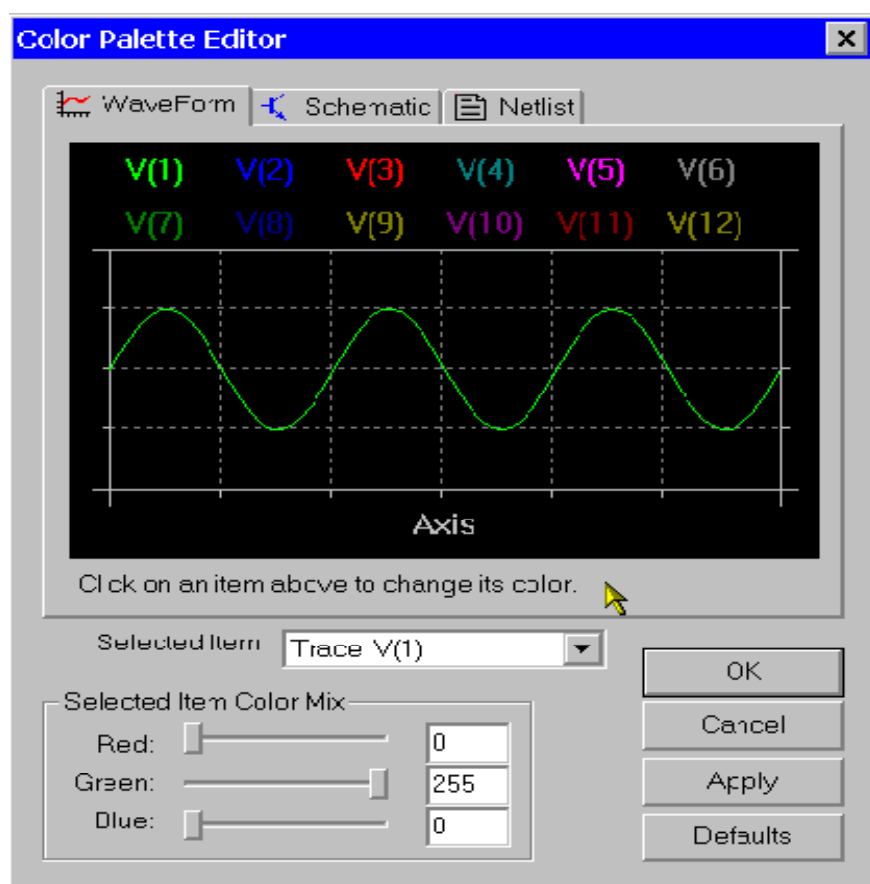
Множественные графические области окна могут быть отображены на одном окне. Это позволяет лучшее разделение между трассировками и позволяет различным трассировкам быть независимо автомасштабированными. Трассировки можно перетащить между областями окна при перемещении метки. Копия трассировки может быть сделана на другой области окна при удерживании клавиши CTRL, когда Вы выпускаете кнопку мыши.



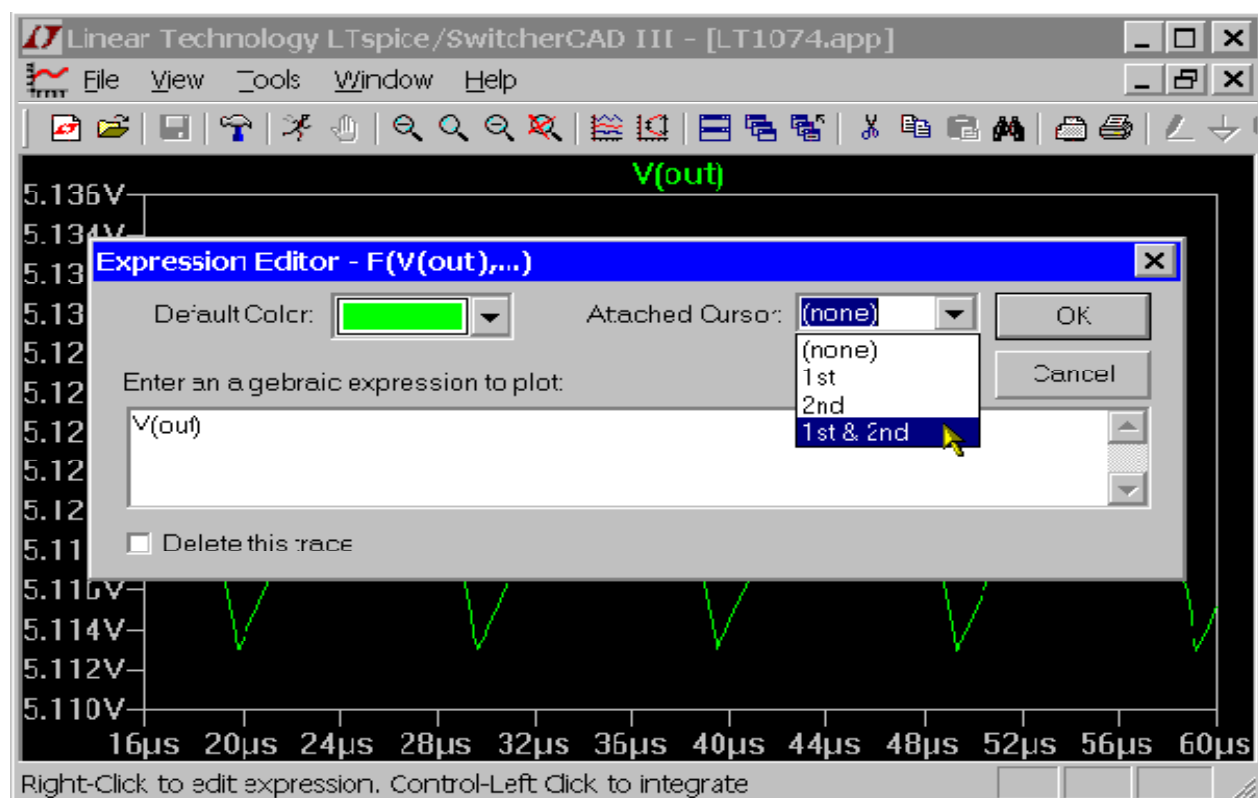
## Управление цветом

Команда меню Tools=>ColorPreferences позволяет Вам выбирать цвета, используемые для того, чтобы чертить данные. Вы нажимаете на

объект в типовом графике и используете красные, зеленые и синие бегунки, чтобы корректировать цвета к Вашим предпочтениям.



## Прикрепленные курсоры

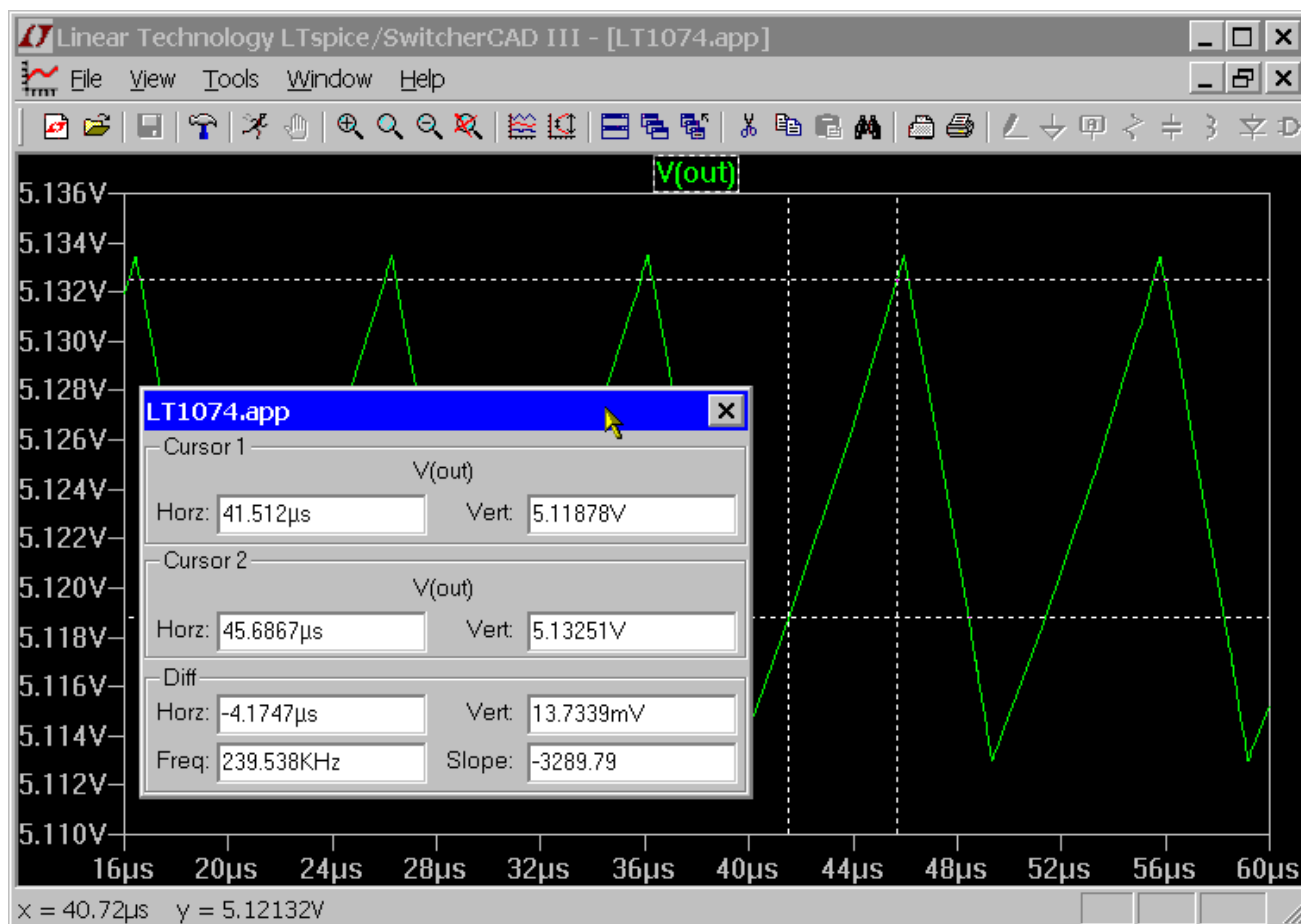


Доступно на усмотрении два прикрепленных курсора. Можно прикрепить курсор к трассировке левой мышью, нажимающей на трассировочную метку. Можно прикрепить оба курсора к отдельной трассировке правым кликом, нажимающим на трассировочную метку и в окне Expression editor падающее меню Attached Cursor выбрать "1-ый



& 2-ой", или 1-ый или 2-ой курсор. Прикрепленные курсоры можно перетащить мышью или перемещать клавишами управления курсором.

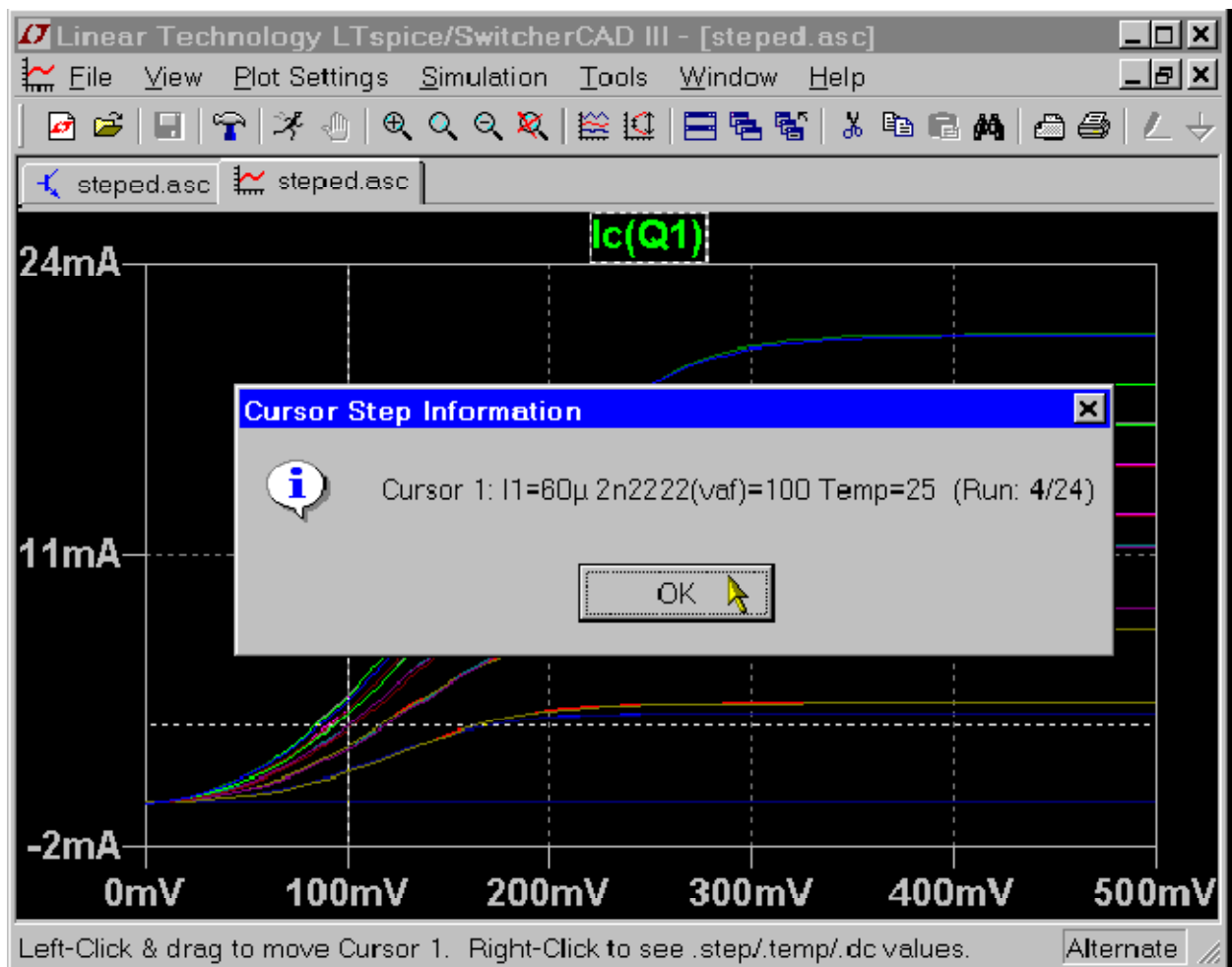
Когда есть прикрепленные активные курсоры, становится видимым дисплей считывания, который покажет Вам значение координат местоположения и различие курсоров.



Обратите внимание, что есть также значение координат курсора мыши, независимое от вышеупомянутого прикрепленного считывания курсора. При нахождении мыши над окном формы сигнала, позиция мыши видна в строке состояния. Если Вы перетаскиваете мышью, как будто Вы собирались изменить масштаб изображения, размер рамки отображается на строке состояния. Это позволяет Вам быстро измерять разницу курсором мыши. Если горизонтальная ось – время, то эта разница во времени также преобразовывается к частоте.

Можно измерить разницу этим способом, не изменяя масштаб изображения нажатием клавиши ESC или правой кнопки мыши прежде, чем выпустить левую кнопку мыши.

Прикрепленные курсоры могут также использоваться для считывания, какая трассировка принадлежит, к какому пуску .step/.dc/.temp набора моделирования. Можно перемещать курсор от данных к данным клавишами клавиатуры вверх\вниз управления курсором и затем щелкнуть правой кнопкой мыши на курсоре, чтобы видеть информацию о шаге для выполненного.



## Сохранить графические конфигурации

Команды меню Plot Settings=>Save Plot Settings/Open Plot Settings files позволяют Вам читать и записывать графические конфигурации на диск. Файлы, устанавливающие график, являются файлами ASCII, у которых расширение имени файла .plt. Заданное по умолчанию имя файла вычисляется с имени файла данных при замене ".raw" расширения файла данных на ".plt", Если такое наименование файла существует, при открытии файла данных этот графический файл параметров настройки читается для начальной графической конфигурации.

Каждый тип исследования: .tran .ac .noise, и т.д., имеет свой собственный элемент в графическом файле параметров настройки. Невозможно загрузить параметры настройки от одного типа исследования для другого. Но можно использовать графический файл параметров настройки от другого моделирования того же самого типа исследования.

## Формат файла с Быстрым Доступом

Во время моделирования LTspice обычно использует сжатый формат двоичного файла, который позволяет дополнительным данным моделирования быть добавленными, не изменяя остальную часть файла. Но как только моделирование заканчивается, этот формат файла может замедлять доступ при добавлении единственной новой графической трассировки.

Чтобы уменьшить задержку, можно преобразовать файл к альтернативному формату, с Быстрым Доступом (Fast Access). Этот

формат можно сделать только после того, как моделирование заканчивается, когда никакие новые данные не будут добавлены к файлу. Но как только файл преобразовывается к этому формату, время загрузки новых трассировок обычно уменьшаться с коэффициентом, равным количеству трассировок данных, которые были сохранены в файле. Например, если у Вас есть файл на 5 Гбайт с 2000 трассировками данных, может потребоваться 4 минуты, чтобы добавить новую трассировку. Но после того, как Вы преобразуете его в формат Fast Access, это четырехминутное время загрузки будет уменьшено до одной секунды. Это делает сквозное исследование больших схем, с моделированием огромных файлов данных, интерактивным. Точное время, необходимое чтобы загрузить трассировку файла формата Fast Access, будет зависеть больше от количества физической памяти, которую Вы имеете, чем от скорости жесткого диска.

Чтобы преобразовать окно формы сигнала в формат Fast Access, сделайте окно формы сигнала активным окном и выполните команду меню =>Files=>ConvertToFastAccess. Процесс превращения будет требовать количество свободного дискового пространства, равное размеру файла, который будет преобразован, но переделанный файл будет только на 11 байтов больше, чем исходный файл.

Процесс превращения может занять много времени и использовать до одной четверти Вашей физической памяти. Фактически преобразовать файл к формату Fast Access может занять больше времени, чем было затрачено для начального моделирования. Точное время, которое потребует превращение, будет зависеть от состояния измельчения жесткого диска и количество физической памяти, которую Вы имеете. Во время превращения Ваша машина может реагировать с задержкой на мышь и клавиатуру. Возможно преобразовать файлы в групповой команде со следующим синтаксисом линии передачи команд:

```
scad3.exe-FastAccess <файл>
```

Где <файл> - имя.raw файла, который требуется преобразовать в формат с Быстрым Доступом.

Этот формат поддерживается только для действительных данных, не для комплексных данных, которые исходят из .ас исследования.