

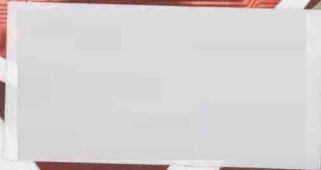
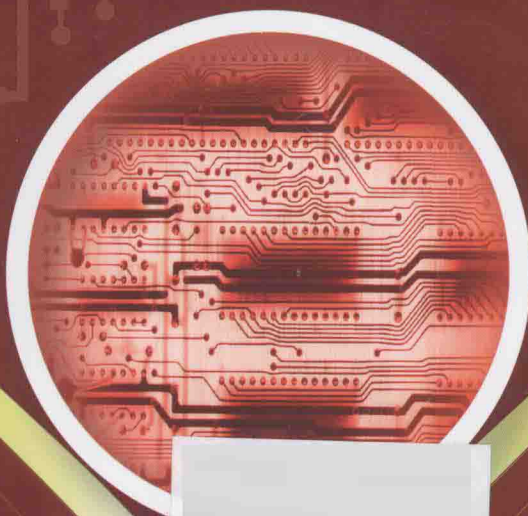


职业院校教学用书（电子类专业）

电路CAM技术基础

（Protel 2004）

谈焜东 马彦芬 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业院校教学用书（电子类专业）

电路 CAM 技术基础 (Protel 2004)

谈炽东 马彦芬 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书采用项目教学法的形式编写,通过门铃实用电路认识 Protel 软件,以遥控多用开关电路为例讲解复杂电路的绘制、原理图的深化处理、原理图文件转换成 PCB 图文件的过程,以及创建原理图元器件和 PCB 封装等内容。书中介绍了从电路原理图的输入到印制电路板图的设计调整,最后输出到制板机制造印制电路板的全过程,软件采用 Protel 2004 中英文版,将基本的操作融合在有趣而实用的项目中,帮助读者快速迈入 CAM 的大门。

本书可作为职业院校电子类、电气类、机电类、自动化类、计算机类及相关专业的教材,也可供从事电子产品设计与制造的读者自学。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电路 CAM 技术基础: Protel 2004/谈炽东,马彦芬主编. —北京:电子工业出版社,2014.12

ISBN 978-7-121-25183-2

I. ①电… II. ①谈… ②马… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 297887 号

策划编辑:杨宏利 投稿邮箱: yhl@phei.com.cn

责任编辑:杨宏利 特约编辑:李淑寒

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:北京天宇星印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14 字数:358.4 千字

版 次:2014 年 12 月第 1 版

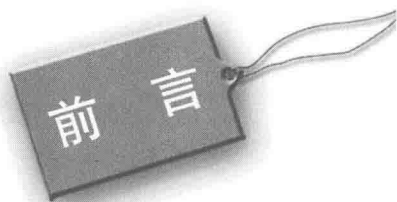
印 次:2014 年 12 月第 1 次印刷

定 价:29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。



前言

现代电子科技迅猛发展,电子技术正运用到各行各业,深入各个领域,电子产品越来越多地被使用并影响着人们的生活。为努力缩小我国电子工业发展水平与发达国家的差距,需要大量即将走进生产第一线的人员掌握一定的 CAD/CAM (计算机辅助设计/计算机辅助制造) 技术,并能在实践中灵活运用。目前市面上已有的许多有关书籍在这方面做出了很大贡献。时代的发展要求特别是计算机辅助制造 (CAM) 技术的普及要面向广大的职业教育领域的学生。2013 年前后教育部发布了电子信息类专业、电子技术应用等专业新的教学大纲,根据新大纲的要求,本书的编写,立足于我国的国情,立足于广大职业院校的现状,突出职业教育的特点,淡化理论、化繁就简,注重学生动手技能的培养,以项目带动学习,在保证内容的完整性与准确性的前提下,力求做到理论与实践的统一,同时也注意扩展学生的知识面。

目前的 PCB (印制电路板) 制作机,大部分支持 Protel 软件。一方面是因为 Protel 软件在这一领域较为成熟,另一方面是由于 Protel 软件较为普及。然而 Protel 软件的英文操作环境使得较多的职业院校学生望而却步,直接影响了 Protel 软件在职业院校的推广。缘于此有不少专家做出了不懈的努力,Protel 99 就有汉化版、中英文版,Protel 2004 也有中英文版,还有在 Protel 99 的基础上做出的 Protel 99 纯中文版 (Protel 2006)。这些都是很好的 PCB 方面的软件。

本书采用的是 Protel 2004 中英文版,将基本而必要的操作融合在几个有趣的项目之中,力图借此吸引学生的注意力,帮助他们迈入 CAM 的大门,同时也是为了推广 Protel 软件的应用做出的微薄努力。

本书由广西梧州市第二职业中等专业学校的谈炽东和河北工程技术高等专科学校马彦芬担任主编,谈炽东编写了第 1~7 章,马彦芬编写了第 8 章和附录部分。编写过程中还得到了许多有丰富经验的教师的热情参与及具体指导,得到了许多宝贵意见,在此一并感谢。

由于编写此书的教师都是教学一线的骨干教师,都是利用休息时间来写作,时间紧迫,所以书中难免存在考虑不周之处,在此恳请各位读者不吝赐教。

为了方便教师教学,本书还配有电子教学参考资料包 (包括教学指南、电子教案、习题答案),请有此需要的教师登录华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>),免费注册后再进行下载,有问题请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系 (E-mail:yhl@phei.com.cn)。

编 者

2014 年 10 月 29 日



序

职业教育所培养的学生是一批即将走入生产第一线的生力军。随着中国的城市化、工业化进程加快,越来越需要这批生力军。而随着产业升级、生产方式转变,对这批生力军的质量要求也在不断提高。

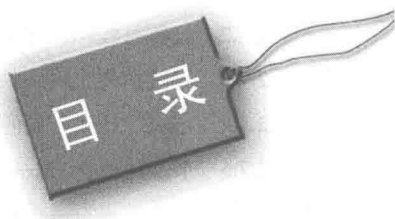
在电子技术日新月异的形势下,电子技术正深入各个领域,电子产品越来越多地加入并影响着人们的生活。职业教育电工电子类专业的教学正迫切需要改革,以适应电子技术发展以及电子信息产业发展对学生培养的要求。本书以精品教程和精品教材建设为背景,根据行业企业需求,紧跟当今行业和技术进步的要求,不断更新教材和教学内容,增强职业教育的适应性和针对性,实行产教结合,优化课堂教学和实训环节,强化就业技能和综合职业能力培养,体现“坚持以就业为导向,增强职业教育主动服务经济社会的能力”的原则。

本书在面向职业教育所培养的学生方面做了切合实际的有益探索。在电路 CAM 方面,市面常见的是介绍 Protel 99 版,本书介绍的是 Protel DXP 2004 版软件的操作;市面绝大部分是面向专业水平较高读者的教材,本书以面向职业学校学生及其他起点较低的读者为原则;本书为方便初步接触电路板制作者正确选用,有别于其他的是将部分常用元件实物照片加在元件封装附录中;作为入门教材全书精简易读,结构紧凑,选例简明实用,是一本适用于职业院校或起点较低的读者学习电路 CAM 技术的好教材。

玉振明

(专家简介)

玉振明,1963 年出生,广西藤县人,现为梧州学院电子信息工程系教授,信号与信息处理专业博士,广西大学和桂林电子科技大学兼职教授,梧州学院国家特色专业——电子信息工程专业负责人,广西重点学科——信号与信息处理学科主持人,梧州市杰出人才。



第一章 概论	(1)
1.1 传统电子设计的工作流程	(1)
1.2 现代电子设计的工作流程	(2)
1.3 电子电路 CAD/CAM 软件系统基本概况	(3)
1.4 Protel 2004 中英文版软件的安装与注册	(4)
1.4.1 对环境的要求	(4)
1.4.2 安装过程	(4)
1.4.3 注册过程	(6)
1.4.4 转成中文版	(12)
第二章 从一个门铃电路认识 Protel	(14)
2.1 三音门铃电路	(14)
2.1.1 电路简介	(14)
2.1.2 电路所用元件表	(15)
2.2 启动 Protel	(16)
2.3 创建原理图文件	(17)
2.4 放置元件	(18)
2.4.1 寻找元件	(18)
2.4.2 元件的放置	(19)
2.4.3 元件库的装入	(19)
2.4.4 元件库的卸载	(20)
2.5 调整元件	(21)
2.5.1 元件的移动	(21)
2.5.2 元件的转动	(21)
2.5.3 元件的复制	(21)
2.5.4 元件的删除	(21)
实训一：放置与调整元件	(21)
2.6 元件属性的编辑	(22)
2.7 原理图的连线	(23)

2.7.1 绘制连线	(23)
2.7.2 绘制总线和总线分支	(24)
2.7.3 导线的调整	(24)
2.7.4 电源、地线元件的放置	(24)
2.7.5 节点的放置	(24)
2.8 保存图文件	(25)
本章小结	(25)
实训二: 绘制单级共发射极放大电路原理图	(26)
第三章 复杂电路的绘制	(27)
3.1 作图项目的建立	(28)
3.2 一个可分为两层的电路	(29)
3.2.1 电路原理图简介	(29)
3.2.2 作图要点	(30)
3.3 层次原理图的绘制	(31)
3.3.1 自底向上方式	(32)
3.3.2 自上向下方式	(34)
3.3.3 不同层电路文件之间的切换	(34)
实训三: 绘制两级放大电路原理图	(35)
3.4 多通道电路的绘制	(36)
3.4.1 创建 PCB 设计项目	(36)
3.4.2 创建上层图	(37)
3.4.3 由子图方块电路符号创建下层电路图	(37)
3.5 不包含在印制板中的元件及引脚的处理	(38)
3.5.1 实际电子装置常遇到的问题	(38)
3.5.2 引出端子封装的处理方法	(38)
3.5.3 元件引脚序号的处理方法	(38)
3.6 设置网络标签	(39)
本章小结	(40)
实训四: 绘制层次原理图	(40)
第四章 原理图的深化处理	(41)
4.1 电气规则检查(即 ERC 检查)	(41)
4.1.1 电气规则检查设置	(41)
4.1.2 电气规则检查结果报告	(43)
4.1.3 对检查出来的错误进行处理	(44)
4.2 创建网络表	(46)
4.2.1 网络表的作用	(46)

4.2.2	生成网络表的步骤	(47)
4.2.3	网络表格式含义	(50)
4.3	生成元器件材料表	(50)
4.4	原理图输出	(54)
	本章小结	(57)
	实训五：对自绘原理图进行 ERC 检查，并生成网络表	(57)
第五章	原理图文件转换成 PCB 图文件	(58)
5.1	创建 PCB 文档	(59)
5.2	规划电路板	(65)
5.2.1	规划物理边界	(65)
5.2.2	规划电气边界	(66)
5.2.3	查看 PCB 信息	(66)
5.3	三音门铃电路 PCB 设计实例	(67)
5.3.1	打开原理图文件	(68)
5.3.2	通过装入网络表进行手动布线	(69)
5.3.3	对三极管引脚的处理	(74)
5.4	自动布线	(75)
5.4.1	自动布线规则设置	(75)
5.4.2	布线规则设置技巧	(82)
5.4.3	自动布线方式	(83)
	本章小结	(86)
	实训六：制作“三端稳压电源”PCB	(86)
第六章	整理 PCB 图	(88)
6.1	PCB 工作层的设置和系统参数的设置	(88)
6.1.1	PCB 工作层的设置	(88)
6.1.2	系统参数的设置	(93)
6.2	手工布局与手工调整	(95)
6.2.1	PCB 中的元器件	(95)
6.2.2	PCB 中的元器件封装	(96)
6.2.3	元器件及实体的选取与取消	(99)
6.2.4	点取实体与编辑	(101)
6.2.5	实体(元件)的移动与旋转	(105)
6.2.6	元件的复制、剪切与粘贴	(106)
6.2.7	元件的删除	(107)
6.2.8	元件的排列	(107)
6.3	手动布线	(109)

本章小结	(110)
实训七: 自创“三音门铃电路”PCB图	(111)
第七章 创建原理图元器件及PCB封装	(112)
7.1 装入以前版本的元件库	(112)
7.2 编辑修改原理图元器件	(116)
7.2.1 打开元件库编辑器	(116)
7.2.2 编辑修改原有元器件	(117)
7.3 创建新元器件	(119)
7.4 创建和修改PCB封装	(121)
7.4.1 为自制元件创建PCB封装	(121)
7.4.2 载入引脚封装和网络时常见错误的修改与排除	(125)
本章小结	(131)
实训八: 修改和创建元件及封装	(132)
第8章 光控、触摸多用开关PCB的制作	(133)
8.1 光控、触摸多用开关原理图元件与封装	(133)
8.1.1 准备合格的原理图	(133)
8.1.2 确定合适的元件封装	(134)
8.2 准备各种报表	(140)
8.2.1 进行电气规则检查(ERC)	(140)
8.2.2 产生网络表	(140)
8.2.3 产生元器件报表文件	(142)
8.3 新建PCB文件并规划印制电路板	(144)
8.3.1 创建PCB文档	(144)
8.3.2 规划印制电路板	(149)
8.4 载入元件封装与网络	(150)
8.5 元件布局	(153)
8.5.1 自动布局	(153)
8.5.2 手工调整元件布局	(154)
8.6 电路板布线	(156)
8.6.1 设置自动布线规则的启动	(157)
8.6.2 设置导线宽度规则	(158)
8.6.3 设置布线层面规则	(159)
8.6.4 启动自动布线	(160)
8.7 电路板布线的调整及3D图观察	(161)
8.7.1 布线的调整	(162)
8.7.2 电路板3D图的观察	(167)

8.7.3 PCB 板制作完成后的进一步检查.....	(167)
8.7.4 PCB 板制作完成后的输出	(168)
本章小结	(169)
实训九：电子 CAM 电路绘图试题.....	(169)
附录 A Protel 快捷键汇总表	(172)
附录 B 原理图工作环境设置.....	(175)
附录 C PCB 板工作环境设置.....	(182)
附录 D GB9316—88 规定的电路板外形尺寸.....	(191)
附录 E 计算机辅助设计绘图员技能鉴定样题和操作提示（电路类中级）	(193)
附录 F 计算机电子电路辅助设计工（中级）考核大纲.....	(199)
附录 G 计算机辅助设计（Protel DXP）技能鉴定评分表（中级）	(202)
附录 H 部分元件参考封装	(204)
参考文献	(210)

概 论

1.1 传统电子设计的工作流程

完成一个电子产品的设计必须经过原理设计、初步验证、小批量试制、大批量生产等几个过程。对于电子产品设计人员而言,必须保证理论设计、初步验证两个过程完全正确,才能将电路设计图绘制成电路板图,并进行进一步生产。

早期电子产品设计的验证工作很多都是按照设计完成的电路图在面包板(一种可方便装拆的通用电路板)上进行安装,然后再用电源、信号发生器、示波器等各种测试仪表加以验证。这种做法的最大缺点是制作测试电路板的过程费时、费力又损耗材料,如果结果有误还要花大量的精力来弄清楚是设计的错误还是电路制作的问题。这种方法已经不能适应现代设计的需要。

手工设计电路板图也是一个比较复杂的工作,它需要经过元件布局、绘制草图、修改草图,最后才能绘制出所需要的电路板图。随着元器件数量的增多,电路板的尺寸减小,电路板的层数越来越多,已经无法再用手工进行设计;另外随着元件数量的增多,各元件相互之间的干扰、耦合也就变得更加复杂,这就需要电路板设计人员具有丰富的经验和很高的理论水平。图 1-1 所示的电路板就基本没有人能单靠手工设计出来。



图 1-1 计算机电路主板 PCB 照片



1.2 现代电子设计的工作流程

随着计算机软件技术的发展及对电子元件的进一步研究,人们可以通过对各种元件进行数学建模,并借助计算机软件对其进行分析、计算,在计算机上可以仿真出近似于实际结果的数据及各种波形。这种由软件进行验证的设计方法克服了传统方法的缺点,而且由于这种方式可以事先排除大部分设计上的缺陷,使得设计人员可以将大量的精力用于设计而不是调试,因此大大提高了设计速度,使得新产品可以更快地推出,为企业带来更多的经济效益。经专家研究,产品的销售额与上市时间存在着三角形关系,如图 1-2 所示。从图中可以看出一个新产品的上市时间是直接影响产品销售额的因素之一。

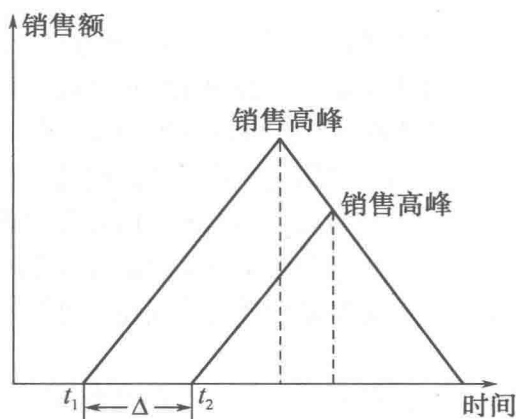


图 1-2 产品上市时间与销售额关系示意图

另外,从 20 世纪 70 年代初起,计算机软件设计人员开始解决电子设计方面的另一个问题,即电路板设计问题,开发出许多种电路板设计软件,从最早的仅仅将纸上的布线变成在计算机上的手工布线,到现在的由计算机自动布线,并且将元件之间的各种相互干扰(电磁干扰、热干扰)建成数学模型。电路板设计完成后不需要进行实物的电磁兼容测试或热兼容测试,借助于计算机模拟出来,根据模拟就可以进行调整,因此即使不是电路板设计专家也可以设计出合格的电路板图。

20 世纪 80 年代开始出现了一类新器件,即可编程器件 PLD (Programmable Logic Device),这种器件采用了大规模集成电路技术,并且器件的功能可由用户来设计、定义,这使得将一个系统通过编程放置在一个芯片中成为可能。随着现代大规模集成电路技术的发展,PLD 器件设计软件性能的提高,目前已经出现了在一片 PLD 芯片中嵌入微处理器的技术,使得 PLD 器件得到更多的应用。

20 世纪 90 年代末,可编程器件又出现了模拟可编程器件,用户可以通过这种模拟可编程器件设计出各种增益的放大器、滤波器等模拟电路。



在电子设计方面的资料中经常提到 EDA (Electronic Design Automation), 其中文含义是“电子设计自动化”, 即通过计算机的仿真和模拟软件进行原理设计及验证, 借助于 PCB (Printed Circuit Board) 软件进行印制电路板 (PCB) 的设计, 最后还包括借助于可编程逻辑器件 (PLD) 的设计软件进行可编程器件的设计。

1.3 电子电路 CAD/CAM 软件系统基本概况

CAD (Computer Aided Design) 的中文意思是计算机辅助设计, CAM (Computer Aided Manufacturing) 的中文意思是计算机辅助制造。20 世纪 70 年代美国加州柏克莱大学推出了 Spice 程序 (Simulation Program with Circuit Emphasis), 它将常用的元件用数学模型来表示, 可以通过软件对电路进行仿真和模拟。它的出现带动了电子电路仿真模拟技术的飞速发展。早期的 Spice 软件仅支持模拟电路的仿真和模拟, 随着数字技术的不断发展, Spice 推出包括数字元件模型的 Spice 2 版本, 现在大量的电子电路仿真和模拟软件都建立在 Spice 2 及更高版本的基础上, 如美国 OrCAD 公司的 Pspice 软件、澳大利亚 Protel Technology 公司的 Protel 软件、加拿大 Interactive Image Tech 公司的 Multisim 软件 (Electronic WorkBench 软件的最新版本)。

常用的仿真和模拟软件有 Multisim 软件、Pspice 软件、Protel 99/2004/2006 等版本, 这些软件中 Pspice 软件的用户较多, 它是最早在 PC (个人计算机) 上使用的 Spice 软件, 是基于 Spice 3.5 的元件模型, 是较成熟的仿真模拟软件。

Multisim 软件是 EWB 软件的最新版本, 它是至今为止使用最方便、最直观的仿真软件, 其基本元件的数学模型也基于 Spice 3.5 版本, 但增加了大量的 VHDL (硬件描述语言) 元件模型, 可以仿真更复杂的数字元件, 另外解决了 Spice 模型对高频仿真不精确的问题, Multisim 已是大学里使用最多的仿真软件之一, 很多大学里的 EDA 实验室都装有这个软件。最近加拿大 IIT 公司又推出了 Multisim 10 版本, 可以直接在互联网上对用户的元件库进行升级。

Protel 原来是侧重于 PCB 设计的软件, 为了使软件包含 EDA (电子设计自动化) 方面的全部内容, 在 Protel 99 版本之后加入了电路仿真软件模块、可编程器件设计模块, 将 EDA 的全部内容整合为一体, 发展潜力较大。现在, 由 Nick Martin 于 1985 年始创于澳大利亚的 Protel 国际有限公司, 从 2006 年开始称为 Altium 公司, 因此 Protel 软件也称 Altium 软件。

通常 PCB 软件都包括原理图的绘制软件, 国内使用较多的有 Protel、Orcad 等软件, Multisim 软件本身包括了原理图的绘制软件, Ultiboard 是与之配套的 PCB 软件。

可编程器件的设计软件一般是由可编程器件的生产厂商开发的, 每个可编程器件开发商开发的软件专门用于自己公司器件的开发。如 Lattice 公司的 ispDesignEXPERT 软件, Altera 公司的 Max+Plus II 软件等, 这些软件通常都支持如 ABEL、VHDL 等硬件描述语言、原理设计等设计方法。

1.4 Protel 2004 中英文版软件的安装与注册

1.4.1 对环境的要求

- (1) 操作系统: Windows XP/2000 或以上版本。
- (2) CPU 主频: 500MHz 或以上。
- (3) 内存: 256MB。
- (4) 硬盘空间: 620MB。
- (5) 最低显示分辨率: 1024 × 768, 显存 8MB。

1.4.2 安装过程

(1) 将 Protel DXP 2004 压缩包解压, 打开解压后的文件夹, 用鼠标左键双击  打开文件夹, 然后双击安装图标, 弹出如图 1-3 所示的欢迎安装界面。单击 **Next** (下一步) 则弹出图 1-4 所示确认安装对话框(若单击 **Cancel** 则退出安装)。在图 1-4 中单击 **I accept the license agreement** 选项, 接着单击 **Next** 弹出图 1-5 所示信息确认对话框。



图 1-3 欢迎安装界面

(2) 单击 **Next** 弹出图 1-6 所示安装路径对话框(若用户想更改安装路径则单击 **Browse** 自定义安装), 再单击 **Next** 安装软件到默认路径并弹出图 1-7 所示安装启动对话框, 单击 **Next** 开始安装软件。经过 10 多分钟的等待终于安装完成, 弹出图 1-8 所示的完成确认对话框, 单击 **Finish** 完成安装。

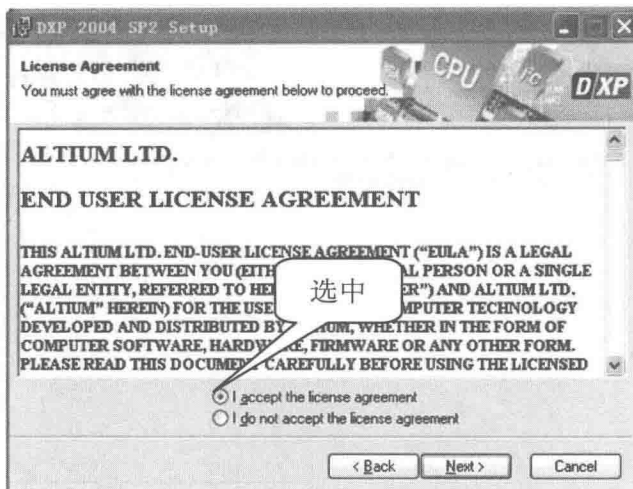


图 1-4 确认安装对话框

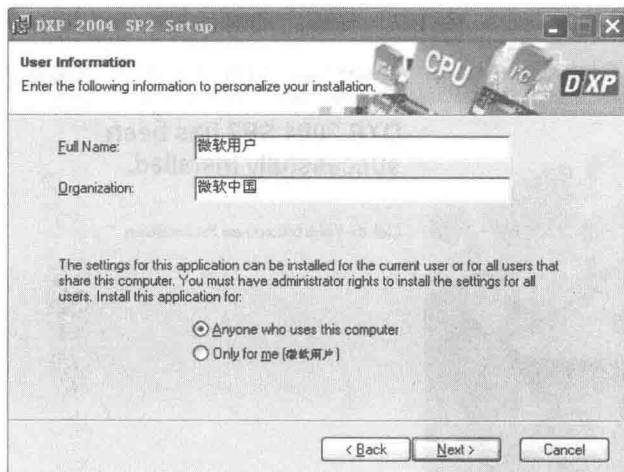


图 1-5 信息确认对话框

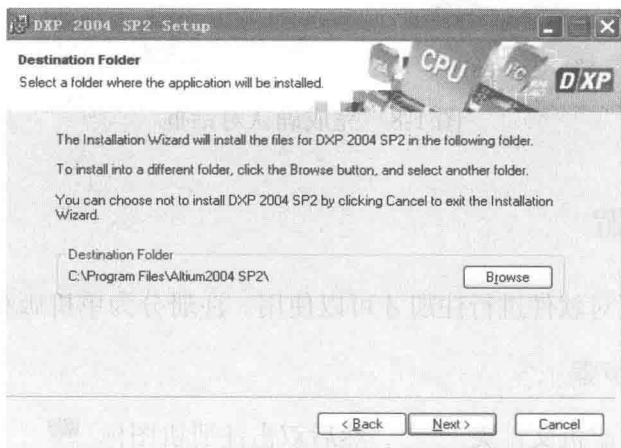


图 1-6 安装路径对话框

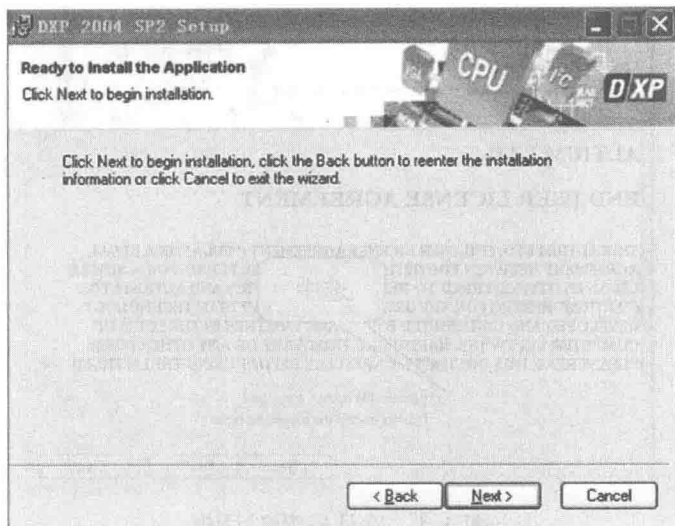


图 1-7 安装启动对话框



图 1-8 完成确认对话框

1.4.3 注册过程

安装完成后必须对软件进行注册才可以使用。注册分为单机版和网络版两种。

1. 单机版注册步骤

(1) 双击打开注册机文件夹 ，然后双击注册机图标 ，弹出图 1-9 所示注册对话框。

(2) 在注册对话框中单击【打开模板】弹出图 1-10 所示注册类型选择对话框。有两项，英文少的是单机版，多的是多机联网版（网络版）。

(3) 如图 1-10 所示选中【Unified Nexar-Protel License】，然后单击【打开】按钮弹出图 1-11 所示的注册文件。

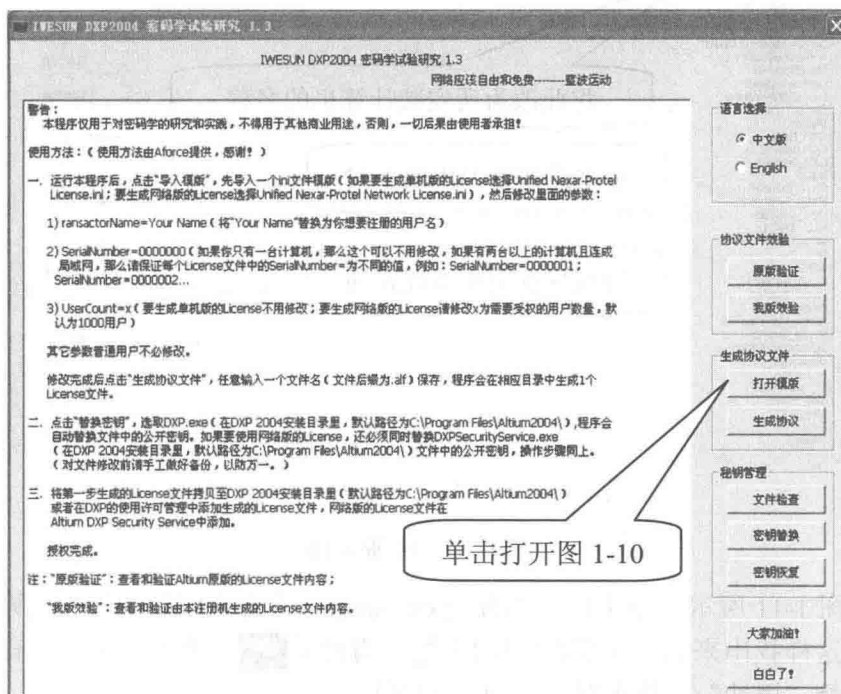


图 1-9 注册对话框

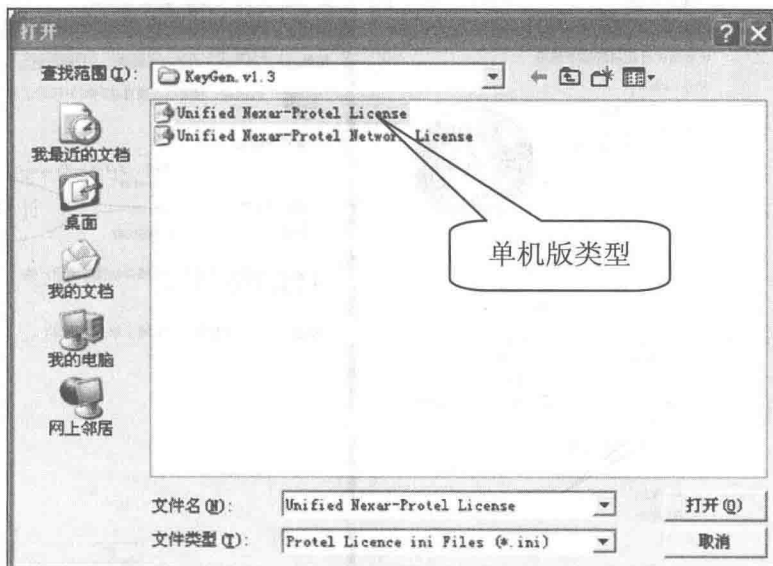


图 1-10 注册类型选择对话框