

如何修改Protel 99SE

仿真库及仿真模型

程涵

计算机模拟电路分析是建立在正确的器件模型的基础上的，而每一种器件都可以等效成由不同的R、C、L等单元组成的网络，因此，在20世纪70年代，美国加利福尼亚大学柏克莱分校就开始开发用于集成电路的电路分析程序SPICE。随着计算机技术的发展，其版本不断更新，电路分析的功能也得到扩充，算法也更加完善，器件模型也在不断地更新和增加。Protel 99SE的仿真模块就是在SPICE3f5/XSPICE的基础上发展而来的，支持所有的标准SPICE模型。

由于Protel 99SE的仿真引擎直接作用于电路原理图，因此，用户可以在设计阶段对电路进行动态特性、傅立叶、交流小信号、直流传输特性、传输功能、噪声特性、温度特性、参数扫描及蒙特卡洛这九种模拟分析，以准确地、全面地获得电路的工作状况，使得对电路的研究更加容易、快捷、方便，可靠性也得到了提高。Protel 99SE中囊括了28类器件近6000个仿真模型及仿真元器件。尽管如此，对于某些行业的专用器件或参数、组件与仿真模型不一致的情况，用户常常要按自己的需要修改仿真库，甚至仿真模型。正确地设置电路图是成功地进行仿真的必要条件。Protel 99SE 提供了对用户完全开放的人性化的界面。

Protel 99SE中，器件的仿真模型存放在Design Explorer 99SE\Library\Sim\ Simulation Model. Ddb 仿真模型文件夹中，元器件的电路符号、参数、管脚及特性存放在Design Explorer 99SE\Library\Sch\Sim. Ddb\ *. Lib 仿真元器件库中。

一、修改仿真元件库

从Design Explorer 99SE\Library\Sch\Sim. Ddb中知道，28个包含SPICE模拟器所需的各种相应信息的仿真库，能用在Schematic图中参与仿真的器件共5811种，见表1。

表1 Protel 99SE 仿真库清单

库名	所含元件	数量
74XX.LIB	TTL 数字集成电路	226
7SEGDISP.LIB	LED7 译码器	10
BJT.LIB	双极型晶体管	1112
BUFFER.LIB	集成缓冲器	13
CAMP.LIB	集成电流放大器	34
CMOS.LIB	CMOS 数字集成电路	72
COMPARATOR.LIB	集成比较器	52
CRYSTAL.LIB	频率的晶振荡器	104
DIODE.LIB	二极管	1823
IGBT.LIB	双极型绝缘栅晶体管	68
JFET.LIB	结型场效应管	167
MATH.LIB	数学函数发生器	63
MESFET.LIB	MES 场效应管	2
MISC.LIB	混合器件	891
MOSFET.LIB	MOS 场效应管	29
OPAMPLIB	集成放大器	515
OPTO.LIB	两种光耦器件	2
REGULATOR.LIB	六种集成稳压器	6
RELAY.LIB	五种继电器	5
SCR.LIB	可控硅整流器	471
SIMULATION.LIB	常用器件	34
SWITCH.LIB	八种压控、流控开关	8
TIMER.LIB	四种 555 定时器	4
TRANSFORMER.LIB	变压器	15
TRANSLINE.LIB	三种传输线	3
TRIAC.LIB	三段双向可控硅开关	54
TUBE.LIB	电子管器件	14
UJT.LIB	单结型晶体管	4

由于电路模拟的广泛性，电路设计者要描述更为复杂而在原有仿真模型库中并未包括的器件特性，或修改原有的模型库、更新参数甚至增加新的器件模型时，需要修改仿真元件库。

在设计Schematic时，发现某元器件的模型或参数不合适，可在放置元件时，按TAB键；放置元件以后，点击这个元件的原理图符号。这时，弹出一个对话框，在这个对话框中包含四个选项卡Attributes、Part fields、Read-only fields和Graphical Attrs，除Read-Only Fields中的内容，其余三项均可直接修改。

1. 修改参数

常用器件，如R、C、L、FUSE等的参数在Attributes选项卡的第四项Part type中，直接修改其参数即可。其他类型的器件参数通常在Part field 1 ~ 16中定义。以Sim.Ddb\Relay.Lib 中12VSPDT为例：

Part field1 : Pullin * ; 开态电压
Part field2 : Dropoff * ; 关态电压
Part field3 : Contact * ; 开关的接触电阻
Part field4 : Resistance * ; 线圈电阻
Part field5 : Inductance * ; 线圈电感

如果在Part field中相应的参数值为“*”，则表示仿真器使用Sim Code Mode中的值。也可填入所需器件的相关参数，如可变电阻，则在其Part field1的Set项中设置为0.5。

2. 更换仿真模型

Attributes选项卡中，第一项Lib Ref为此元件在库内的名称，第四项Part type为此元件所选用的仿真模型。在Part type中填入电路所需的并在Simulation Model. ddb 中已存在的相应模型即可。这样，更换仿真模型，使电路仿真设计变得更加轻松、方便。其原理将在下一部分修改仿真模型库中谈到。

二、创建仿真元件库

Schematic设计图中的所有部分必须包含仿真信息，以使仿真器能够正确处理各种元件。换句话说，所需模拟的元件必须有与其对应的仿真元件模型。当Protel 99SE中的元件模型不能满足需要时，以继电器为例，Design Explorer 99SE\Library\Sch\Sim.ddb\relay.lib 提供的5种模型都是单一单刀双掷继电器，当选用集成继电器，如多组单刀双掷继电器时，就需要修改仿真信息。下面介绍一个四组单刀双掷继电器例子。

1. 画原理图符号

原库中的5种继电器都编在同一Group中，当修改其中一个器件时，其余器件都同时改变。为不破坏原有器件库，在SchLib界面，用Tool—New Component新建元件NewRelay，并用Tool—New Part创建新的子件2/4、3/4、4/4，同时修改相应的管脚编号，如图1所示。值得一提的是，器件的所有管脚长度应一致。

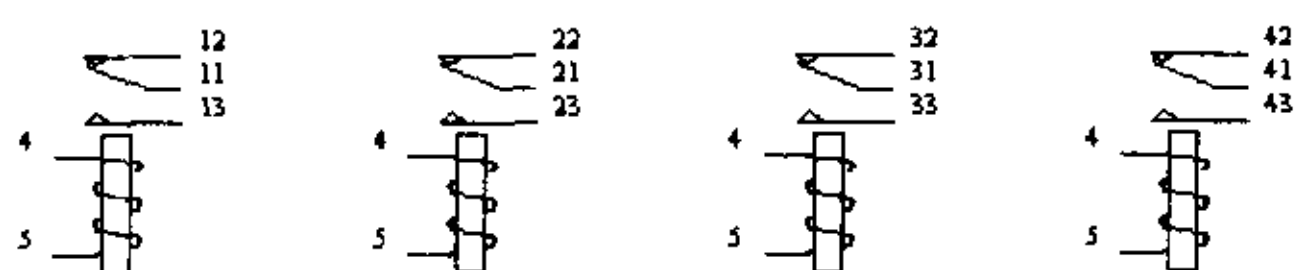


图1 NewRelay 的电路符号图

2. 修改 Read-Only Field 的信息

选择库编辑器菜单Tool——Description(或

Browse SchLib—Group—Description)，这里的信息将告诉仿真器元件的类型、仿真模型的位置、多组器件是如何分配管脚的等等，还有元件所需的特殊SPICE网络表信息。仿真器从Library Fields(即Read-Only fields)和Part fields读取SPICE的网络表信息。

(1)Text Field1中包含元件的类型和SPICE前缀，如表2所示。

格式为：type=< 器件类型>(SPICE 前缀)。

如：type =RESISTOR(R);

type =SUBCKT(X);

.....

表2 标准 SPICE 器件类型和前缀

器件类型	前缀	器件功能
CAP	C	电容
CCCS	F	流控电流源
CCS	W	流控开关
CCVS	H	流控电压源
DIODE	D	二极管
INDUCTOR	L	电感
IPULSE	I	脉冲电流源
IPWL	I	分段线性电流源
ISFFM	I	FM 电流源
ISIN	I	正弦电流源
ISRC	I	直流电流源
LTRA	O	无损传输线
MUTUALINDUCTANCE	K	互感耦合器
NMOS	M	N 沟道耗尽型 MOS 场效应管
NEMOS	M	N 沟道增强型 MOS 场效应管
NJFET	J	N 沟道结型场效应管
NMESFET	Z	N 沟道 MES 场效应管
NLDS	B	非线性电源
NPN	Q	NPN 双极型结型晶体管
PDMOS	M	P 沟道耗尽型 MOS 场效应管
PEMOS	M	P 沟道增强型 MOS 场效应管
PJFET	J	P 沟道结型场效应管
PMESFET	Z	P 沟道 MES 场效应管
PNP	Q	PNP 双极型结型晶体管
POT	R	可变电阻或变压器
RES	R	电阻
SEMICAP	C	半导体电容
SEMIRES	R	半导体电阻
SIMCODE	A	SimCode 数字器件
SUBCKT	X	子电路
TRA	T	无损传输线
UDRC	U	均匀分布 RC 传输线
VCCS	G	压控电流源
VCSW	S	压控开关
VCVS	E	压控电压源
VPLUSE	V	脉冲电压源
VPWL	V	分段线性电压源
VSFFM	V	FM 电压源
VSIN	V	正弦电压源
VSRC	V	直流电压源
ZENER	A	SimCode 齐纳二极管

(2)Text Field2中包含器件的仿真模型的名称。

格式为：model =< 模型名称>。

如：model =CAPSEMI;

model=<Parttype> ;

.....

前一个例子，表示此器件用固定模型;而后一个表示此器件的仿真模型随前面提到的Attributes选项卡中的第四项Part type中的模型而定。仿真元件库中绝大部分器件采用这种方式,使得在SCH界面下很容易修改仿真模型。标准的电阻、电容、电感和电源，已在仿真库中定义了，不需要在这一栏中说明。

所有数字器件都用model=Simcode(A)来说明。

(3)Text Field 3指定字段2中仿真模型文件的路径。

格式为: file={model_path}\subpath\<model_name>.<ext>

如: file={model_path}\RELAY\CAPSEMI.mdl;

file={model_path}\DIODE\<parttype>.ckt ;
.....

{Model_path}为存储仿真模型的路径。在99SE仿真文件中,其缺省路径是\Design Explorer 99SE\Library\Sim;subpath是Sim的下一层包含模型文件的文件夹。在上两个例子中,模型文件扩展名分别是.ckt和.mdl,表示仿真模型分别是SPICE子电路和SPICE模型,此模型文件的内容列在SPICE网络表的后面。模型名称要求与字段2一致。

(4)Text Field4包含该器件的引脚列表。

格式为: pins = < part_no > :
[<pin1>,<pin2>,<pin3>,...]。

如: pins=1:[1,2,3,4] ;整流桥的管脚

pins=1:[3,2,8,4,1]2:[5,6,8,4,7]

;双运放LF353的管脚分配

.....

管脚的排列顺序应与模型文件中定义的顺序一致,编号可以不相同,但应与原理图符号上的定义一致。因为,模型文件中的所有参数均为局部变量,在每个模型文件的开头对管脚的顺序都有说明(见后面RELAY的模型文件)。

(5)Text Field5包含SPICE网络表中网络表数据。

格式为: netlist=<SPICE Data>|<SPICE Data line2>|.....

如: netlist=%D %1 %2 %3 %4 %5 %M %IF (PARAS:%P) ;RELAY的field5中内容

%表示其后的数字或字母要参考其他字段的内容;

%D指元件的标识字段,如果标识字段的首字母与SPICE前缀不匹配,则前缀自动加入网络表的开头;

%1~%5是器件的引脚,也是字段4的索引;

%M指字段2仿真模型的名称;

%IF有条件的网络表入口;

%V表示元件的“Part Type”字段需要填入数值(可以是整数、浮点数、指数为整数的浮点数等),如R、C、L、FUSE等;

%F1~%F16指将Part Field1~Part Field16的数值插入网络表;

%P或%P1~%P16将Part fields的内容插入;

%R插入库参考区的内容;

%T将Part type的内容插入网络表而不作任何检查。

注意:每一个SPICE数据间应留有一个空格,否则,仿真器不能生成SPICE网络表。

(6)Text Field8是一个可选项,包含part fields中的缺省值。

格式为: defaults=F1:<def!>, F2:<def2>.....

如F1指的是Properties对话框中的part field1, part field2.....

知道上面的Text Fields规定以后,打开库编辑器Edit,键入新RELAY的Read-Only中的相关条件如下:

Text Field1:type=SUBCKT(X)

Text Field2:model=<parttype>

Text Field3:file={model_path}\RELAY\<parttype>.ckt

Text Field4:pins=1:[11,12,13,4,5]2:[21,22,23,4,5]3:[31,32,33,4,5]4:[41,42,43,4,5]

Text Field5:netlist=%D %1 %2 %3 %4 %5 %M %IF (PARAS:%P)

三、修改仿真模型文件

Protel 99SE的仿真模型是用SPICE(Simulation Program with IC Emphasis)来编写的。同其他语言一样,SPICE语言也是由语句(电路描述语句、电路分析语句和控制语句)、名字段、分隔符号、数字段组成的。仿真文件中多用到的是电路描述语句中的元件描述、模型描述和子电路描述语句。

SPICE中建有各种元件的模型,这些模型所对应的器件方程、模型参数及赋值,反映器件特有的结构信息,都包含在程序的源码中,所以,无论是修改器件模型还是新建器件模型,只要对其同类器件的原码进行修改即可。还是以继电器为例。

1. 模型文件——Relay的子电路

*Generic relay pins: COM NC NO T1 T2;管脚顺序说明

*SPDT Relay Subcircuit Parameters;参数说明

*PULLIN = Pull in voltage;

*DROPOFF = Drop off voltage;

*CONTACT = Contact resistance ;

*RESISTANCE = Coil resistance;

*INDUCTANCE = Coil Inductance;

*AC/DC relay;标题

.SUBCKT 12VSPDT 1 2 3 4 5

```
+ PARAMS: PULLIN=9.6 DROPOFF=0.1
CONTACT=1m RESISTANCE=1000 INDUCTANCE=10m
L1 4 6 {(INDUCTANCE/2)}
L2 5 7 {(INDUCTANCE/2)}
R1 6 7 {RESISTANCE}
BNO 8 0 V={PULLIN}-abs(v(6,7))
SW1 2 1 8 0 SWNC ON
BNC 9 0 V=abs(v(6,7))
SW2 3 1 9 0 SWNO OFF
.MODEL SWNC SW(VT={DROPOFF} RON=
{CONTACT} )
.MODEL SWNO SW(VT={(PULLIN*0.98)} RON=
{CONTACT} )
.ENDS SPDTRELAY
```

2. 介绍 SPICE 的电路描述语句

在器件的等效电路中，每一个元件需要用元件描述语来说明。元件语句由元件名、元件所连接的电路节点号和元件参数值组成。元件描述语句不能以“.”开始。“*”为注释语句的标识。第一条语句必须是标题语句，最后一条是结束语句。元件描述语句中的第一个字母是确定该元件类型的关键字(即表2中的前缀)。模型名可以由字母和数字组成。当语句过长，多行才能完成时，应在接续行前加“+”。由于篇幅的限制，这里仅介绍上例中的语句。

(1)电阻语句格式: RXXXXXX N+ N- <(MODEL)NAME> VALUE <TC=TC1<,TC2>>

如: RSWITCH 3 2 RMOD 10K

此语句含义是: 名为SWITCH的电阻，电流从3号节点流到2号节点，阻值10k，模型用RMOD。

(2)电感语句格式: LXXXXXX N+ N- <(MODEL)NAME> VALUE <IC=INCOND>

如: LCOIL 4 5 LMOD 1μ IC=15.7mA

此语句含义是: 名为COIL的电感，其正节点是4，其负节点是5，感抗1μH，时间为零时流过电感的电流为15.7mA。

语句中的模型名由.MODEL 语句来定义。

(3)电压控制开关语句格式: SXXXXXX N+ N- NC+ NC- <(MODEL)NAME> [(ON)(OFF)]

如: S1 3 16 10 18 SMOD

同上面一样，N+，N-指电流流过元件的方向；NC+，NC-指控制的正负节点；[(ON)(OFF)]规定了开关的初始条件。

(4)模型描述语句格式: .MODEL MNAME TYPE (PNAME1=PAL1

+PNAME2=PAL2……)<DEV=VALD> <LOT=VALL>

如: .MODEL SWNC SW(VT={DROPOFF} RON={CONTACT})

(5)子电路描述语句格式: .SUBCKT SUBNAME N1 <N2 N3 …>

.ENDS <SUBNAM>

如: .SUBCKT OPAMP 1 2 3 4

.ENDS OPAMP

这里的SUBNAME必须与*.Lib 中的器件名相同。

3. 修改仿真模型文件

计算机模拟电路分析的精度主要取决于所用器件模型参数的精度。因此，准确地获得模型及模型参数是修改仿真模型的关键。建立新元件的同时，应建立其仿真模型文件。

*Generic relay pins: COM NC NO T1 T2; 管脚顺序说明

*SPDT Relay Subcircuit Parameters; 参数说明

*PULLIN = Pull in voltage;

*DROPOFF = Drop off voltage;

*CONTACT = Contact resistance;

*RESISTANCE = Coil resistance;

*INDUCTANCE = Coil Inductance;

*AC/DC relay

.SUBCKT NewRelay 1 2 3 4 5

+ PARAMS: PULLIN=21 DROPOFF=0.5
CONTACT=1m RESISTANCE=1000 INDUCTANCE=10m

L1 4 6 {(INDUCTANCE/2)}

L2 5 7 {(INDUCTANCE/2)}

R1 6 7 {RESISTANCE}

BNO 8 0 V={PULLIN}-abs(v(6,7))

SW1 2 1 8 0 SWNC ON

BNC 9 0 V=abs(v(6,7))

SW2 3 1 9 0 SWNO OFF

.MODEL SWNC SW(VT={DROPOFF} RON={CONTACT})

.MODEL SWNO SW(VT={(PULLIN*0.98)} RON={CONTACT})

.ENDS NewRelay

画线的地方做了修改。当新建的元件与原有模型相差甚远时，需要根据其电特性提取模型参数及输入/输出关系来获得电路模型。

总之，在电路仿真之前，要确保原理图包含所有必须的信息；原理图中所有的元器件必须有相应的仿真器件模型；必须放置并连接仿真信号源来启动电路仿真；在需要仿真数据(波形)的点，应加注网络标号；如有特殊要求，可以设置电路的内部仿真条件。



本文索引号: 60

投稿邮箱: cadic@icad.com.cn