

# LTspice IV 入门指南



超越一切可能™

# 使用 LTspice IV 的优势

- ▶ 稳定的 SPICE 电路仿真
  - 节点数量不受限  
(即元件数量不受限)
  - 原理图/元件编辑器
  - 波形查看器
  - 无源器件库
- ▶ 开关模式电源 (SMPS) 快速仿真
  - 稳态检测
  - 开启瞬态
  - 阶跃响应
  - 效率/功率计算
- ▶ 高级分析和仿真选项
  - 本演示文稿未介绍

优于付费产品

LTspice 还是一款很好的  
原理图绘制工具

- ◆ 超过 1100 种ADI产品的  
宏模型
- ◆ 500+ SMPS

# 如何获得 LTspice IV

- ▶ 前往 <http://www.analog.com/cn/LTspice>
- ▶ 点击 “下载 LTspice IV”

## LTspice IV

LTspice IV is a high performance SPICE simulator, schematic capture and waveform viewer with enhancements and models for easing the simulation of switching regulators. Our enhancements to SPICE have made simulating switching regulators extremely fast compared to normal SPICE simulators, allowing the user to view waveforms for most switching regulators in just a few minutes. Included in this download are LTspice IV, Macro Models for 80% of Linear Technology's switching regulators, over 200 op amp models, as well as resistors, transistors and MOSFET models.

### • [Download LTspice IV \(Update October 8, 2011\)](#)

- [LTspice Users Guide](#)
- [LTspice Getting Started Guide](#)
- [Using Transformers in LTspice IV](#)
- [LTspice Demo Circuit Collection](#)
- [View upcoming LTspice seminars](#)

Follow LTspice on Twitter! 

View the LTspice Video Channel 

# 开始使用

# 开始使用 LTspice IV

- ▶ 使用 [analog.com/cn](http://analog.com/cn) 上提供的数百个演示电路中的一个
  - 由ADI工厂应用小组审核
- ▶ 使用预先绘制的测试电路 (JIG)
  - 提供一个良好的起点
- ▶ 使用原理图编辑器创建自己的设计
  - LTspice 包含大多数 LTC 功率器件的宏模型

# Analog.com 上的演示电路

- ▶ 前往 <http://www.analog.com/cn>
- ▶ 在搜索框中输入根产品型号（例如 3411）
- ▶ 选择左侧的“仿真”选项卡
- ▶ 按照所提供的说明操作

如果找不到感兴趣的演示电路，请使用预先绘制的测试电路——接下来将介绍这种电路

下载 LTspice

下载演示电路

演示电路的完整列表参见：  
<http://www.analog.com/cn/LTspice>

OVERVIEW

PACKAGING

ORDER INFO

**SIMULATE**

DEMO BOARDS

TECH SUPPORT

## Simulate

LTspice IV is a powerful, fast and free simulation tool, schematic capture and waveform viewer with enhancements and models for improving the simulation of switching regulators. To download LTspice IV and other FREE simulation tools, please visit our [Design Simulation](#) page.

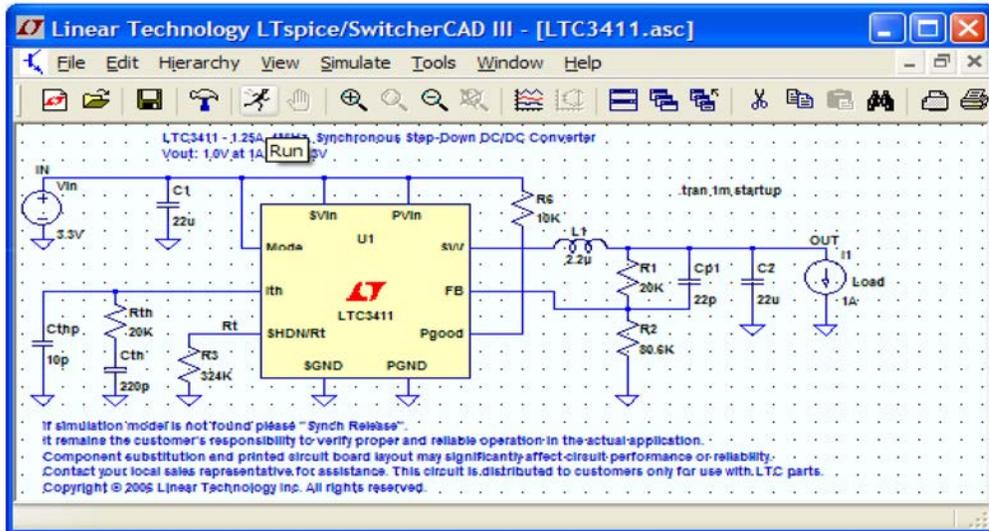
To launch a ready to run LTspice demonstration circuit for this part:

- **Step 1:** If you have not installed LTspice on this computer, download and install [LTspice IV](#)
- **Step 2:** Once LTspice is installed, click on the link(s) below to launch the simulation
  - [LTC3411 Demo Circuit - 1.25A, 4MHz, Synchronous Step-Down DC/DC Converter \(3.3V to 1.0V @ 1A\)](#)
- **Step 3:** If LTspice IV does not automatically open after clicking the link above, you can instead run the simulation by right clicking on the link and selecting "Save Target As". After saving the file to your computer, start LTspice and open the demonstration circuit by selecting 'Open' from the 'File' menu

To explore other ready to run LTspice demonstration circuits, please visit our [Demo Circuits Collection](#).

# 演示电路

- ▶ 由工厂应用小组设计和审核



要运行演示电路，请转到  
在 LTspice 中运行和探查  
电路部分

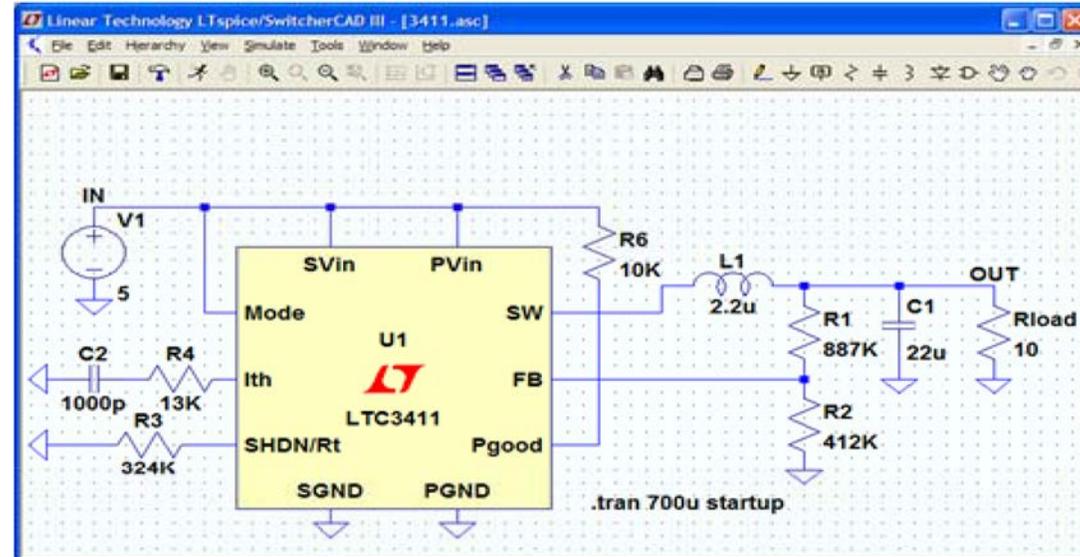
- ▶ 客户仍有责任验证其在实际应用中能否正确、可靠地工作
- ▶ 印刷电路板布局可能会严重影响电路性能或可靠性

# 开始使用 LTspice IV

- ▶ 使用 [analog.com/cn](http://analog.com/cn) 上提供的数百个演示电路中的一个
  - 由ADI工厂应用小组审核
- ▶ 使用预先绘制的测试电路 (JIG)
  - 提供一个良好的起点
- ▶ 使用原理图编辑器创建自己的设计
  - LTspice 包含大多数 LTC 功率器件的宏模型

# 预先绘制的测试电路 (JIG)

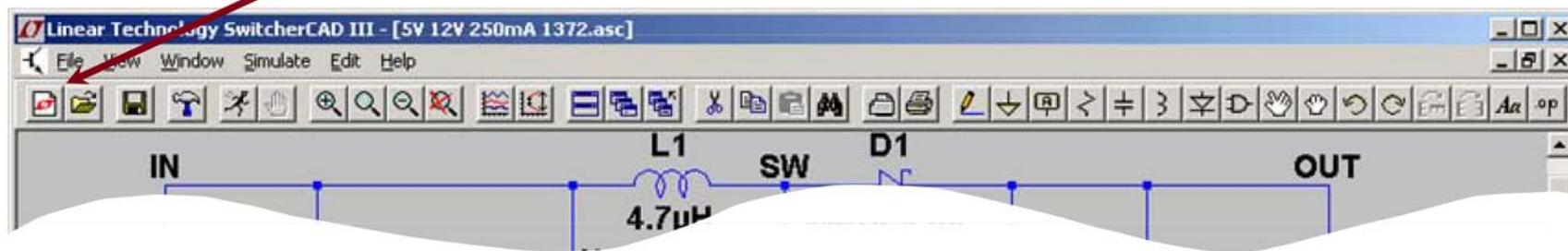
- ▶ 用于在开发过程中测试模型
- ▶ 提供一个绘制起点
  - 未经ADI工厂应用团队审核



- ▶ 客户仍有责任验证其在实际应用中能否正确、可靠地工作
- ▶ 印刷电路板布局可能会严重影响电路性能或可靠性

# 从新建原理图开始

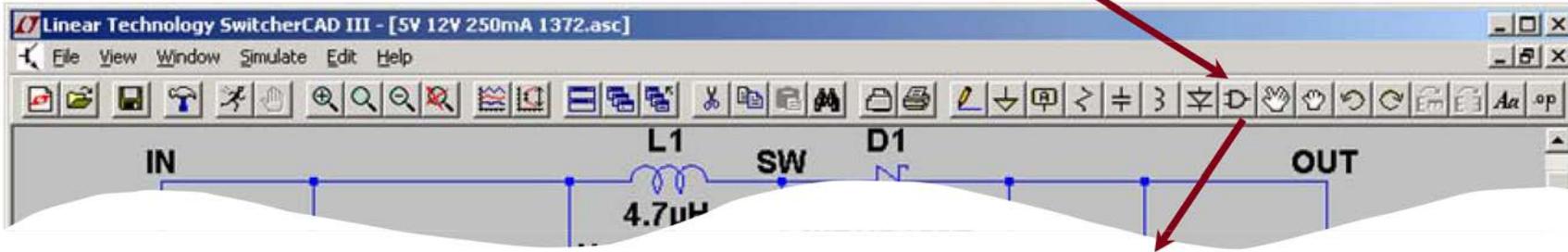
新建原理图



- ▶ 点击原理图编辑器工具栏中的**新建原理图**符号

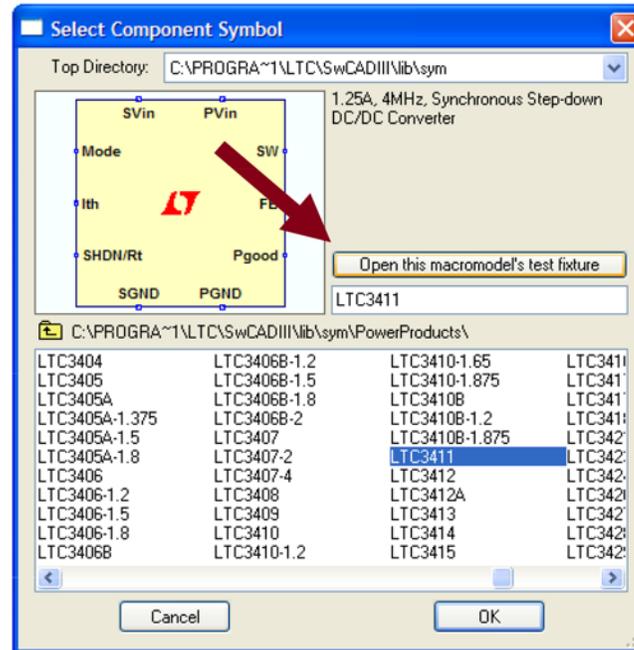
# 添加宏模型并打开测试电路

添加组件



- ▶ 点击原理图编辑器工具栏中的**组件符号**
- ▶ 输入“根”器件以搜索模型（例如 3411）
- ▶ 点击**打开此宏模型的测试电路**

要运行演示电路，请转到在 **LTspice 中**  
**运行和探查电路**部分



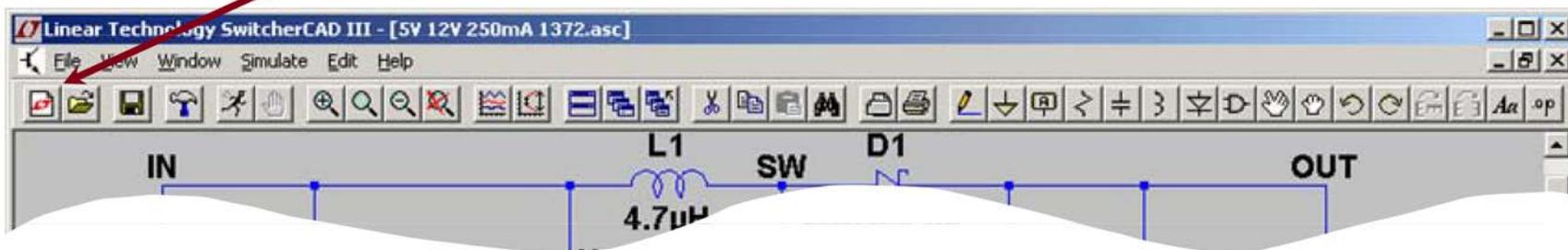
# 开始使用 LTspice IV

- ▶ 使用 [analog.com/cn](http://analog.com/cn)上提供的数百个演示电路中的一个
  - 由ADI工厂应用小组审核
- ▶ 使用预先绘制的测试电路 (JIG)
  - 提供一个良好的起点
- ▶ 使用原理图编辑器创建自己的设计
  - LTspice 包含大多数 LTC 功率器件的宏模型

# 使用原理图编辑器 绘制设计

# 从新建原理图开始

新建原理图

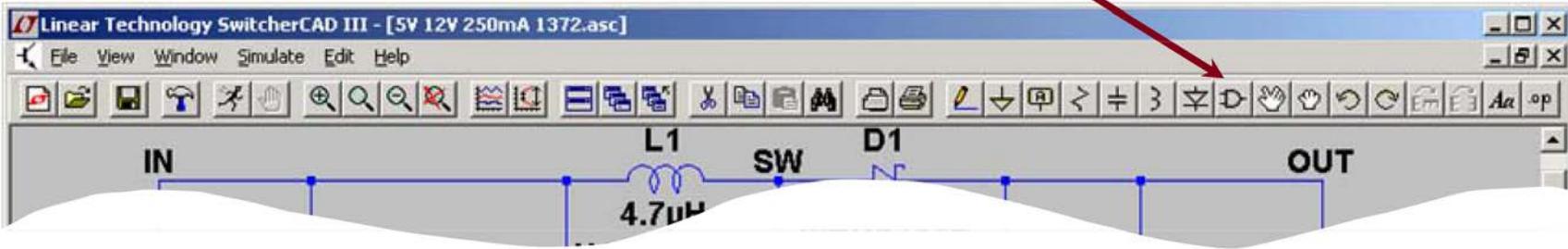


- ▶ 点击原理图编辑器工具栏中的**新建原理图**符号

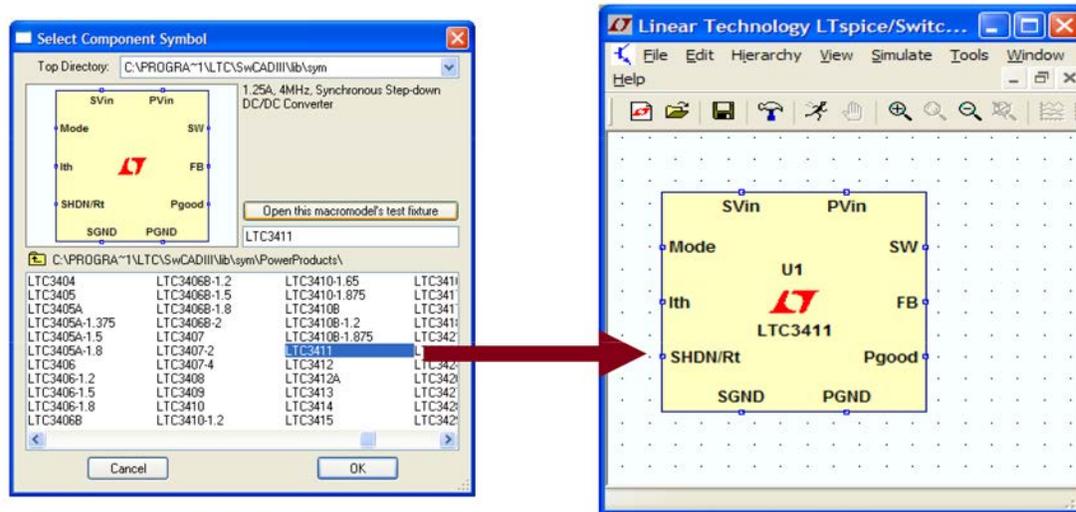
LTspice 还是一款很好的  
原理图绘制工具

# 添加ADI宏模型

添加组件



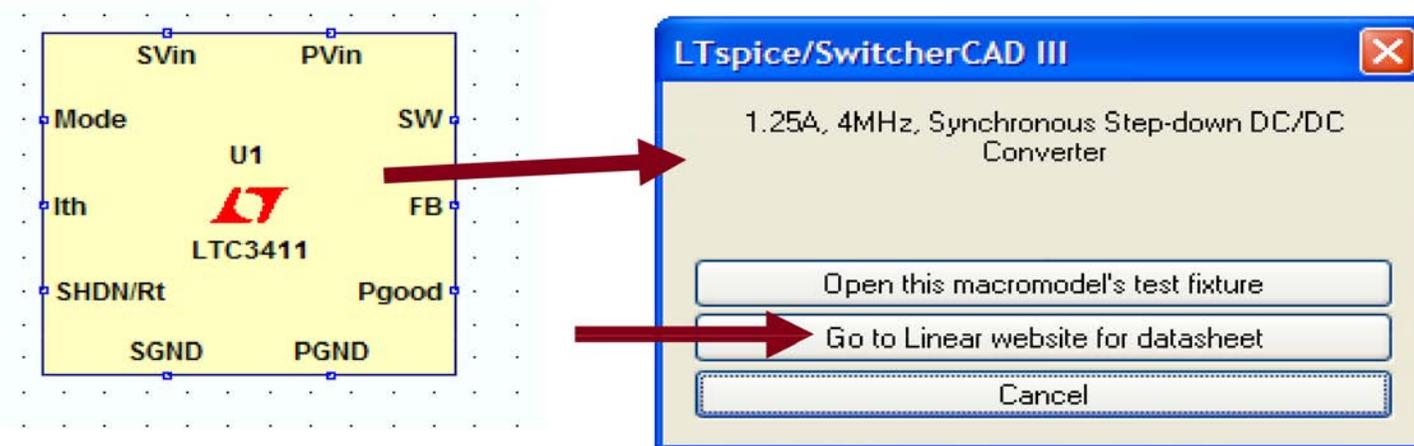
- ▶ 点击原理图编辑器工具栏中的**组件**符号
- ▶ 输入“根”器件以搜索模型（例如 3411）
- ▶ 点击**确定**



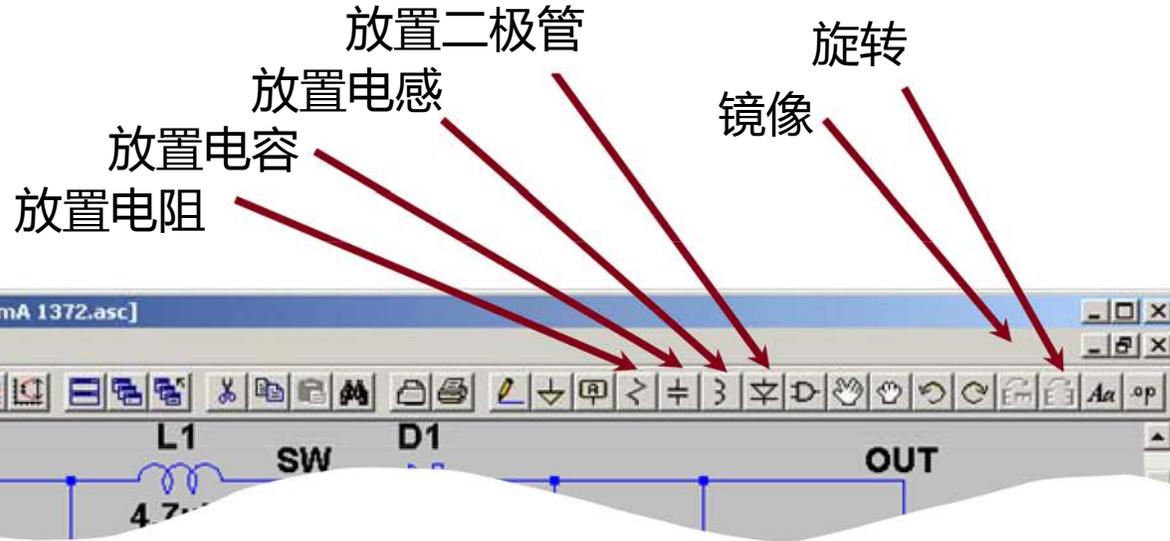
# 获取最新数据手册

- ▶ 使用宏模型的快捷方式下载数据手册作为设计参考
  - 按住 Ctrl 键并右键点击 (Ctrl-右键点击) LT 宏模型符号
  - 在随即出现的对话框中，点击“转到ADI网站获取数据手册”

您也可以打开宏模型的测试电路作为绘制起点



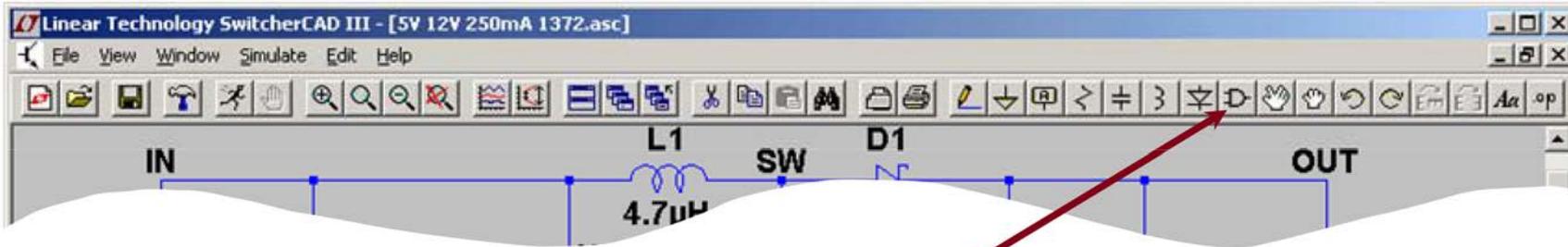
# 添加电路元件



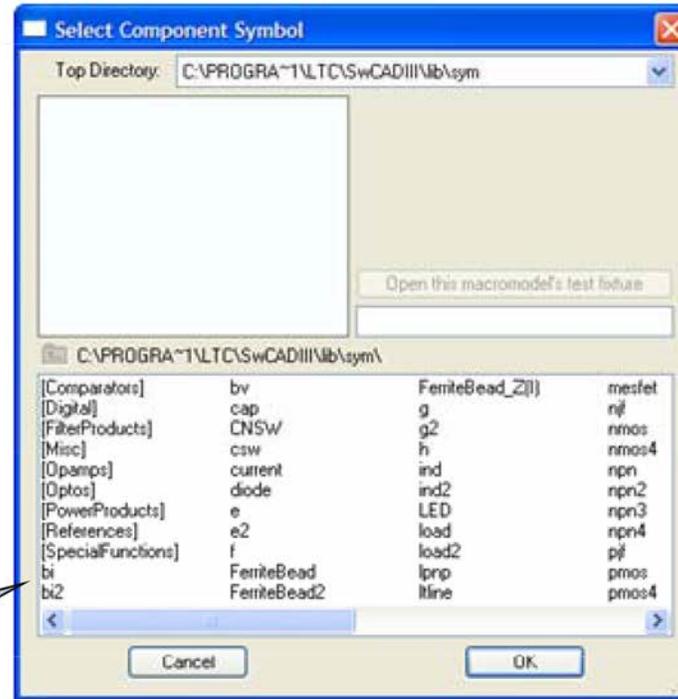
- ▶ 点击原理图编辑器工具栏中的目标*组件*
- ▶ 点击**旋转**或**镜像**以调整方向
  - 或者，您也可以使用快捷键 Ctrl-R 和 Ctrl-M
- ▶ 将鼠标移到要放置的位置
- ▶ 点击即可放置

要取消或退出某类元件的放置，  
请单击鼠标右键

# 添加源、负载和其他电路元件



- ▶ 点击原理图编辑器工具栏中的**组件符号**
- ▶ 搜索目录结构以获取所需的电路元件（例如负载和电压）
- ▶ 点击**确定**
- ▶ 将鼠标移到要放置的位置
- ▶ 点击即可放置

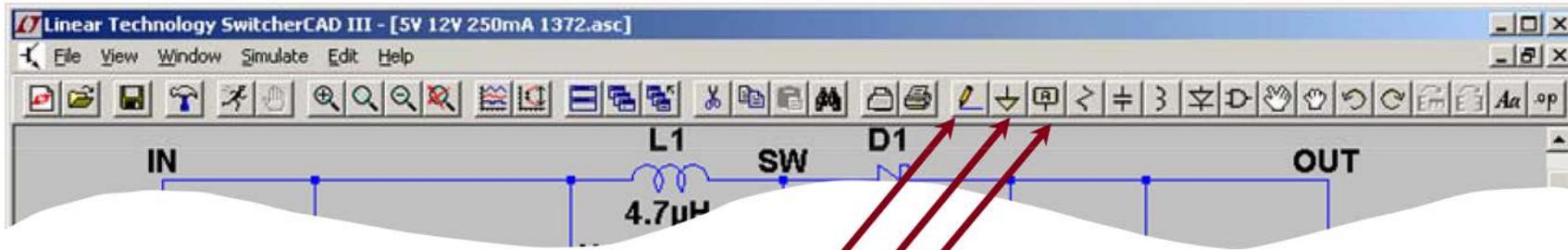


其他电路元件，  
例如源和负载

# 关于其他电路元件的重点说明

- ▶ 点击原理图编辑器工具栏中的**组件**符号，获取其他电路元件的目录：
  - 任意行为源
  - 电压相关电压
  - 电流相关电流
  - 电压相关电流
  - 电流相关电压
  - 独立电流源
  - JFET 晶体管
  - 互感
  - MOSFET 晶体管
  - 有损传输线
  - 双极性晶体管
  - 电压控制开关
  - 无损传输线
  - 统一 RC 线
  - 独立电压源
  - 电流控制开关
  - 子电路
  - MESFET 晶体管
  - ...还有很多

# 画线和给节点加网络标号



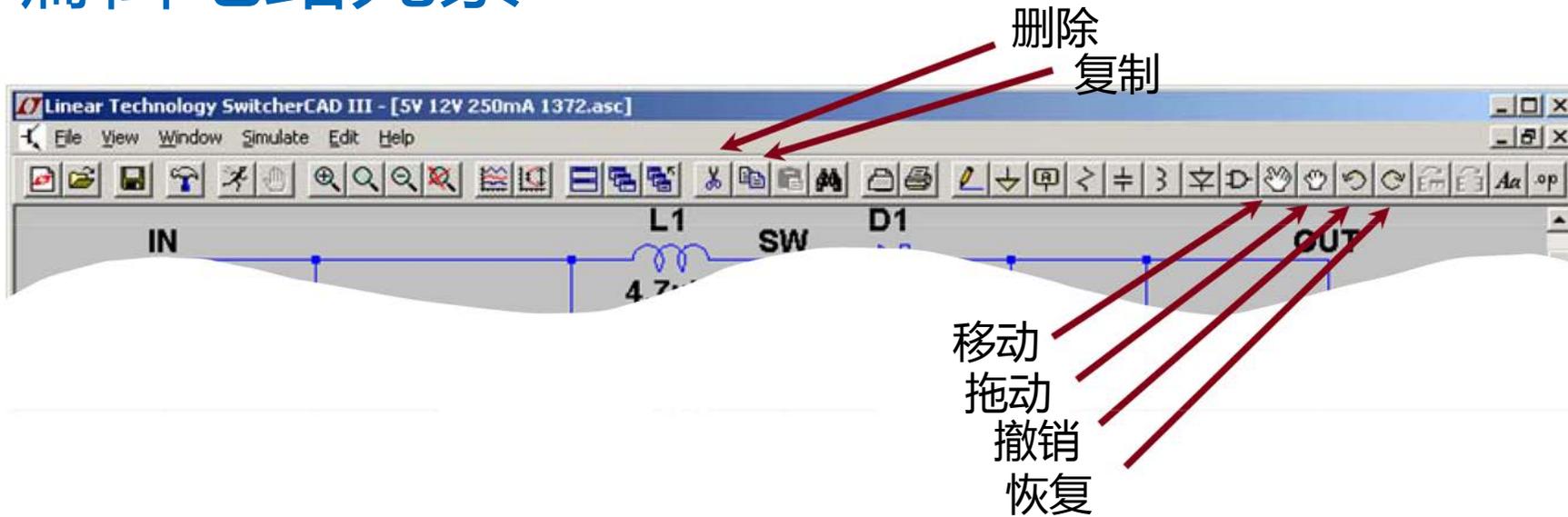
画线  
放置接地  
给节点加网络标号

切记要在设计中放置接地，  
这是仿真所必需的！

## ▶ 线路

- 点击原理图编辑器工具栏中的“画线”图标
- 点击一个蓝色框（端子）
- 点击中间点定义导线路径
- 点击另一个蓝色框（端子）

# 编辑电路元素

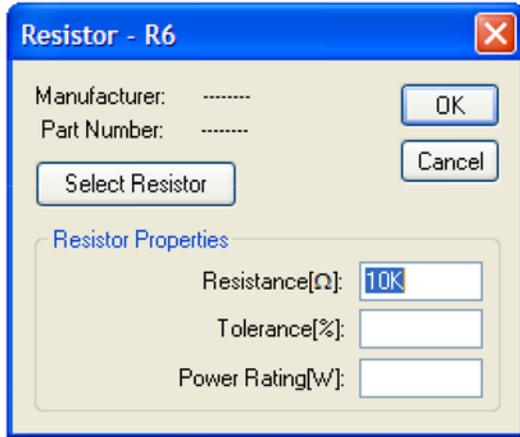


- ▶ 点击所需的编辑选项
- ▶ 点击电路元件

要组织布局，请使用**拖动**选项来移动电路元件并调整端子之间的线路

# 编辑电路元素特性

- ▶ 右键点击组件符号可修改特性



Resistor - R6

Manufacturer: ..... OK

Part Number: ..... Cancel

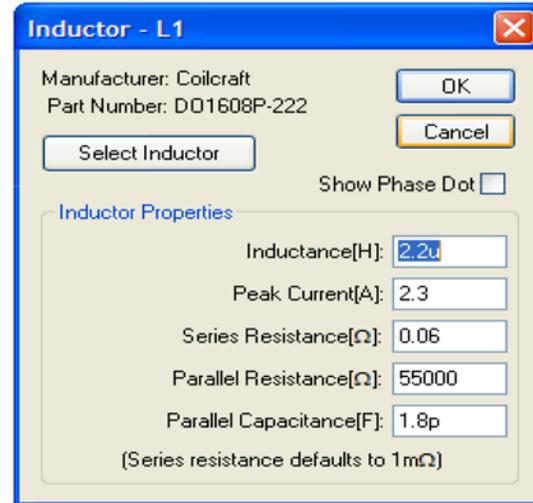
Select Resistor

Resistor Properties

Resistance[Ω]: 10K

Tolerance[%]:

Power Rating[W]:



Inductor - L1

Manufacturer: Coilcraft OK

Part Number: DO1608P-222 Cancel

Select Inductor

Show Phase Dot

Inductor Properties

Inductance[H]: 2.2u

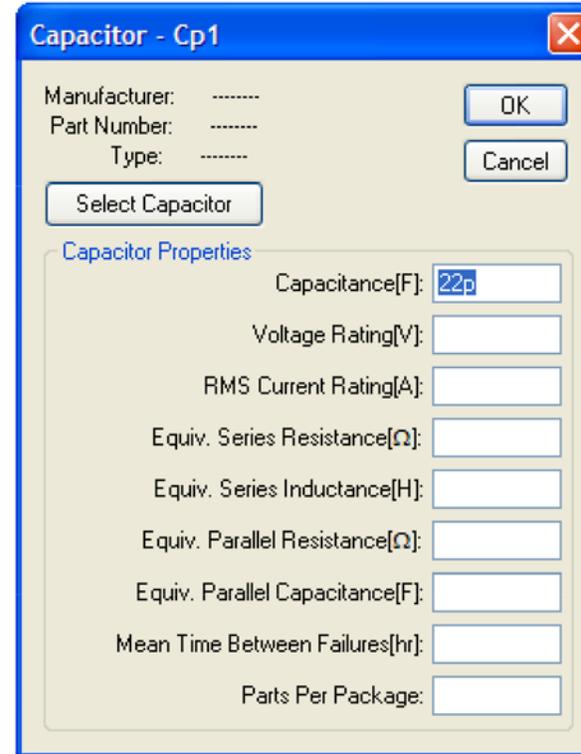
Peak Current[A]: 2.3

Series Resistance[Ω]: 0.06

Parallel Resistance[Ω]: 55000

Parallel Capacitance[F]: 1.8p

(Series resistance defaults to 1mΩ)



Capacitor - Cp1

Manufacturer: ..... OK

Part Number: ..... Cancel

Type: .....

Select Capacitor

Capacitor Properties

Capacitance[F]: 22p

Voltage Rating[V]:

RMS Current Rating[A]:

Equiv. Series Resistance[Ω]:

Equiv. Series Inductance[H]:

Equiv. Parallel Resistance[Ω]:

Equiv. Parallel Capacitance[F]:

Mean Time Between Failures[hr]:

Parts Per Package:

- ▶ 右键点击组件旁边的文本可编辑可见特性和标签
  - 指针将变成文本插入符号

# 使用标签指定电路元素特性的单位

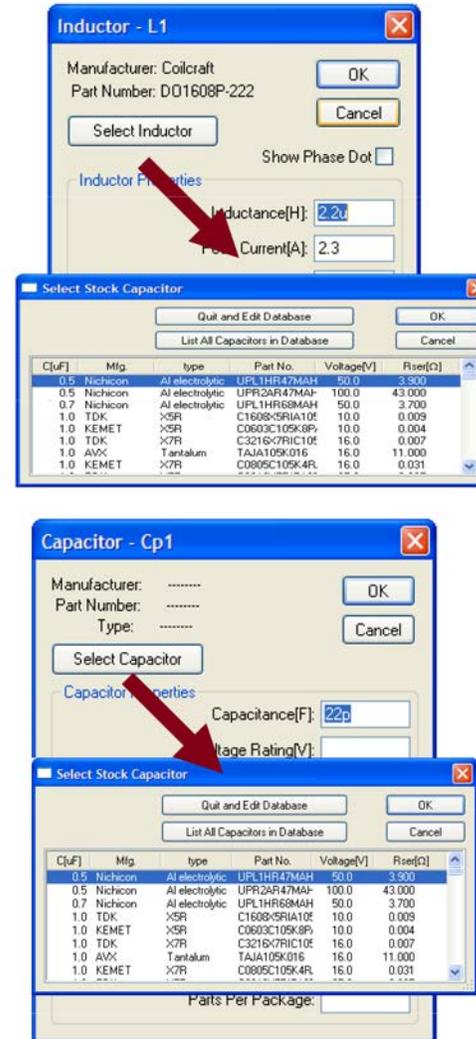
- ▶ **K** = k = kilo =  $10^3$
- ▶ **MEG** = meg =  $10^6$
- ▶ **G** = g = giga =  $10^9$
- ▶ **T** = t = terra =  $10^{12}$
- ▶ **m** = M = milli =  $10^{-3}$
- ▶ **u** = U = micro =  $10^{-6}$
- ▶ **n** = N = nano =  $10^{-9}$
- ▶ **p** = P = pico =  $10^{-12}$
- ▶ **f** = F = femto =  $10^{-15}$

## 重要

- 使用 **MEG** 表示  $10^6$ ，而不要使用 *M*
- 输入 **1** 表示 1 法拉第 (Farad)，而不要使用 *1F*

# 电路元件数据库

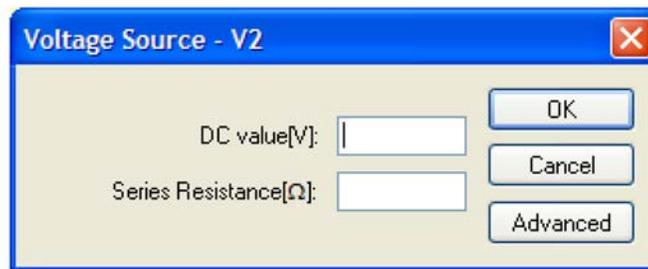
- ▶ 某些元件具有制造商提供的特性数据库
  - 电阻、电容、电感、二极管、
  - 双极性晶体管、MOSFET 晶体管、JFET 晶体管
  - 独立的电压源和电流源
- ▶ 要将元件配置为制造商提供的特性
  - 右键点击组件符号
  - 点击**选择...或挑选新...**
  - 点击所选器件
  - 点击“确定”



# 编辑电压源和负载

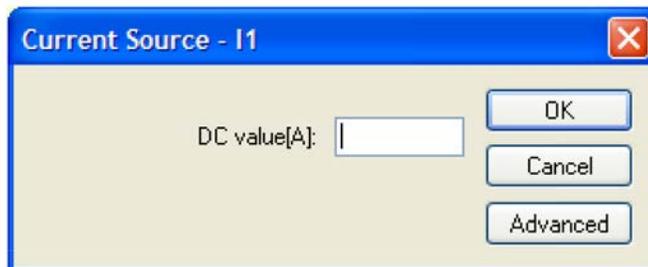
## ▶ 电压源

- 右键单击电压符号
- 输入直流电压值和（可选）串联电阻
- 点击“确定”

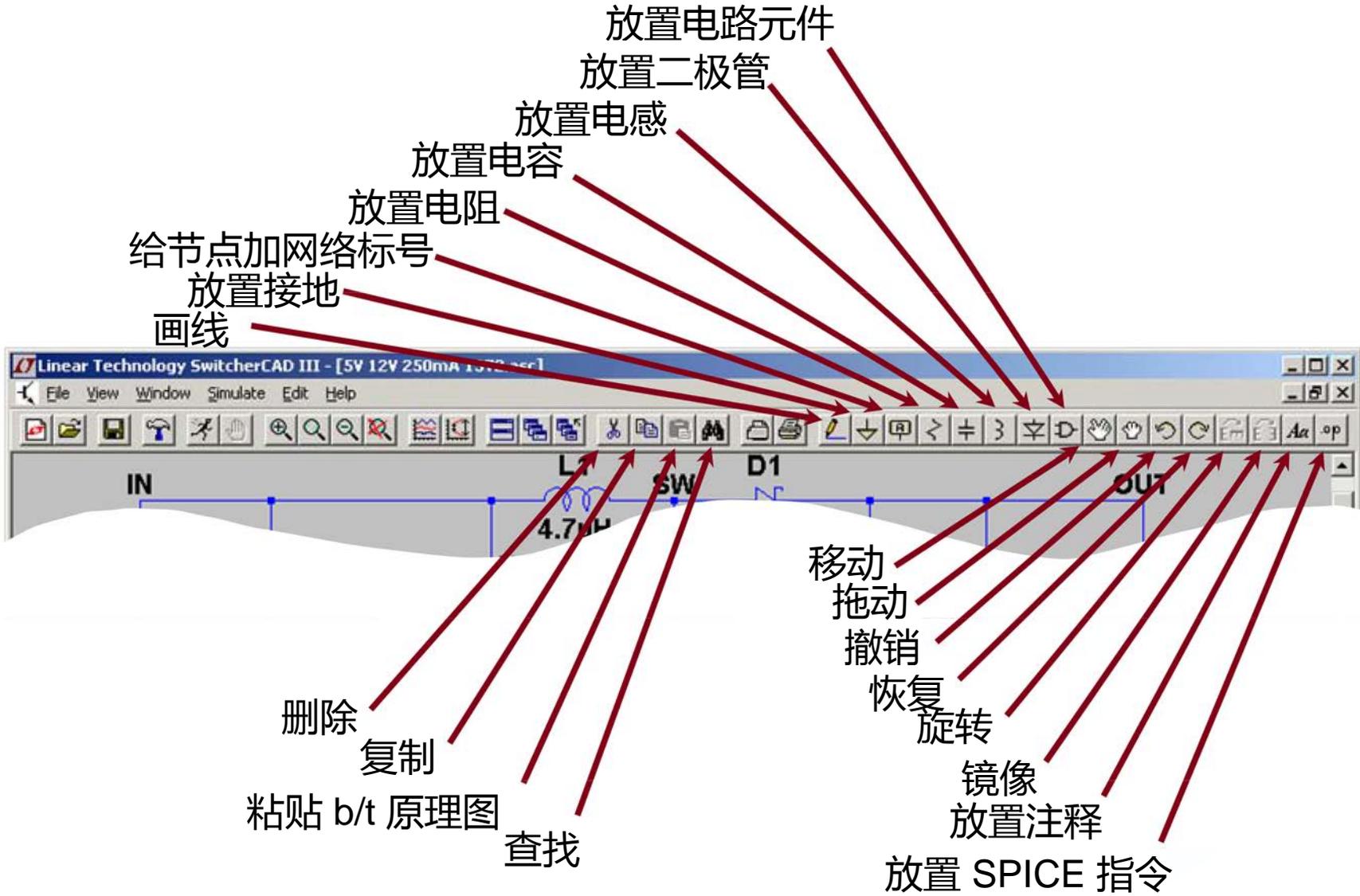


## ▶ 负载（电流）

- 右键单击负载符号
- 输入直流电流值
- 点击“确定”



# 原理图编辑器工具栏小结



# 运行和探查电路

# 仿真命令

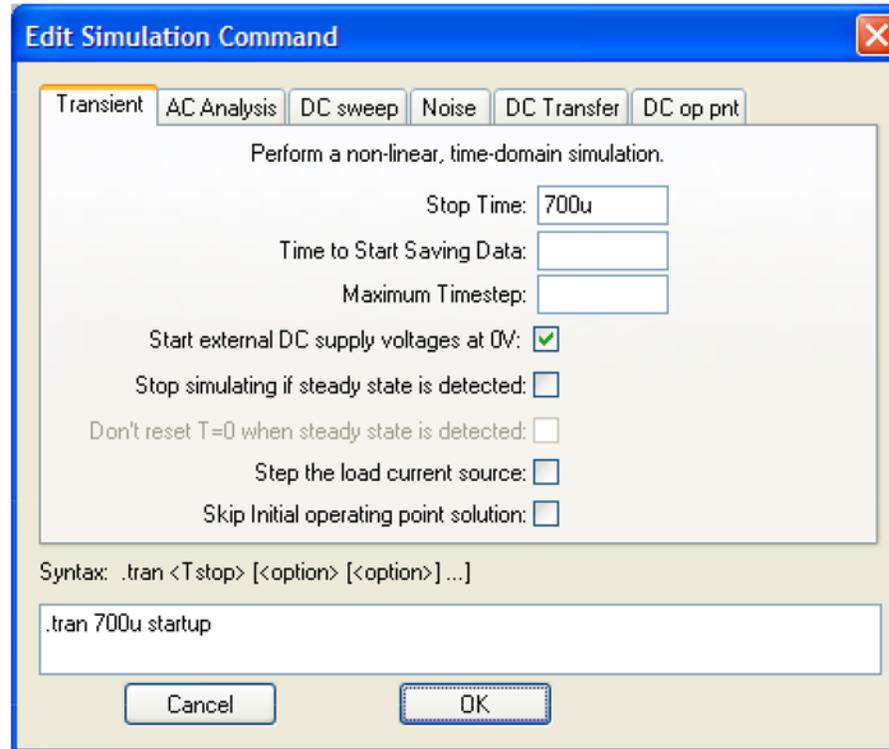
- ▶ 要运行仿真，请指定要执行的分析类型
- ▶ 有六种不同类型的分析：
  - 瞬态分析
  - 小信号交流
  - 直流扫描
  - 噪声
  - 直流传递函数
  - 直流工作点
- ▶ 仿真命令作为文本放置在原理图上
  - 称为点命令

《LTspice IV 用户指南》中提供了有关仿真和点命令的更多信息。

# 编辑仿真命令

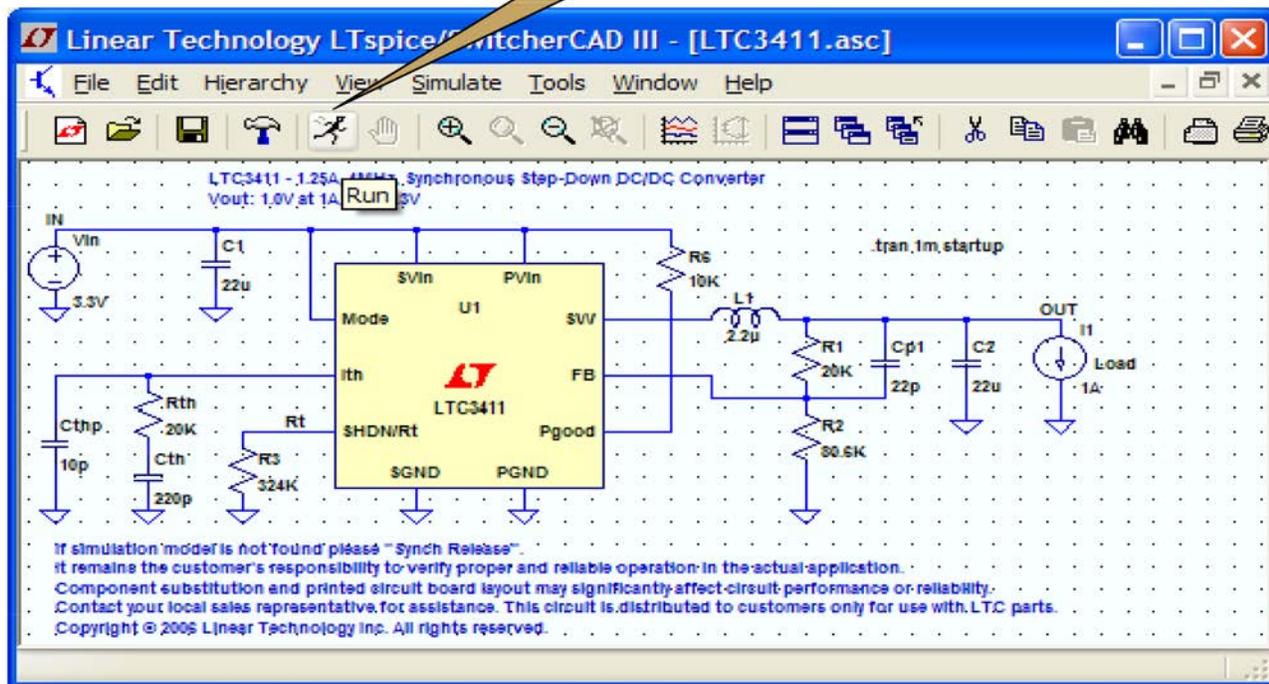
- ▶ 点击**仿真**菜单
- ▶ 点击**编辑仿真命令**
- ▶ 作为仿真的起点
  - 点击**瞬态**选项卡
  - 输入**停止时间**
    - 稍后可能需要再次调整
- ▶ 选择**确定**

演示电路和测试电路具有  
预定义的仿真命令



# 运行电路

运行



如果找不到模型，请使用“帮助”菜单下的  
“同步发布”命令更新 LTspice

# 探查电路和波形查看器

- ▶ 点击任何导线以在波形查看器上绘制电压曲线

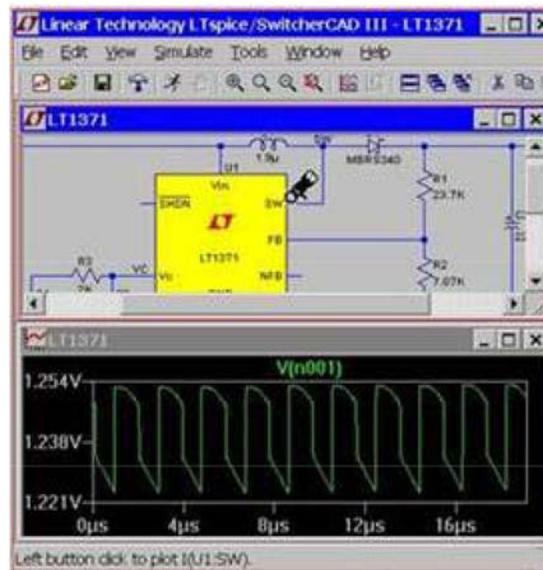
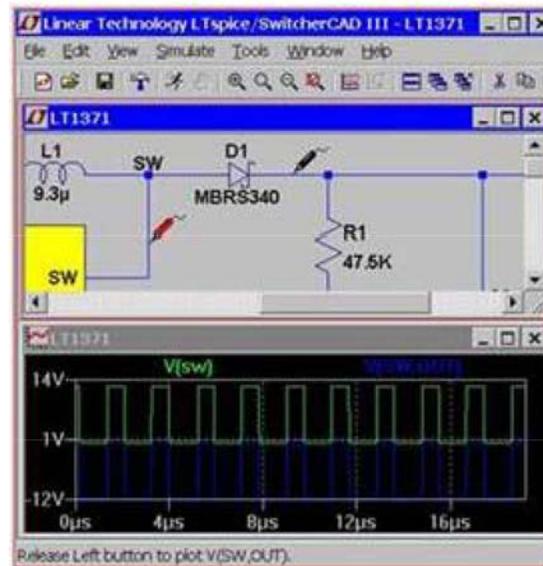


电压探针光标

- ▶ 点击元件主体以在波形查看器上绘制电流曲线
  - 按照惯例，正电流的方向是流向引脚



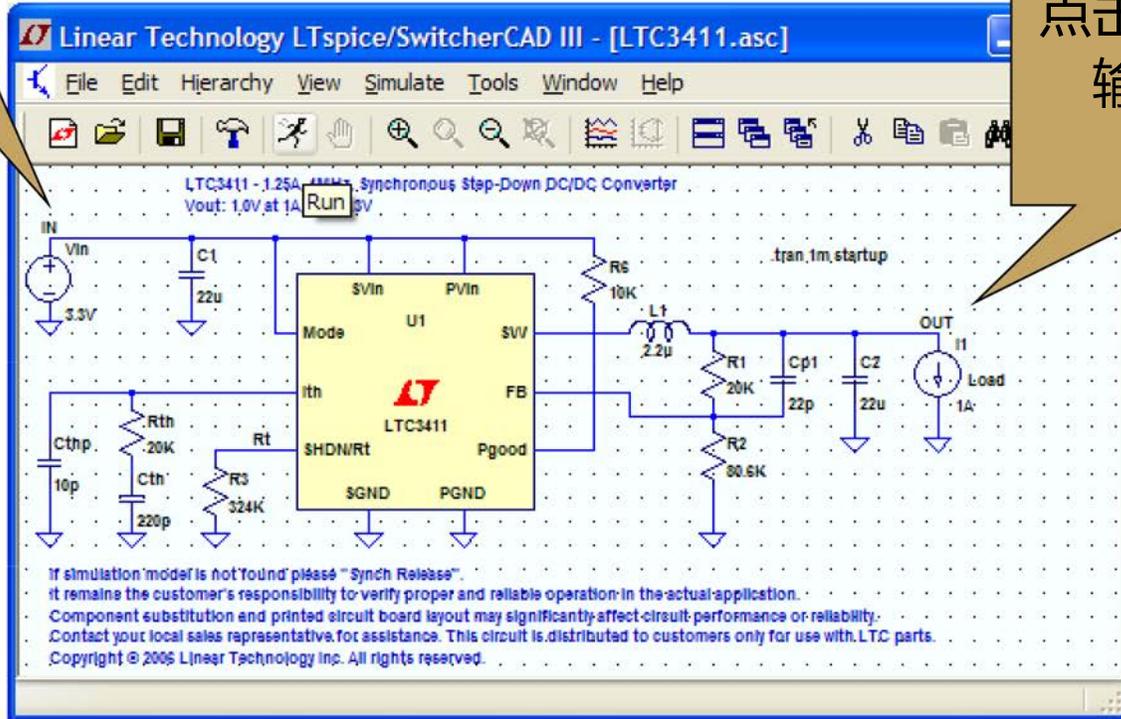
电流探针光标



# 探查演示电路和测试电路

- ▶ 演示电路和测试电路的 IN (输入) 和 OUT (输出) 都有明确标记, 以帮助您快速选择
- ▶ 要查看波形, 请点击 IN 和 OUT

点击此处查看  
输入波形

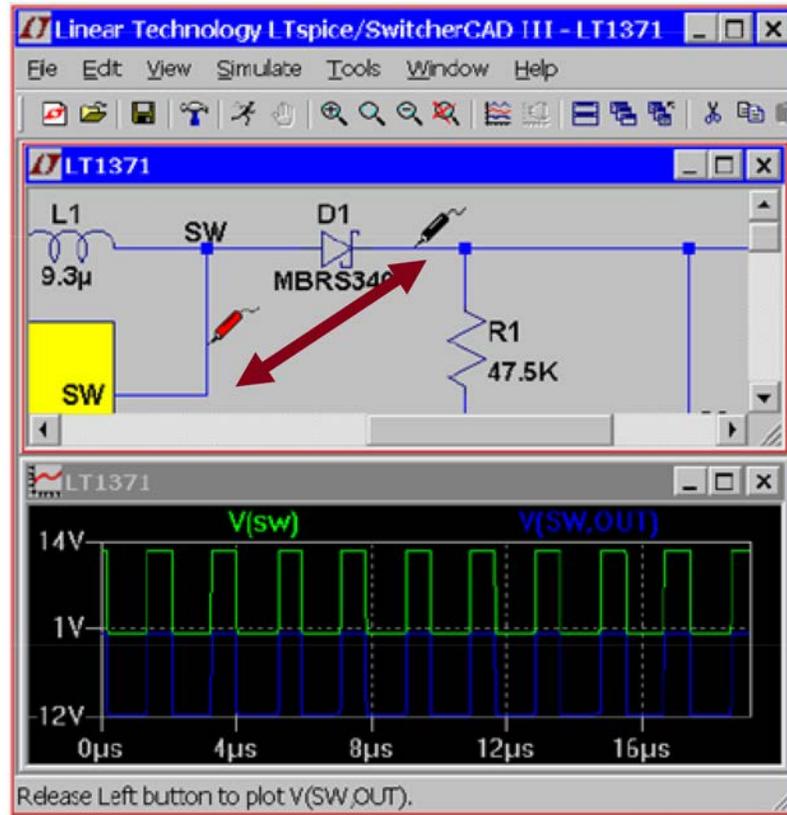


点击此处查看  
输出波形

# 跨节点的电压差

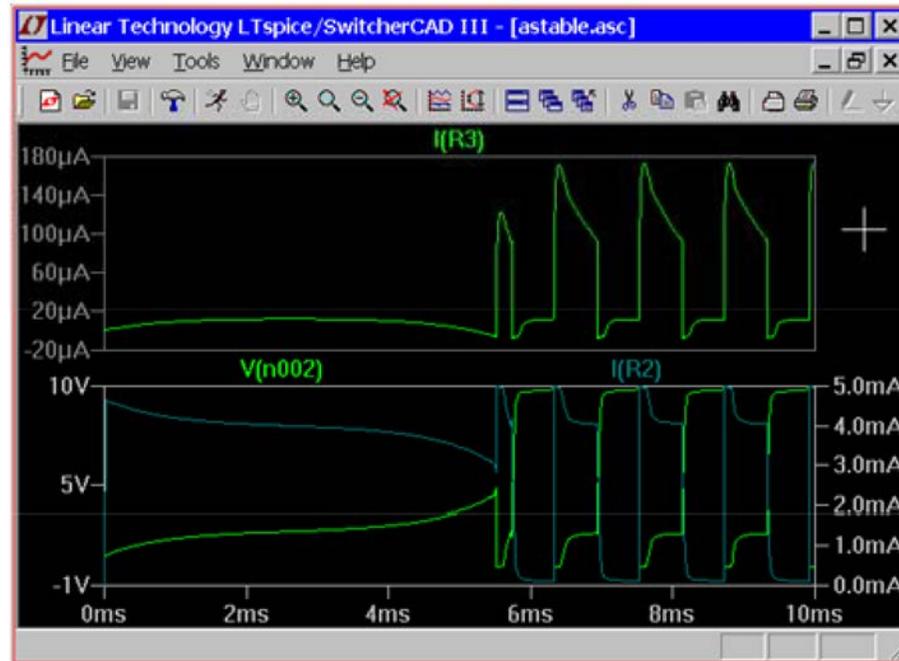
- ▶ 点击并按住一个节点，然后将鼠标拖动到另一节点
  - 第一节点为红色探针
  - 第二节点为黑色探针

差分电压显示在  
波形查看器中



# 绘图窗格

- ▶ 一个窗口上可以显示多个绘图窗格，以便更好地分隔曲线，不同曲线可以独立地自动缩放
  - 右键点击波形窗格
  - 选择“添加绘图窗格”
  - 点击并按住鼠标左键，将一个标签拖到新的绘图窗格



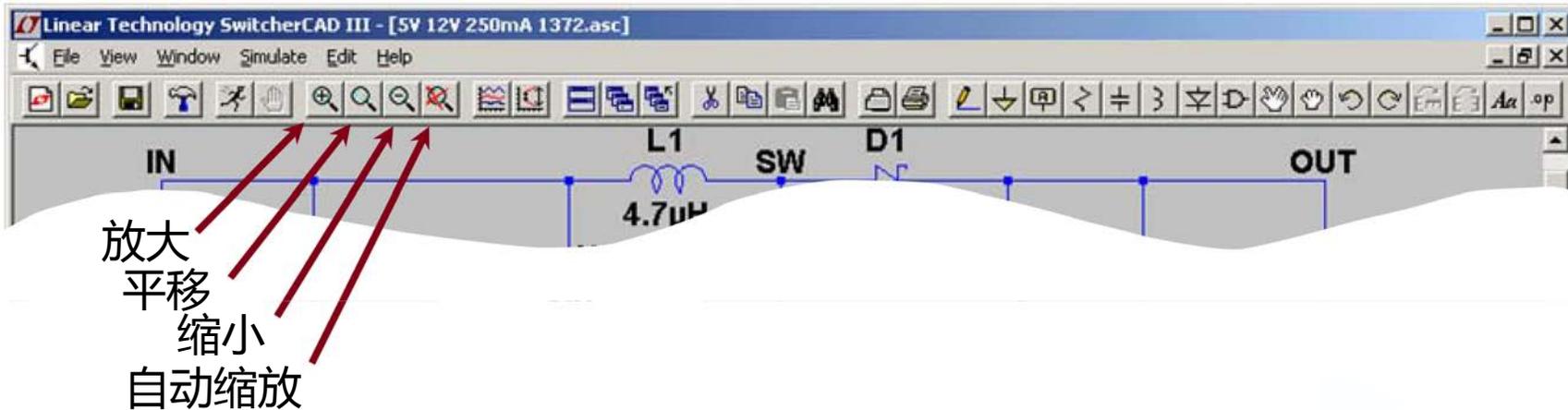
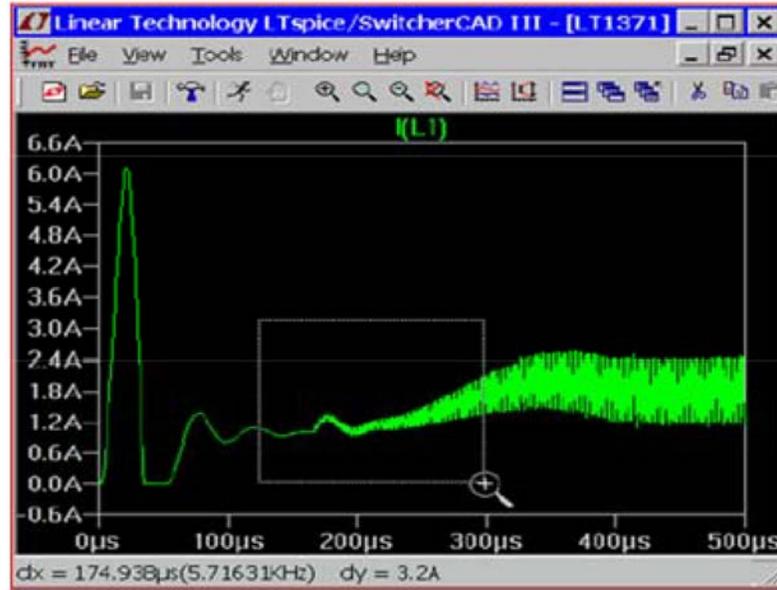
# 在波形查看器中放大和缩小

## ▶ 放大

- 点击并按住鼠标左键，在要放大的区域周围画一个方框，然后松开

## ▶ 缩小

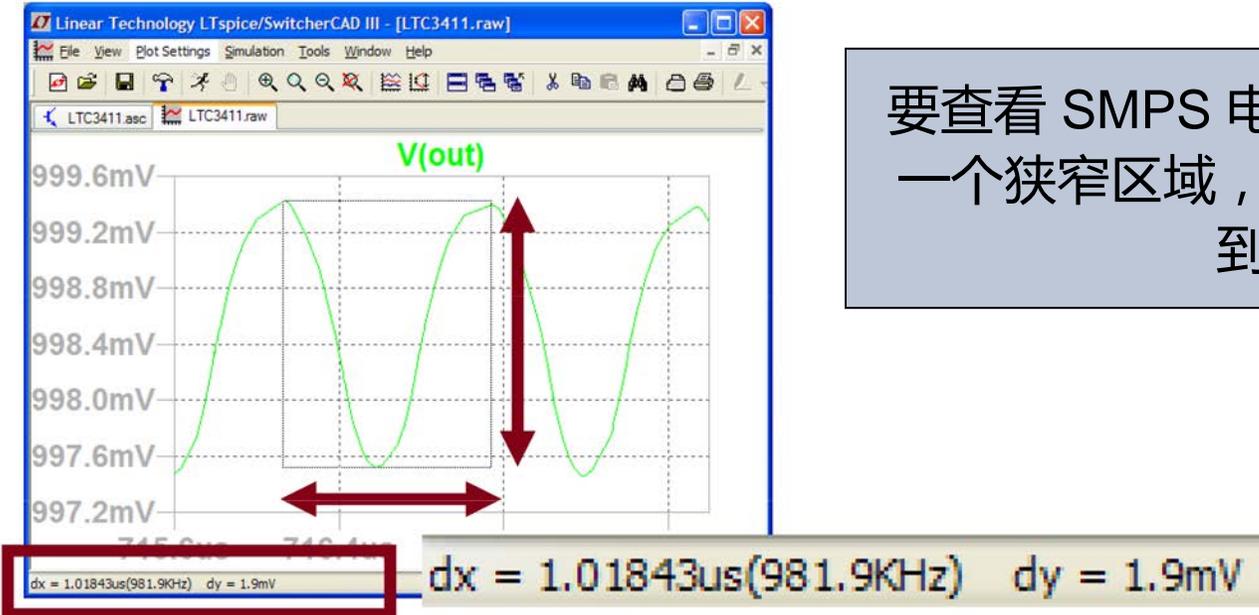
- 右键点击并选择**适合屏幕**或**缩小**



# 测量 $V_{\text{Ripple}}$ 、 $I_{\text{Ripple}}$ 和时间（频率）

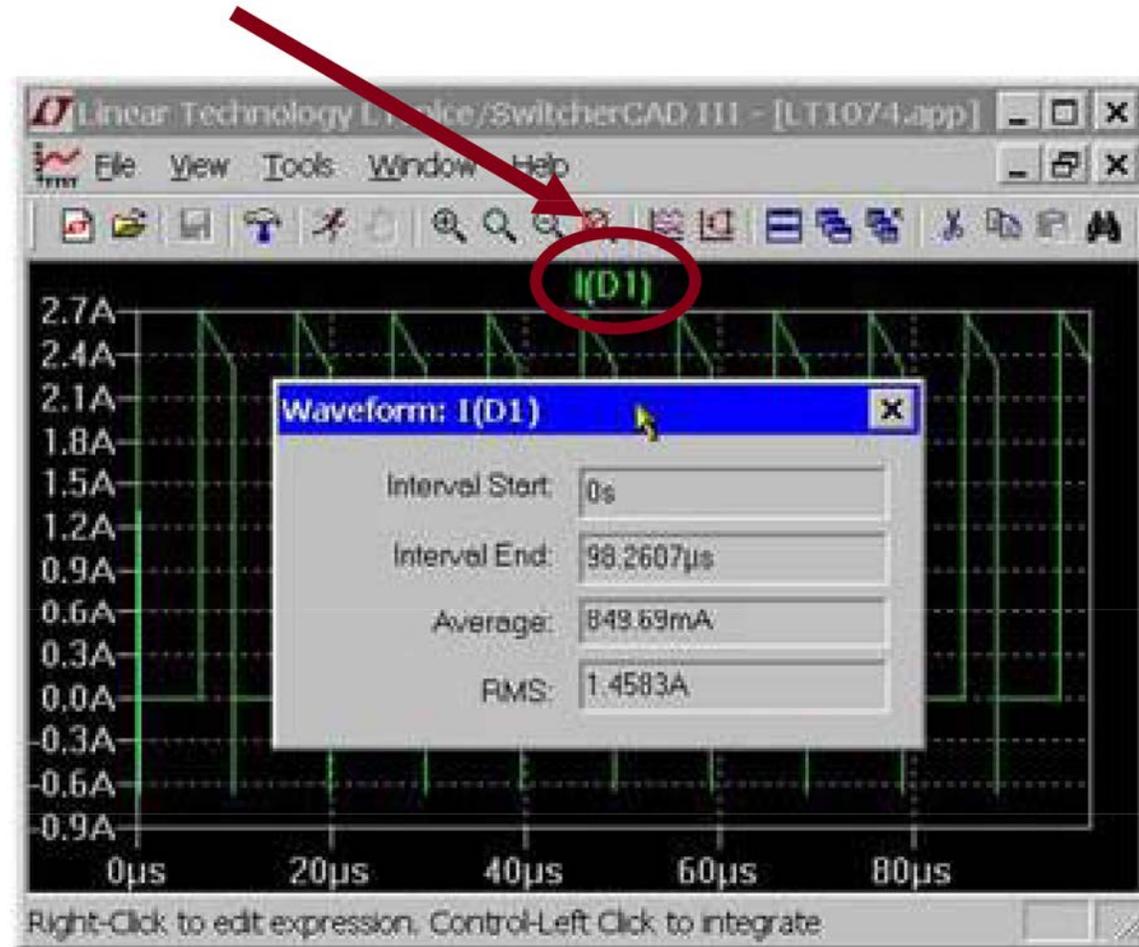
- ▶ 在要测量的区域周围画一个方框（一个周期的峰峰值）
  - 点击并**按住**鼠标左键，在感兴趣的部分上画一个方框
- ▶ 查看屏幕左下方
  - 为了避免调整大小，请在放开鼠标左键之前缩小方框，或使用“编辑”菜单中的“撤消”命令

要查看 SMPS 电压纹波，您需要放大一个狭窄区域，因为波形最初被压缩到满量程



# 平均/RMS 电流或电压计算

- ▶ 按住 Ctrl 并点击波形查看器中的 I 或 V **曲线标签**



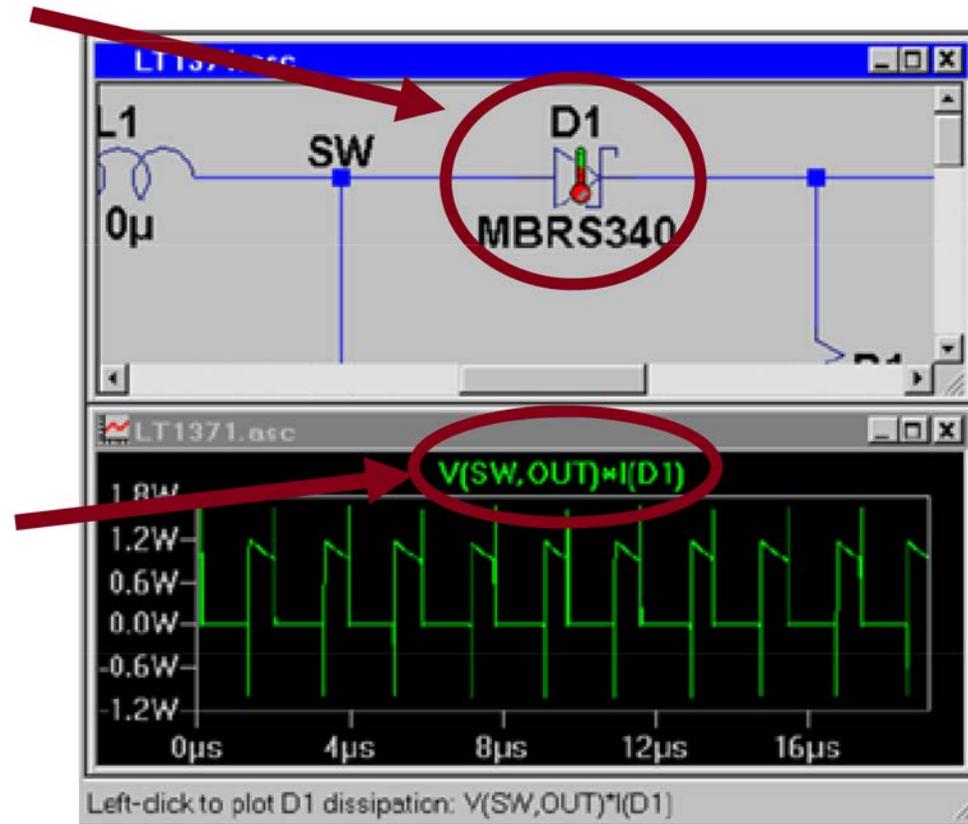
# 瞬时和平均功耗

## ▶ 瞬时功耗

- 按住 ALT 键并点击组件符号
- 鼠标指针将变为温度计
- 以瓦为单位绘图

## ▶ 平均功耗

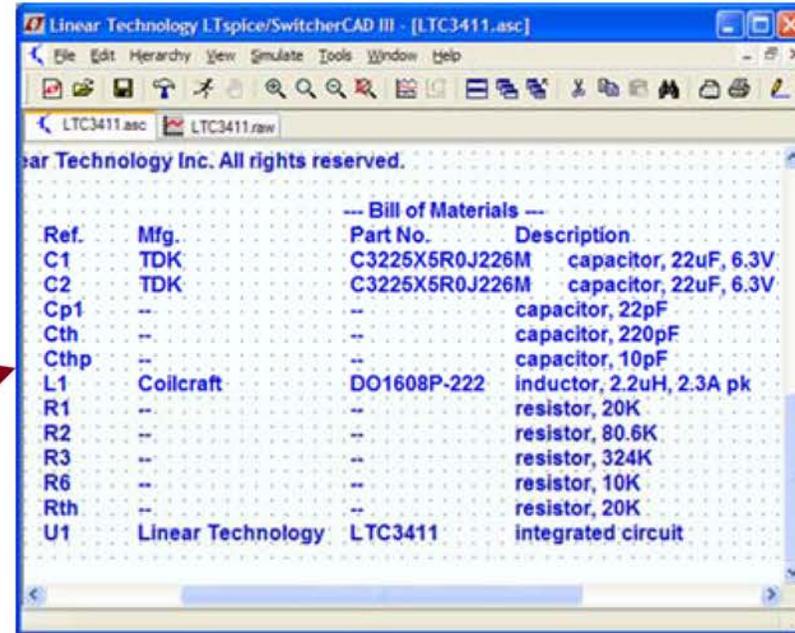
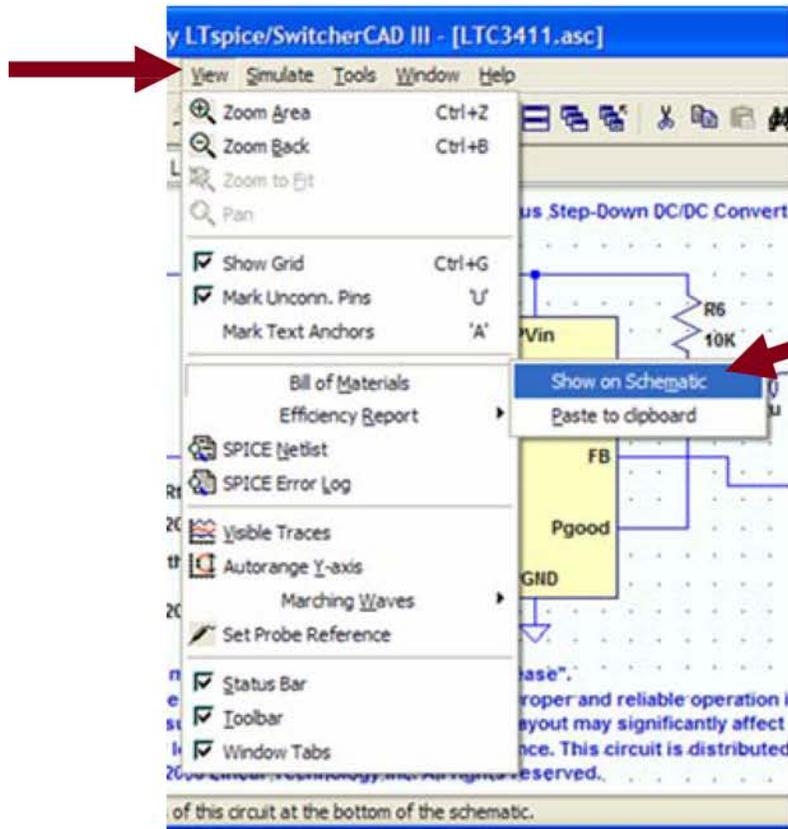
- 按住 Ctrl 键，点击功耗波形  
*曲线标签*



# 生成物料清单和 效率报告

# 物料清单 (BOM)

- ▶ 点击**视图**菜单
- ▶ 点击**物料清单**



Linear Technology LTspice/switcherCAD III - [LTC3411.asc]

LTC3411.asc LTC3411.raw

Linear Technology Inc. All rights reserved.

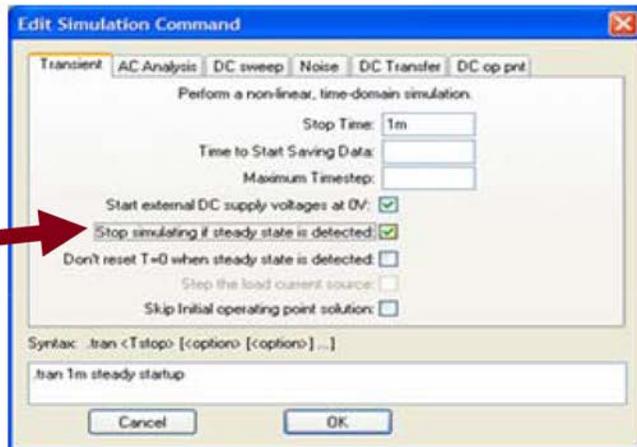
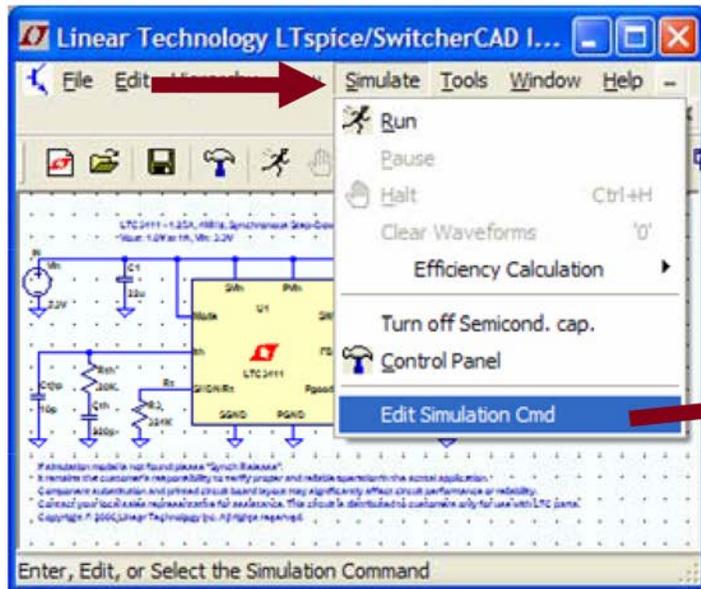
--- Bill of Materials ---

Ref.	Mfg.	Part No.	Description
C1	TDK	C3225X5R0J226M	capacitor, 22uF, 6.3V
C2	TDK	C3225X5R0J226M	capacitor, 22uF, 6.3V
Cp1	--	--	capacitor, 22pF
Cth	--	--	capacitor, 220pF
Cthp	--	--	capacitor, 10pF
L1	Coilcraft	DO1608P-222	inductor, 2.2uH, 2.3A pk
R1	--	--	resistor, 20K
R2	--	--	resistor, 80.6K
R3	--	--	resistor, 324K
R6	--	--	resistor, 10K
Rth	--	--	resistor, 20K
U1	Linear Technology	LTC3411	integrated circuit

# 计算 SMPS 电路的效率

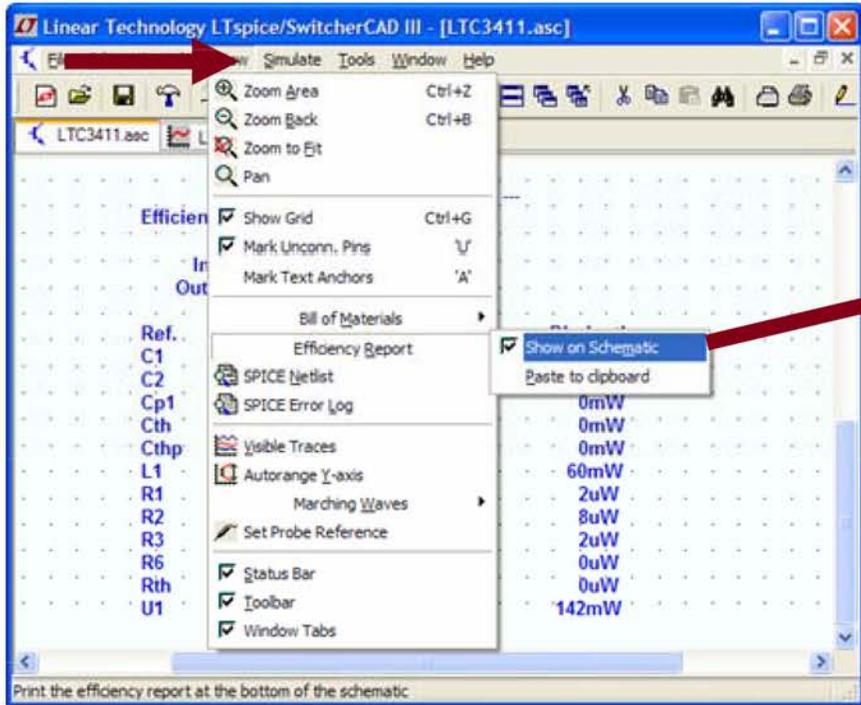
- ▶ 点击**仿真**菜单
- ▶ 点击**编辑仿真命令**
- ▶ 点击**如果检测到稳态则停止仿真**
  - 通过检查宏模型的内部状态来自动检测稳态
- ▶ 重新运行仿真

自动检测稳态可能不起作用 – 稳态检测可能太严格或太宽松



# 查看效率报告

- ▶ 点击**仿真**菜单
- ▶ 点击**效率报告**



Efficiency: 83.1%    --- Efficiency Report ---

Input: 1.2W @ 3.3V  
Output: 997mW @ 999mV

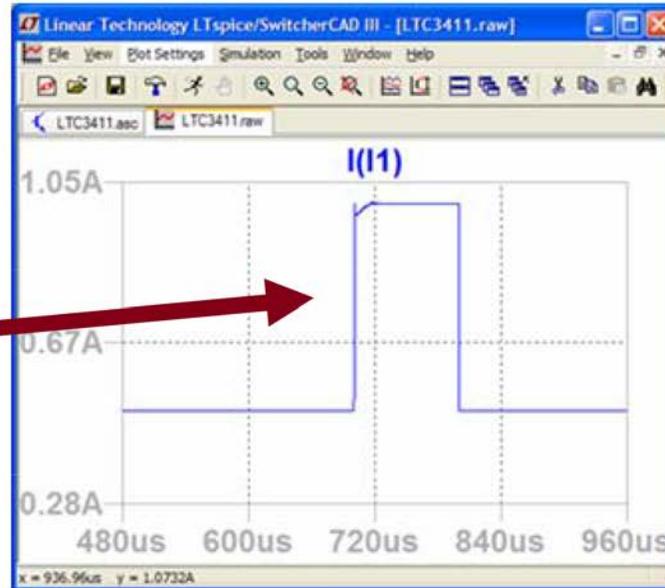
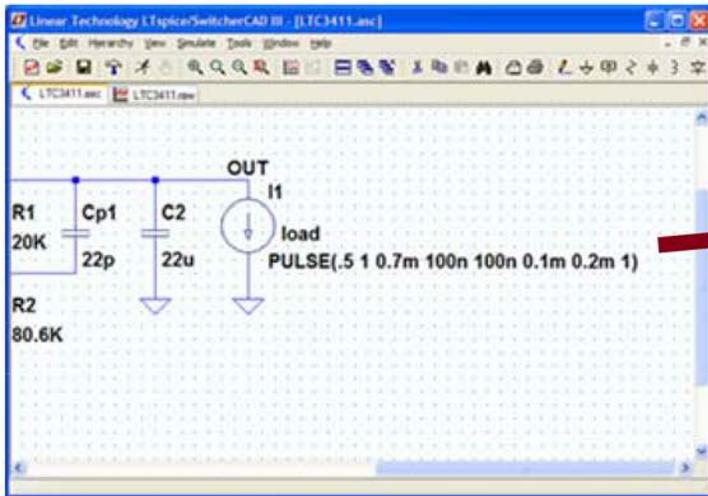
Ref.	I <sub>rms</sub>	I <sub>peak</sub>	Dissipation
C1	0mA	0mA	0mW
C2	99mA	177mA	0mW
Cp1	0mA	0mA	0mW
Cth	0mA	0mA	0mW
Cthp	0mA	0mA	0mW
L1	1003mA	1176mA	60mW
R1	0mA	0mA	2uW
R2	0mA	0mA	8uW
R3	0mA	0mA	2uW
R6	0mA	0mA	0uW
Rth	0mA	0mA	0uW
U1	1003mA	1176mA	142mW

# SMPS 瞬态响应 仿真

高级主题

# 使用脉冲函数作为瞬态响应负载

- ▶ 插入电流源负载
  - 点击原理图编辑器工具栏中的组件符号
  - 选择负载（或负载 2）电路元件并配置为脉冲式
  - 点击“确定”
- ▶ 将负载配置为脉冲函数（接下来介绍）
  - 电流从初始值阶跃到脉冲值再返回
- ▶ 运行并查看结果



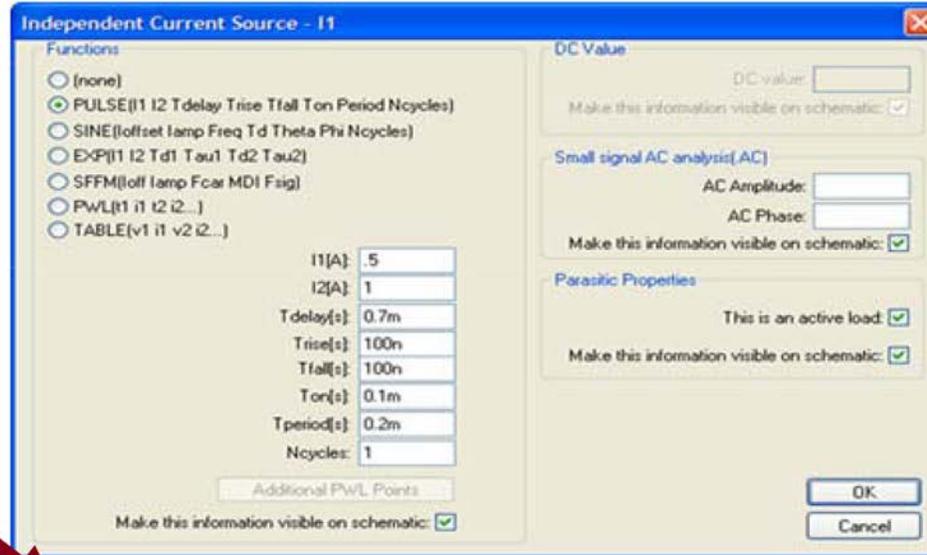
# 将负载配置为脉冲函数

▶ 右键点击负载（或负载 2）元件

▶ 选择脉冲

▶ 修改特性

- I1 = 初始值
- I2 = 脉冲值
- Tdelay = 延迟
- Tr = 上升时间
- Tf = 下降时间
- Ton = 开启时间
- Tperiod = 周期
- Ncycles = 循环次数
  - 自由振荡可忽略



Tdelay 需要足够，以便在加载步骤发生之前，器件处于稳态且已离开启动状态

您可能需要取消**如果检测到稳态则停止仿真**，然后在“仿真”菜单下的“编辑仿真命令”中指定结束时间

# 变压器仿真

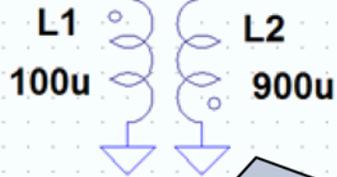
高级主题

# 变压器仿真

- ▶ 将变压器的每个绕组绘制为一个单独的电感
- ▶ 用一条互感语句耦合电感
  - 添加 K1 L1 L2 L3 ... 1 形式的 SPICE 指令到原理图
    - 点击**编辑**，然后点击 **SPICE 指令**
    - 互感的电感上会画一个相点
  - 首先以互耦系数等于 1 开始

Transformer with two windings

K1 L1 L2 1



K 语句耦合绕组

欲了解更多信息，请查看 LTC1871 演示电路和 2006 年 9 月 LT 杂志的第 23-24 页，网址为 <http://www.analog.com/cn>

1:3 的匝数比  
提供 1:9 的电感比

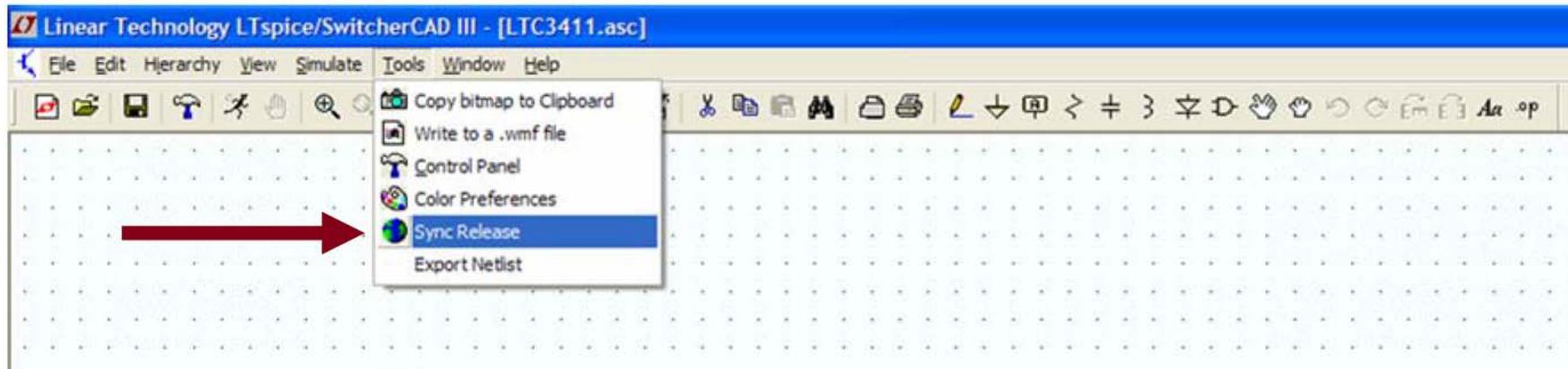
注意：绕组电感比等于匝数比的平方

# 其他信息和支持

# 定期同步发布提醒

- ▶ 更新您的 LTspice 版本以获取最新版本
  - 软件更新
  - 模型和示例

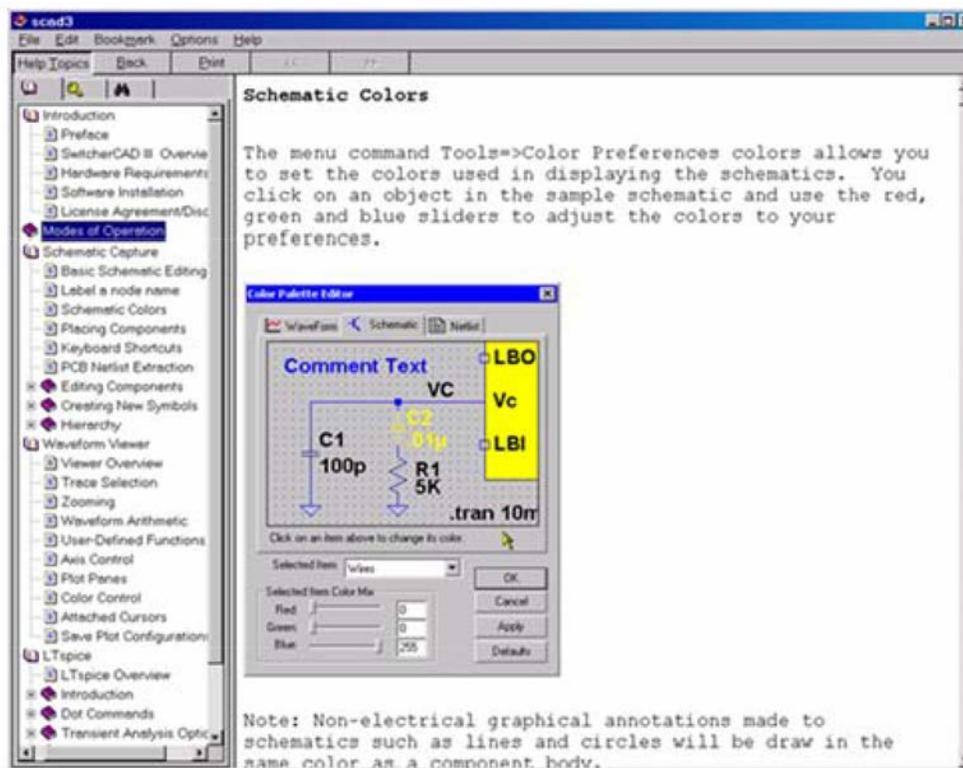
通过 MyAnalog ([www.analog.com](http://www.analog.com))  
注册，获取邮件新闻和更新

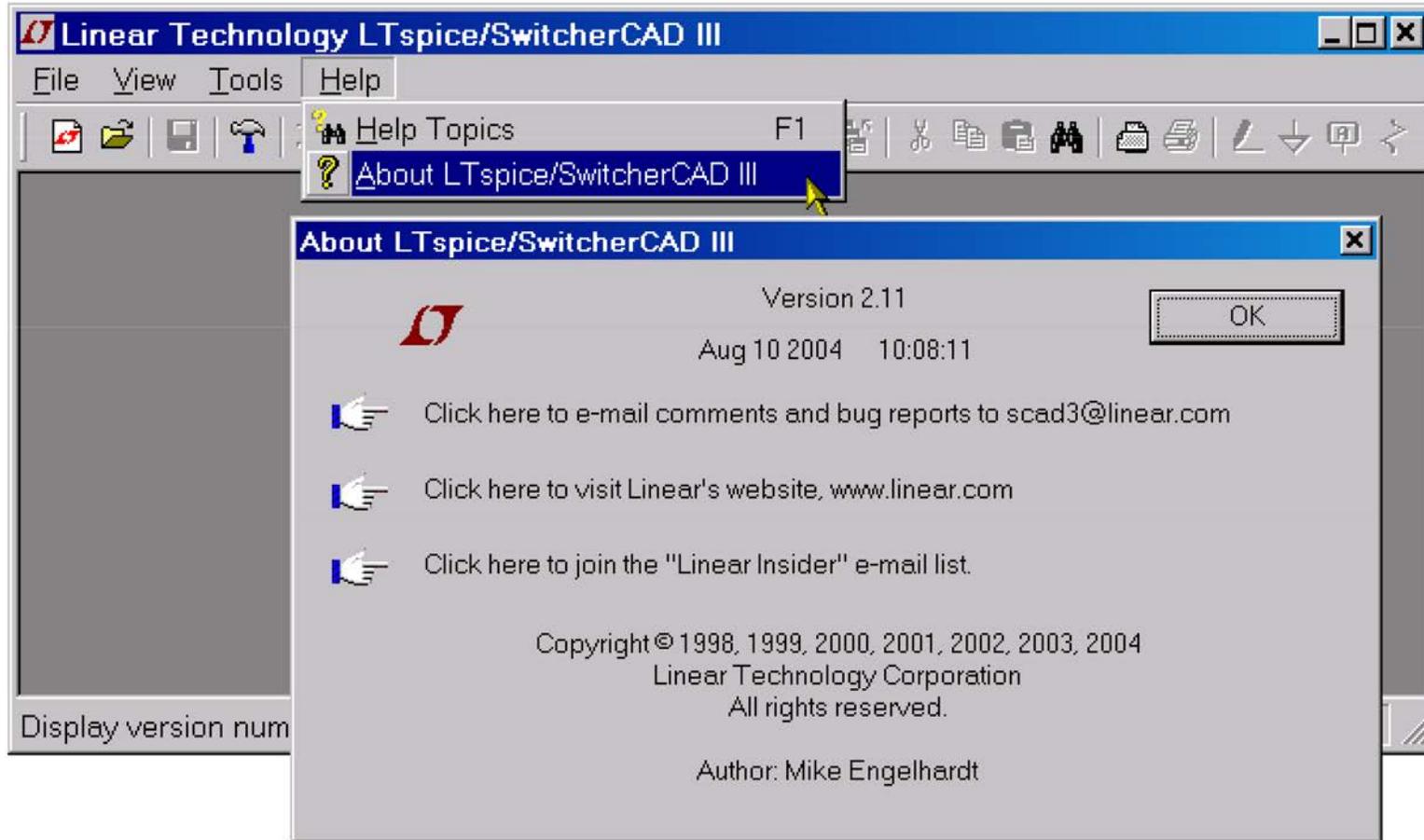


变更清单在 changelog.txt 中，后者位于您的 LTspice 根目录  
(C:\Program Files\LTC\SwCADIII)

# 内置帮助系统

- ▶ 点击**帮助**菜单，然后点击**帮助主题**





ADI中国地区技术支持热线：

4006-100-006

ADI中国地区技术支持信箱：

[china.support@analog.com](mailto:china.support@analog.com)

ADI中文技术论坛

<https://ez.analog.com/cn>

样片申请：

<http://www.analog.com/cn/sample>

在线购买：

<http://www.analog.com/cn/buy>

LTipice · LTipice/SwitcherCAD III Search for other groups... Search

---

[Home](#)

[Messages](#)

[Post](#)

[Files](#)

[Photos](#)

[Links](#)

[Database](#)

[Polls](#)

[Members](#)

[Calendar](#)

---

[Promote](#)

---

[Info](#) [Settings](#)

**Group Information**

Members: 11801

Category: [Electrical](#)

Founded: Sep 27, 2002

Language: English

---

**Yahoo! Groups Tips**

Did you know...  
 Show off your group to the world. Share a photo of your group with us.

**Home**

Activity within 7 days: 103 New Members - 159 New Messages - 29 New Files - New Questions

**Description**

Dedicated to the exchange of information about LTipice. LTipice/SwitcherCAD III ([download now](#)) is a complete and fully functional SPICE program that is available free of charge from [Linear Technology](#).

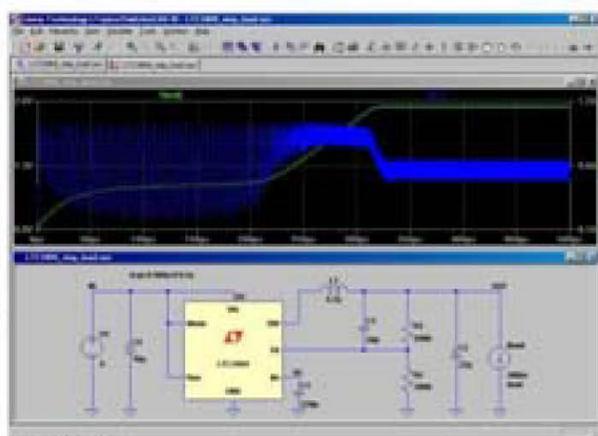
Before using the software, please read the **License Agreement** found in the introductory LTipice Help pages.

Please report bugs directly to LTC. The program includes the correct address for that on its Help About dialog box (Menu command Help=> About LTipice/SwitcherCAD III). You will need to include any relevant files and a note on how to duplicate the problem.

For general questions, please read the **program Help file**, the **group FAQ** and try the **group message Search** before posting. If you post questions about a specific circuit, it is most helpful to also upload the schematic file (.asc) and any necessary symbol (.asy) and model files to the [Files/Temp](#) folder. Never upload the big output file (.raw) of a simulation.

Yahoo Groups allow you to easily correct or delete any upload mistakes. A list of all uploaded files can be found in [Files/All Files Index](#).

It is 'members only' to help avoid spammers. Please avoid personal attacks. The Group Moderators have no affiliation with Linear Technology.



**Most Recent Messages** ([View All](#))

(Group by Topic)

Search:   [Advanced](#) [Start Topic](#)