

应用型本科 电子及通信工程专业“十三五”规划教材

电子设计与制造 实训教程

主 编 顾 江

副主编 鲁 宏 夏金威

- 内容新颖：新知识、新技术、新工艺
- 特色鲜明：突出“应用、实践、创新”
- 定位准确：面向工程技术型人才培养
- 质量上乘：应用型本科专家全力打造



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

应用型本科 电子及通信工程专业“十三五”规划教材

电子设计与制造实训教程

主 编 顾 江

副主编 鲁 宏 夏金威

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以电子设计与制造实训为核心,共包含 5 章,分别为电路仿真技术、电子线路 CAD 技术、PCB 制板技术、电子设备装接技术、SMT 及其应用,所涉及的实训项目包含了电子信息类本科学生所要实践的大部分基础实训项目。本书详细地阐述了电子仿真软件 Multisim 的功能和使用方法及 Protel DXP 软件的功能和使用方法。另外,本书还介绍了印制电路板的制造过程和相关工艺,电子设备的装接方法及相关工艺,以及在装接过程中所需要的仪器。SMT 工艺要求和相关元器件的组装设备书中也有专门的篇幅介绍。

本书适用于电子信息大类学生,可满足电子信息大类学生日常教学和实践教学。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计与制造实训教程/顾江主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2016.9

应用型本科电子及通信工程专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4182-9

I. ①电… II. ①顾… III. ①电子电路—电路设计—高等学校—教材 ②电子产品—生产工艺—高等学校—教材 IV. ①TN702 ②TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 211938 号

策 划 高 樱

责任编辑 杨 璠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029) 88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 //www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西利达印务有限责任公司

版 次 2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 13.5

字 数 313 千字

印 数 3000 册

定 价 28.00 元

ISBN 978-7-5606-4182-9/TN

XDUP 4474001-1

如有印装问题可调换

应用型本科 电子及通信工程专业规划教材

编审专家委员名单

主 任：沈卫康（南京工程学院 通信工程学院 院长/教授）

副主任：张士兵（南通大学 电子信息学院 副院长/教授）

陈 岚（上海应用技术学院 电气与电子工程学院 副院长/教授）

宋依青（常州工学院 计算机科学与工程学院 副院长/教授）

张明新（常熟理工学院 计算机科学与工程学院 副院长/教授）

成 员：（按姓氏拼音排列）

鲍 蓉（徐州工程学院 信电工程学院 副院长/教授）

陈美君（金陵科技学院 网络与通信工程学院 副院长/副教授）

高 尚（江苏科技大学 计算机科学与工程学院 副院长/教授）

李文举（上海应用技术学院 计算机科学学院 副院长/教授）

梁 军（三江学院 电子信息工程学院 副院长/副教授）

潘启勇（常熟理工学院 物理与电子工程学院 副院长/副教授）

任建平（苏州科技学院 电子与信息工程学院 副院长/教授）

孙霓刚（常州大学 信息科学与工程学院 副院长/副教授）

谭 敏（合肥学院 电子信息与电气工程系 系主任/教授）

王杰华（南通大学 计算机科学与技术学院 副院长/副教授）

王章权（浙江树人大学 信息科技学院 副院长/副教授）

温宏愿（南京理工大学泰州科技学院 电子电气工程学院 副院长）

严云洋（淮阴工学院 计算机工程学院 院长/教授）

杨会成（安徽工程大学 电气工程学院 副院长/教授）

杨俊杰（上海电力学院 电子与信息工程学院 副院长/教授）

郁汉琪（南京工程学院 创新学院 院长/教授）

于继明（金陵科技学院 智能科学与控制工程学院 副院长/副教授）

前言

随着电子行业的不断发展,高校为了达到产教融合的目的,都在大力发展新兴的电类实训中心,大批先进的生产制造设备进入实验室,先进、完整、高端、创新往往成为这些实训中心的代名词。但这些发展大都局限在用专业实训室来培养专业人才的范围。随着电子技术应用领域的发展,各行业不仅需要熟练掌握专业知识的专业人才,还需要掌握一定电类知识的复合型人才。例如,汽车服务工程专业的学生还需要掌握汽车电子系统的试验与检测技术。目前的人才培养方式已经渐渐不适应整个行业的发展,对下游应用产业的大发展造成了不利的影响,也会造成学生就业、企业招聘人才时的尖锐矛盾。让各专业学生掌握一定的电类知识和职业技能,为其将来走上工作岗位打下坚实的基础,这是复合型专业人才培养的大势所趋。

本书以面向工程的人才培养标准为指引,以行业技能与工程技术为主线,以专业教学融合职业教学为途径,构筑以工程能力和创新能力为核心的教学体系,着力提高学生的工程素养,培养学生的工程实践能力;围绕“面向多专业”这一核心,强化学生实践教学的规范性和标准化,让学生能够在学校得到近似实战的训练,让企业能够获得更高素质的员工,解决学校人才培养与企业需求脱节的问题。

本书重点介绍 PCB 制造的特点、基本工艺过程、常用工具、耗材及设备的检测和使用技巧,使学生了解 PCB 制作工艺的全过程。

本书共五章,内容包括电路仿真技术、电子线路 CAD 技术、PCB 制版技术、电子设备装接技术以及 SMT 及其应用。电路仿真技术主要介绍了电路设计仿真软件的使用方法和操作技巧;电子电路 CAD 技术主要介绍了在设计电路板时用到的制图软件的使用方法和操作技巧;PCB 制版技术主要介绍了工业实际应用中相关设备的参数和使用方法;电子设备装接技术主要介绍了电子设备装接时涉及的相关工艺要求和主要装配方法;SMT 及其应用主要介绍了 SMT 的应用优势和标准化 SMT 工艺生产线的主要设备构成。

本书由常熟理工学院顾江担任主编,鲁宏、夏金威担任副主编。其中,顾江编写了第 1、2 章,鲁宏编写了第 5 章,夏金威编写了第 3、4 章。全书由顾江负责组织、统稿工作。

限于编者水平,书中不足之处在所难免,恳请各位老师和读者不吝指正。

编者

2016 年 8 月

目 录

第 1 章 电路仿真技术.....	1
1.1 Multisim软件简介.....	1
1.2 Multisim软件界面.....	1
1.3 Multisim软件常用元件库分类.....	2
1.4 Multisim软件菜单栏和工具栏.....	19
1.4.1 菜单栏简介.....	19
1.4.2 工具栏简介.....	21
1.5 Multisim的实际应用.....	22
1.6 利用Multisim进行元件的特性分析.....	26
1.6.1 电阻分压、限流特性的演示与验证.....	26
1.6.2 电容隔直流通交流特性的演示与验证.....	28
1.6.3 电感隔交流通直流特性的演示与验证.....	30
1.6.4 二极管特性的演示与验证.....	31
1.6.5 三极管特性的演示与验证.....	33
第 2 章 电子线路 CAD 技术.....	34
2.1 Protel DXP 软件平台介绍.....	34
2.1.1 Protel DXP 概述.....	34
2.1.2 Protel DXP 主界面.....	34
2.2 Protel DXP 电路原理图的绘制.....	36
2.2.1 电路原理图的绘制流程.....	36
2.2.2 新建工程设计项目.....	37
2.2.3 新建原理图文件.....	38
2.2.4 原理图图纸的设置.....	40
2.2.5 放置元件.....	41
2.2.6 连接电路.....	44
2.2.7 网络与网络标签.....	45
2.2.8 生成 PCB 网络表.....	46
2.3 PCB文件的设计.....	46
2.3.1 PCB的相关概念.....	46
2.3.2 PCB设计的流程和原则.....	48
2.3.3 PCB编辑环境.....	49
2.3.4 PCB文件的创建.....	51
2.3.5 PCB设计环境的设置.....	55
2.3.6 原理图信息的导入.....	59

2.3.7	元件的布局及封装的修改	60
2.3.8	布线	62
2.3.9	PCB设计的检查	65
2.3.10	PCB图的打印及文件输出	65
2.4	Protel DXP库的建立与元件制作	67
2.4.1	创建原理图元件库	67
2.4.2	创建PCB元件库	70
2.4.3	自建元件库的安装和元件的调用	74
第 3 章	PCB制板技术	76
3.1	PCB制作流程	76
3.2	PCB制作过程分步工艺介绍	77
3.2.1	钻孔工艺介绍	77
3.2.2	钻孔设备的工作及操作过程	77
3.2.3	电镀前处理(沉铜)工艺介绍	86
3.3	各步工艺原理与要求	87
3.3.1	碱性清洁剂	87
3.3.2	预浸剂	88
3.3.3	胶体钯活化剂	90
3.3.4	加速剂	92
3.3.5	化学沉铜	93
3.3.6	沉铜机具体参数	95
3.3.7	沉铜操作过程	96
3.4	孔金属化(电镀)工艺介绍	96
3.4.1	孔金属化工艺要求及注意事项	96
3.4.2	孔金属化工艺原理及操作要求	97
3.4.3	孔金属化设备的使用及操作	98
3.5	丝印线路油墨工艺介绍	99
3.5.1	丝印工艺的注意事项	99
3.5.2	丝印工艺的要求	99
3.6	显影工艺介绍	101
3.6.1	显影工艺原理及常见问题	101
3.6.2	显影设备的使用及操作	103
3.7	蚀刻工艺介绍	105
3.7.1	蚀刻液	105
3.7.2	蚀刻工艺操作规范	105
3.7.3	蚀刻液的添加方式	105
3.7.4	槽液维护和管理	106
3.7.5	蚀刻液分析	106
3.7.6	蚀刻工艺中常见问题与对策	107
3.7.7	蚀刻设备的使用及操作	107

3.8 实训项目	109
3.8.1 数字钟制作实验(THT封装)	109
3.8.2 收音机制作实验(SMT封装)	113
3.8.3 双面电路板机械雕刻制板实验	117
3.8.4 工业级单面电路板机械雕刻制板实验	119
3.8.5 工业级双面电路板机械雕刻制板实验	121
3.8.6 简易单面电路板化学制板实验	122
3.8.7 简易双面电路板化学制板实验	124
3.8.8 工业级单面电路板化学制板实验	126
3.8.9 工业级双面电路板化学制板实验	128
第 4 章 电子设备装接技术	132
4.1 电子元件的识别与测试	132
4.1.1 电阻器、电容器、电感器识别与测试训练	132
4.1.2 半导体器件的识别与测试训练	140
4.2 电子焊接基本操作	145
4.3 常用电子仪器仪表的使用	151
4.3.1 直流稳压电源的使用	151
4.3.2 函数信号发生器的使用	152
4.3.3 交流毫伏表的使用	155
4.3.4 示波器的使用	157
4.4 功能电路装配训练	164
4.4.1 稳压电源	164
4.4.2 场扫描电路	167
4.4.3 三位半A/D转换器	171
4.4.4 OTL功放	174
4.4.5 PWM脉宽调制器	178
4.4.6 数字频率计	183
4.4.7 交流电压平均值转换器	186
4.4.8 可编程控制器	191
第 5 章 SMT及其应用	195
5.1 电子工艺现状及展望	195
5.1.1 电子工艺实训的教学现状	195
5.1.2 SMT简介	196
5.1.3 SMT的发展趋势	196
5.1.4 本章主要内容	196
5.2 电子工艺实训中SMT的重要性分析	197
5.2.1 SMT的应用领域及电子行业发展现状	197
5.2.2 SMT的调研分析结论	198
5.3 SMT实训基本要素	198
5.3.1 指导思想	198

5.3.2	SMT实验产品	199
5.3.3	SMT实训操作构成	200
5.4	SMT教学模块简介	202
5.4.1	SMT实训教学内容	202
5.4.2	SMT实训要求	204
5.4.3	SMT生产要素	204
5.4.4	SMT实训学时安排	205
5.4.5	SMT实训模式及考核办法	205
参考文献		206

第1章 电路仿真技术

1.1 Multisim 软件简介

Multisim 是 Interactive Image Technologies 公司推出的一个专门用于电子线路仿真和设计的软件，目前在电路分析、仿真与设计应用中比较流行。Multisim 软件以图形界面为主，采用菜单、工具栏和快捷键相结合的方式，具有一般 Windows 应用软件的界面风格，用户可以根据自己的习惯自如使用。

Multisim 软件是一个完整的设计工具系统，提供了非常丰富的元件数据库，并提供原理图输入接口、全部的数模 SNCE 仿真功能、VHDL/Verilgo 参与的电路设计功能，也可实现 FPGA/CPLD 综合实验项目的设计。它具有电路设计功能和后处理功能，还可进行从原理图到 PCB 布线的无缝隙数据传输。

Multisim 软件最突出的特点之一是用户界面友好，尤其是可放置到设计电路中的多种小虚拟仪表很有特色，这些虚拟仪表主要包括示波器、万用表、功率表、信号发生器、波特图图示仪、失真度分析仪、频谱分析仪、逻辑分析仪和网络分析仪等，使电路的仿真分析操作更符合电子工程技术人员的工作习惯。

1.2 Multisim 软件界面

Multisim 软件界面简介如下。

(1) 启动操作，启动 NI Multisim 10 以后，出现如图 1.2.1 所示的界面。

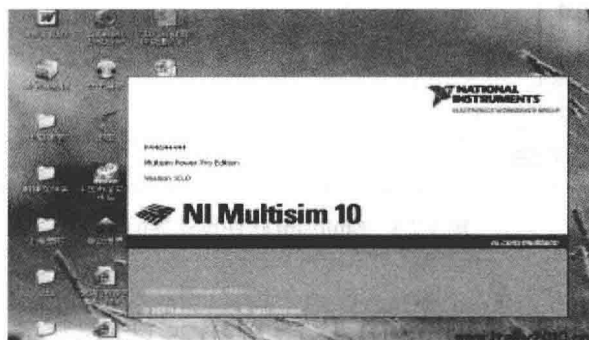


图 1.2.1 Multisim 软件启动界面

(2) NI Multisim 10 打开后的主界面如图 1.2.2 所示，该界面主要由菜单栏、工具栏、缩

放栏、设计栏、仿真栏、工程栏、元件栏、仪器栏、电路绘制窗口等部分组成。

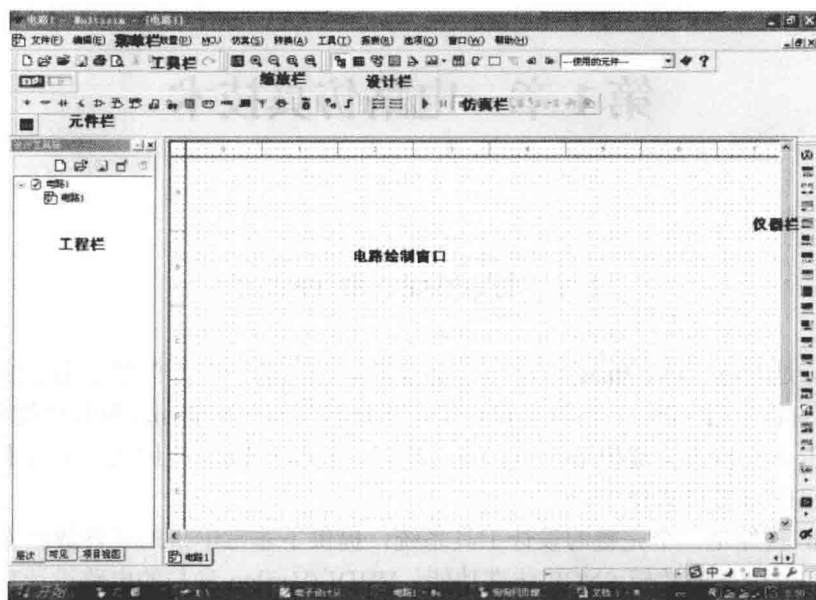


图 1.2.2 Multisim 软件主界面

(3) 选择“文件”→“新建”→“原理图”，弹出如图 1.2.3 所示的设计界面。

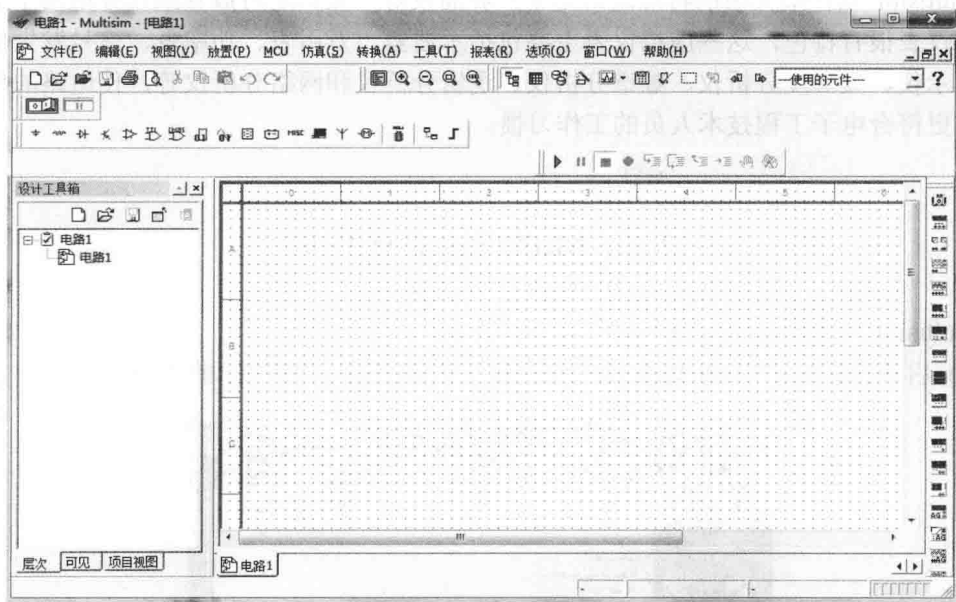


图 1.2.3 Multisim 软件设计界面

1.3 Multisim 软件常用元件库分类

Multisim 软件常用元件库分类如图 1.3.1 所示。

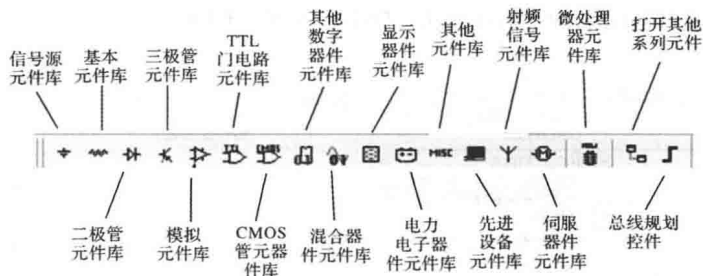


图 1.3.1 Multisim 软件元件库分类

(1) 单击“信号源元件库(Sources)”按钮,弹出的对话框中“系列(Family)”栏如图 1.3.2 所示。

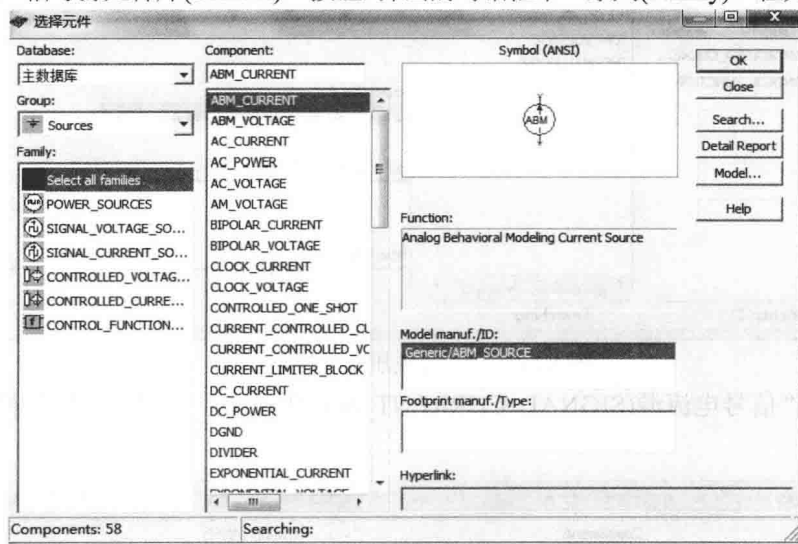


图 1.3.2 信号源元件库

① 选中“电源(Power_SOURCES)”,其“元件(Component)”栏下内容如图 1.3.3 所示。

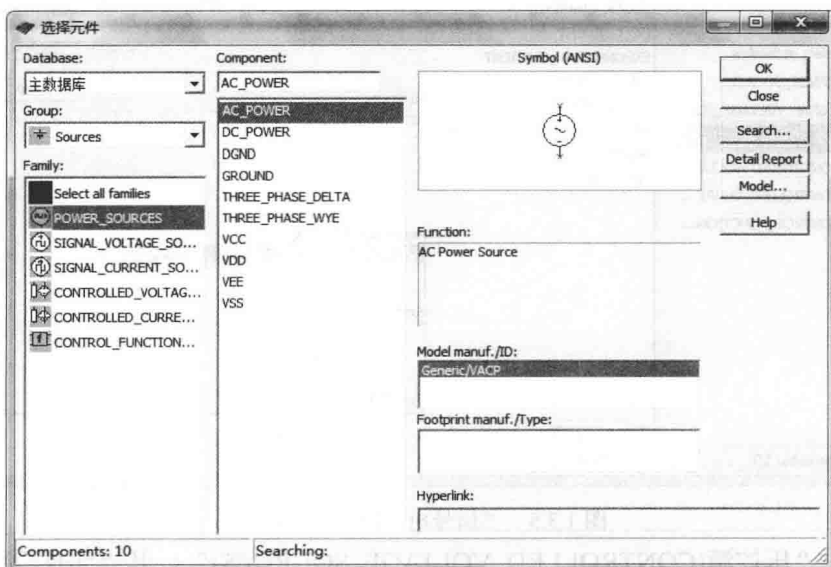


图 1.3.3 “电源”的元件栏

② 选中“信号电压源(SIGNAL_VOLTAGE_SOURCES)”，其“元件”栏下内容如图 1.3.4 所示。

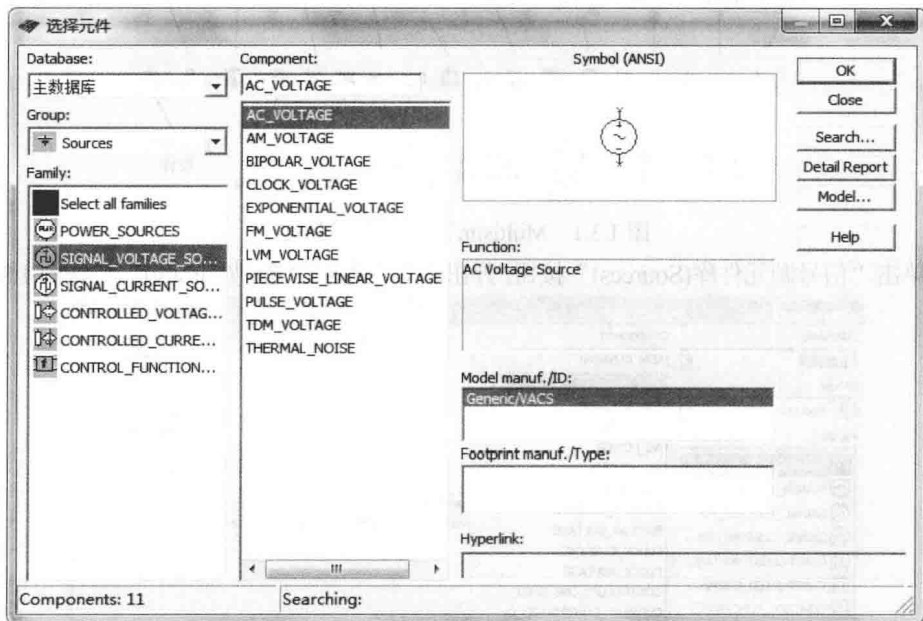


图 1.3.4 “信号电压源”的元件栏

③ 选中“信号电流源(SIGNAL_CURRENT_SOURCES)”，其“元件”栏下内容如图 1.3.5 所示。

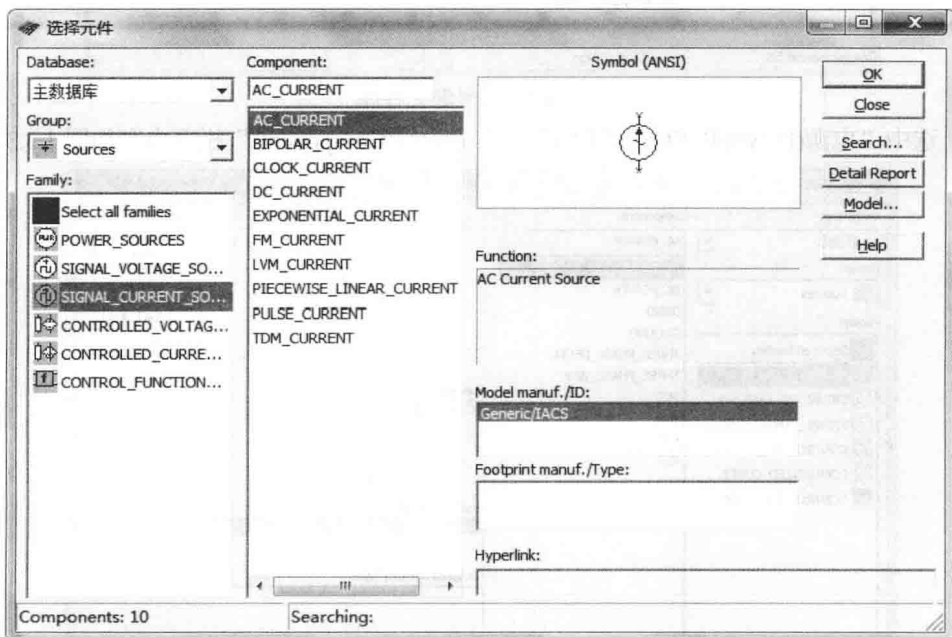


图 1.3.5 “信号电流源”的元件栏

④ 选中“压控源(CONTROLLED_VOLTAGE_SOURCES)”，其“元件”栏下内容如图 1.3.6 所示。

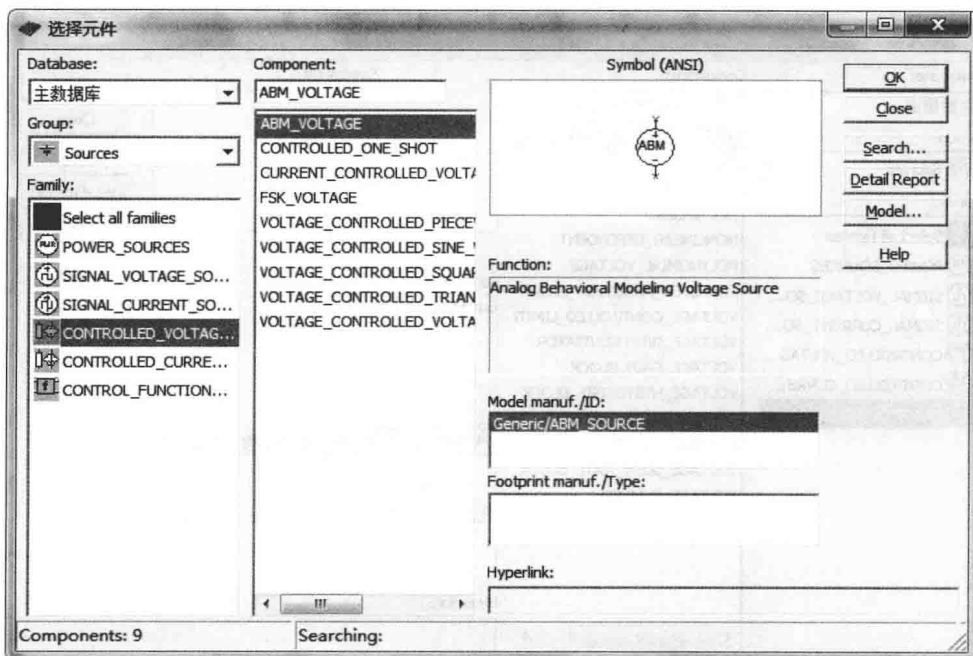


图 1.3.6 “电压控源”的元件栏

⑤ 选中“流控源(CONTROLLED_CURRENT_SOURCES)”，其“元件”栏下内容如图 1.3.7 所示。

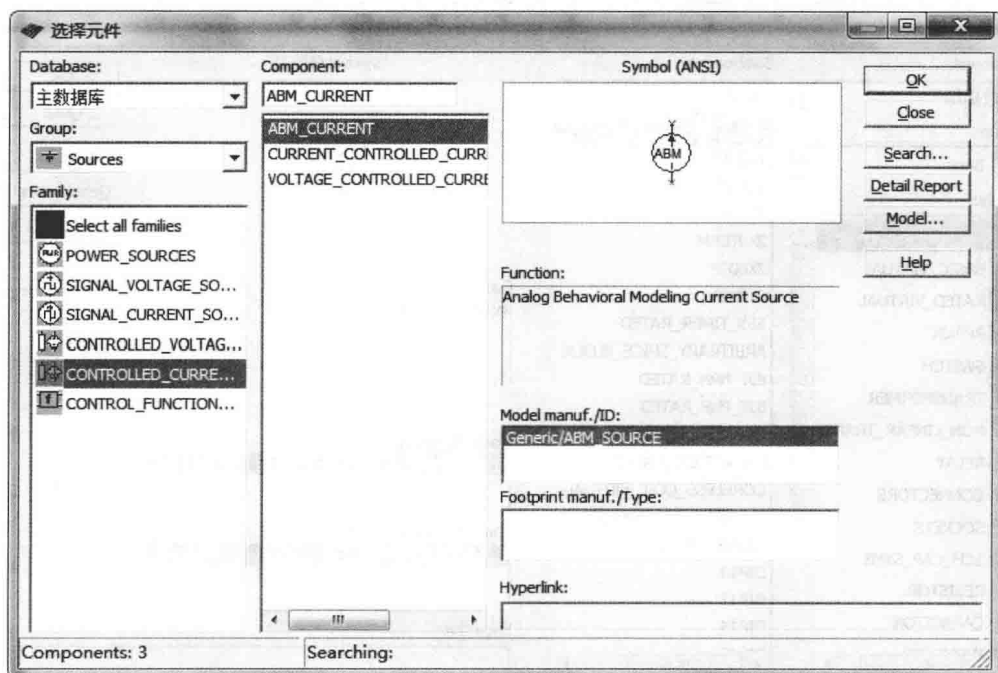


图 1.3.7 “电流控源”的元件栏

⑥ 选中“控制函数块(CONTROL_FUNCTION_BLOCKS)”，其“元件”栏下内容如图 1.3.8 所示。

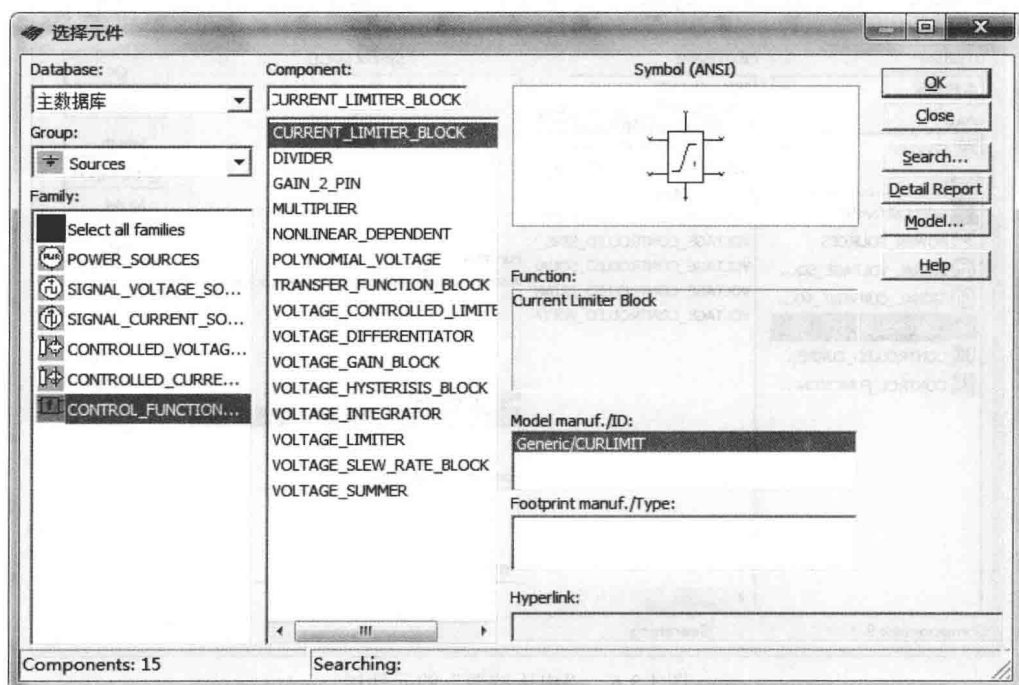


图 1.3.8 “控制函数块”的元素栏

(2) 单击“基本元件库(Basic)”按钮，弹出的对话框中“系列”栏如图 1.3.9 所示。

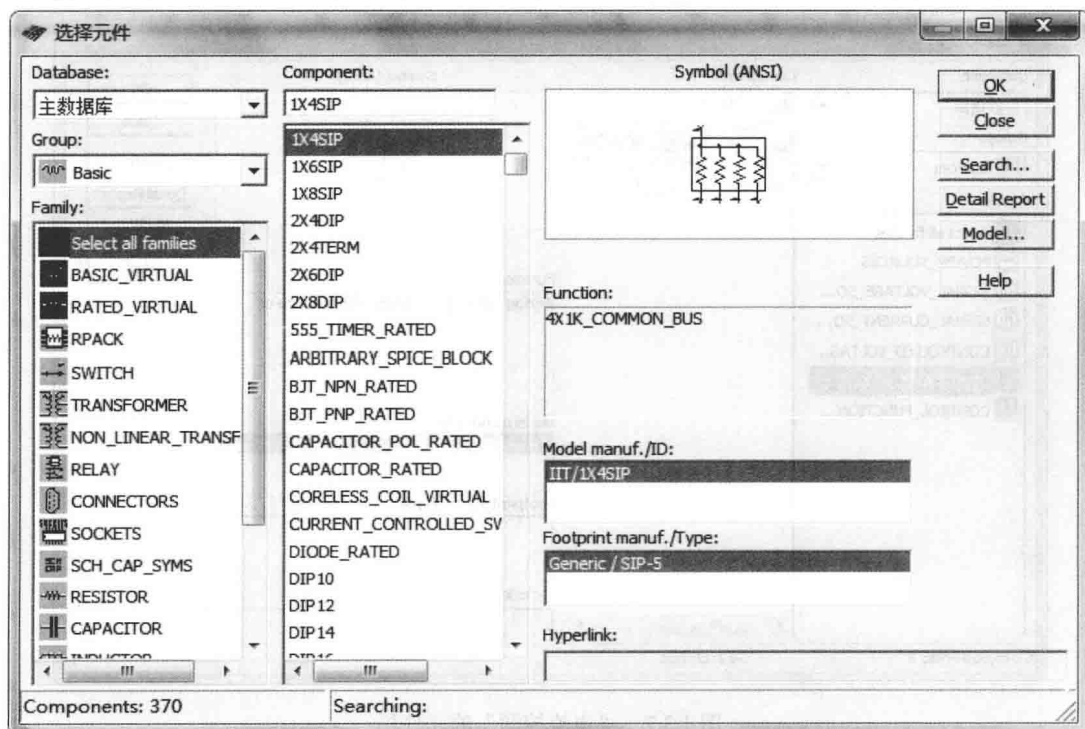


图 1.3.9 基本元件库

① 选中“基本虚拟元件库(BASIC_VIRTUAL)”，其“元件”栏如图 1.3.10 所示。

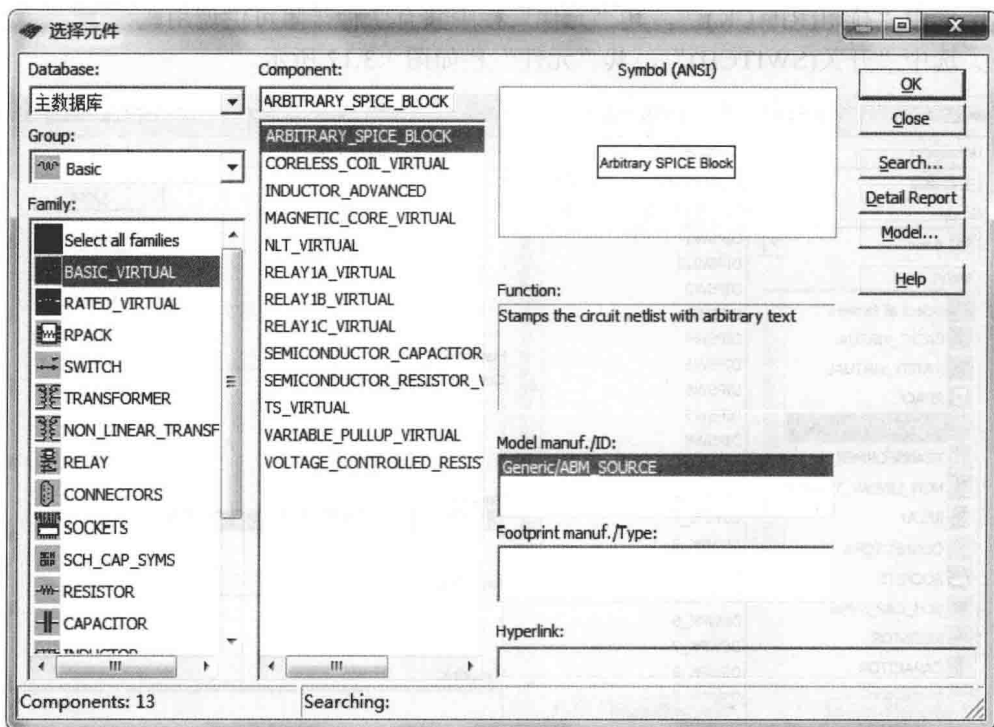


图 1.3.10 “基本虚拟元件库”的元件栏

② 选中“额定虚拟元件(RATED_VIRTUAL)”，其“元件”栏如图 1.3.11 所示。

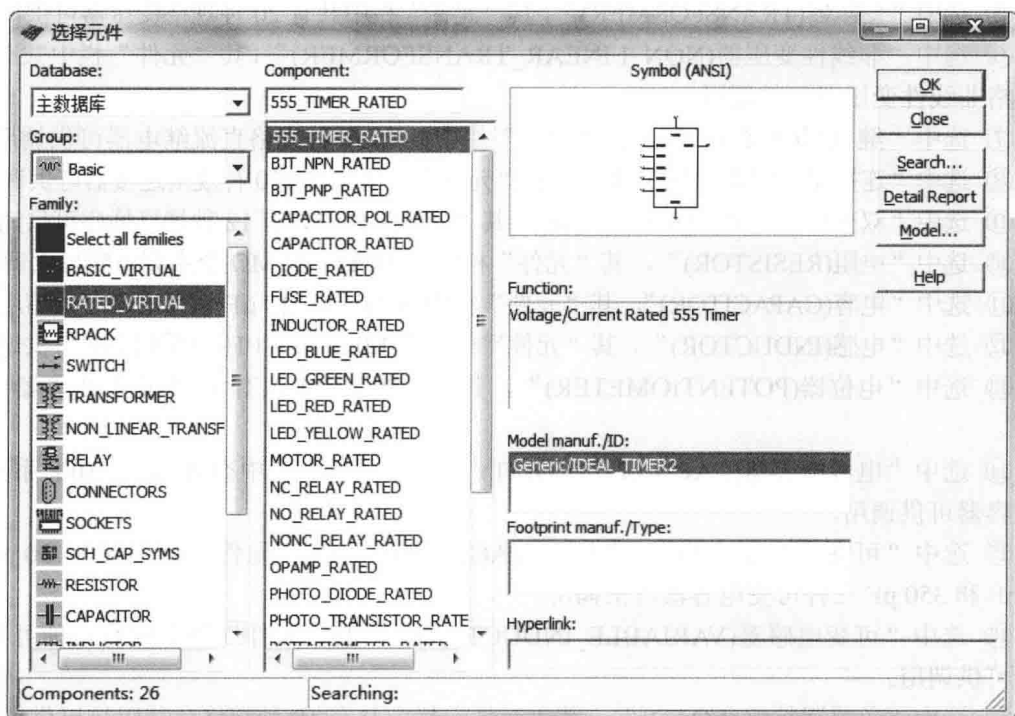


图 1.3.11 “额定虚拟元件”的元件栏

③ 选中“排阻(RPACK)”，其“元件”栏中共有 7 种排阻可供调用。

④ 选中“开关(SWITCH)”，其“元件”栏如图 1.3.12 所示。

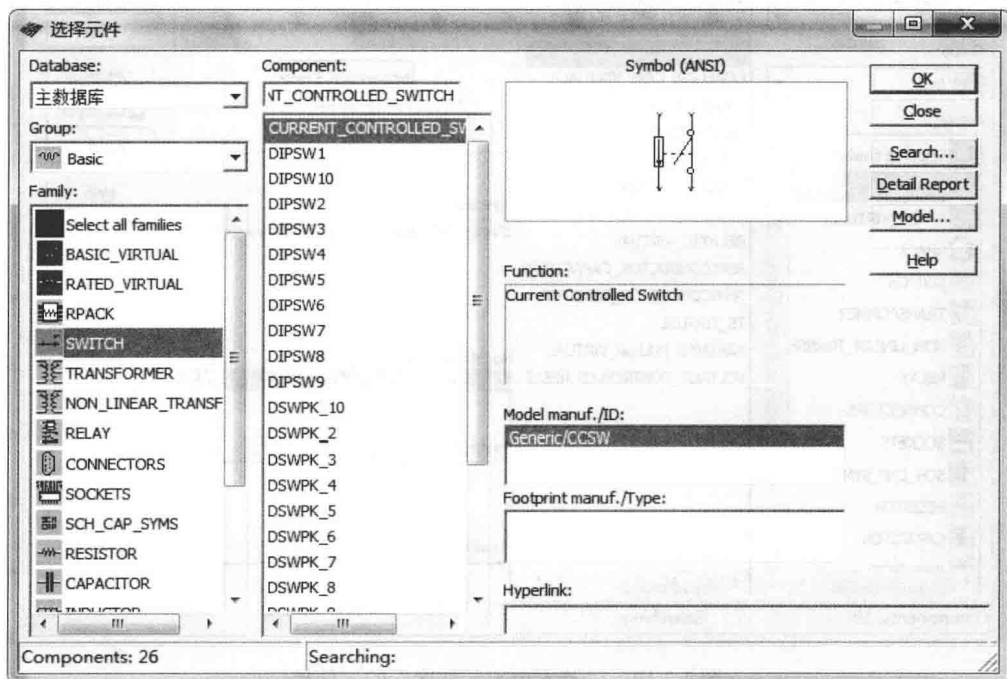


图 1.3.12 “开关”的元件栏

⑤ 选中“变压器(TRANSFORMER)”，其“元件”栏中共有 20 种规格变压器可供调用。

⑥ 选中“非线性变压器(NON_LINEAR_TRANSFORMER)”，其“元件”栏中共有 10 种规格非线性变压器可供调用。

⑦ 选中“继电器(RELAY)”，其“元件”栏中共有 96 种规格直流继电器可供调用。

⑧ 选中“连接器(CONNECTORS)”，其“元件”栏中共有 130 种规格连接器可供调用。

⑨ 选中“双列直插式插座(SOCKETS)”，其“元件”栏中共有 12 种规格插座可供调用。

⑩ 选中“电阻(RESISTOR)”，其“元件”栏中有 1.0 Ω ~22 M Ω 全系列电阻可供调用。

⑪ 选中“电容(CAPACITOR)”，其“元件”栏中有 1.0 pF~10 μ F 系列电容可供调用。

⑫ 选中“电感(INDUCTOR)”，其“元件”栏中有 1.0 μ H~9.1 H 全系列电感可供调用。

⑬ 选中“电位器(POTENTIOMETER)”，其“元件”栏中共有 18 种阻值电位器可供调用。

⑭ 选中“电解电容器(CAP_ELECTROLIT)”，其“元件”栏中有 0.1 μ F~10 F 系列电解电容器可供调用。

⑮ 选中“可变电容器(VARIABLE_CAPACITOR)”，其“元件”栏中仅有 30 pF、100 pF 和 350 pF 三种可变电容器可供调用。

⑯ 选中“可变电感器(VARIABLE_INDUCTOR)”，其“元件”栏中仅有三种可变电感器可供调用。

⑰ 选中“负载阻抗(Z_LOAD)”，其“元件”栏中共有 10 种规格负载阻抗可供调用。

(3) 单击“二极管元件库(Diodes)”按钮，弹出的对话框中“系列”栏如图 1.3.13 所示。