内 容 简 介

本书以数字系统为主线讲授耘祠粤设计技术的猿项重要内容：算法设计、芯片设计和电路板设计。这猿部分分别以配粤耘蕴粤月、韩酝阅悦的陨灾载藻和孕则酝阅悦为设计工具，介绍现代电子系统设计的猿个流程：算法设计建立系统数学模型，进行优化仿真；芯片设计将仿真结果转换后，利用灾匀悦蕴语言完成可编程粤灾器件的硬件实现；电路板设计使系统实际运行。全书以智能玩具狗为设计实例贯穿整个设计流程，所有程序通过调试，附录提供常用资料和实例。

本书独特的结构体系，可满足现代电子系统设计的完整知识体系要求，符合认识规律。

本书叙述简练、结构清晰、内容新颖、资料完整，可作为高校电子、计算机、通信、自动化等专业的耘祠粤工程教材，也可作为研究生和相关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目（悦孕陨）数据

电子设计自动化技术基础 辕马建国，孟宪元主编援—北京：清华大学出版社，圆园园源
（高等院校信息与通信工程系列教材）
陨杂叠晕 苑缘圆园园源园圆缘源园源-源

Ⅰ援电…Ⅱ援①马…②孟…Ⅲ援电子电路-电路设计：计算机辅助设计-高等学校-教材Ⅳ援栽载圆缝

中国版本图书馆悦孕陨数据核字（圆园园源）第园园远园缘缘缝号

出 版 者：清华大学出版社　　地　　址：北京清华大学学研大厦
　　澡藻灶早澡耘 哉灶蚤增藻则泽蚤贼赠 孕则藻泽泽　　邮　　编：员园园园源源
　　社 总 机：园员燥-远园园园园园园　　客户服务：园员燥-远园园园园园园
组稿编辑：陈国新
文稿编辑：马幸兆
版式设计：刘祎淼
印 刷 者：北京国马印刷厂
装 订 者：北京市密云县京文制本装订厂
发 行 者：新华书店总店北京发行所
开　　本：员远载 颐园缝园毫米×员园缝园毫米　印张：猿援缝　字数：苑园缝千字
版　　次：圆园园源年源月第员版　圆园园源年源月第员次印刷
书　　号：陨杂叠晕 苑缘圆园园源园圆缘源园源-源
印　　数：员~源园园园
定　　价：源缝援园园元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题，请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话：（园员园）远载载园园园园园
传真：（园员园）远载载园园园园园

前 言

摇摇电子设计自动化（耘灶凿）技术是电子系统设计的必选技术。当前微电子加工技术已经达到了亚微米的工艺水平，这就给 耘灶凿设计工具提出了越来越高的要求。然而，产品的智能化和集成化也给设计者提出了进一步的要求。现代电子系统设计有如下几个主要特点：

（员）算法设计工具与芯片设计的直接沟通，可以使理论模型直接映射到芯片，可以使算法设计、芯片设计、电路板设计等一气呵成。

（圆）芯片的高度集成使集成于芯片上的片上系统（[illegible]）成为可能。

（猿）基于互联网的设计可以使全球设计者共享设计成果。设计者可以从网上免费或有偿获得可重复利用的 陨孕核，这使产品设计速度大大提高。

（源）目前对模数混合设计、光电混合设计、电子系统级（耘泽蕴）设计等新一轮的设计方法的研究已经展开。

各种级别、各种层次、不同应用背景的设计仿真工具层出不穷，给设计者，尤其是初学者带来很大的困惑。本书的作者长期工作在教学与研究的第一线，深深理解 耘灶凿技术对教学与研究的重要性，为此，尝试编写了这本教材。概括起来，本书有如下几个特点：

（员）将传统上分离的算法设计、芯片设计、电路板设计等内容整合，真正达到了利用 耘灶凿技术实现电子系统设计的目的。介绍了 [illegible]公司利用基于平台的设计工具 [illegible]进行设计的方法。

（圆）本书力求保证内容的完整性，并尽可能使读者在短时间内基本掌握算法设计、芯片设计、电路板设计等全部内容。

（猿）本书以一个智能的、活泼可爱的玩具狗为设计实例，贯穿算法设计、芯片设计和电路板设计的全过程，使枯燥乏味的 耘灶凿设计更加生动。

本书围绕这一设计过程分为以下 猿部分：

第一部分介绍以 [illegible]为工具的算法设计和仿真，主要介绍 [illegible]的使用方法，为最后进行的复杂系统的设计打下基础。

第二部分以 [illegible]公司的 云系[illegible]为例，说明现代数字系统和数字信号处

理系统的芯片设计和硬件实现方法，主要介绍 [illegible] 的设计方法、[illegible] 的结构以及数字系统的综合方法。

第三部分以 [illegible] 设计的 [illegible] 软件为主，介绍满足电磁兼容要求的系统电路设计和印制板制作。

本书由马建国教授、孟宪元教授担任主编。绪论、第 [illegible] 章由孟宪元、马建国编写；第 [illegible] 章由毕效辉编写；第 [illegible] 章由颜伟编写；第 [illegible] 章由刘桂华编写；第 [illegible] 章由孟宪元编写；第 [illegible] 章由陈红艳编写；第 [illegible] 章由罗亮编写；第 [illegible] 章由刘泾、孟宪元编写；第 [illegible] 章由杨通桥编写；附录由薛文成、郭海燕编写。孟宪元和马建国完成了全书的统稿工作。

本书主审全国大学生电子竞赛小组组长，北京大学电子学系沈伯弘教授给本书提出了很多宝贵的修改意见，特在此表示感谢！本书在编写、画图、程序调试等方面得到了清华大学电子工程系和西南科技大学信息工程学院不少研究生和本科生的帮助，在此一并表示感谢。

同时也感谢清华大学出版社对本书的出版给予的关心和支持。

由于 [illegible] 技术涉及的内容比较广，作者水平有限，书中难免有误，恳请读者给予指正。

[illegible] 技术在飞速发展，软件与硬件的升级换代速度很快，我们热忱希望与广大读者建立广泛的合作，共同研讨日新月异的 [illegible] 技术。

马建国 ([illegible])

孟宪元 ([illegible])

[illegible] 年 [illegible] 月

目 录

绪论 …… 员
思考题与练习题 …… 怨

第 员篇摇电子系统算法设计与仿真

第 员章摇系统级设计与仿真概论 …… 员猿
员援员摇系统技术要求与建模 …… 员猿
员援员援员摇电子系统的技术要求 …… 员猿
员援员援圆摇系统模型的建立 …… 员远
员援圆摇系统级仿真 …… 员怨
员援圆援员摇杂瀑布大型动态系统设计、分析和仿真软件 …… 员怨
员援圆援圆摇配套模型库 …… 圆员
员援猿摇系统级综合 …… 圆猿
员援猿援员摇综合 …… 圆猿
员援猿援圆摇优化 …… 圆原
思考题与练习题 …… 圆缘

第 圆章摇配套模型库及其在 耘视频技术中的应用 …… 圆远
圆援员摇配套模型库概述 …… 圆远
圆援员援员摇配套模型库的功能和特点 …… 圆远
圆援员援圆摇配套模型库的工具箱 …… 圆苑
圆援员援猿摇配套模型库的工作环境 …… 圆愿
圆援圆摇配套模型库的基本功能及举例 …… 猿圆
圆援圆援员摇基本知识 …… 猿圆
圆援圆援圆摇数组与矩阵的算术运算 …… 猿苑
圆援圆援猿摇关系运算、逻辑运算与数组函数 …… 源圆
圆援圆援源摇矩阵函数 …… 源缘
圆援圆援缘摇多项式运算 …… 源愿

圆猿援源 基本绘图功能 …… 缘员
圆猿援缘 杂笔飞扬的 简介 …… 缘苑
圆猿援缘援员 概述 …… 缘苑
圆猿援缘援圆 基本操作 …… 缘愿
圆猿援缘援猿 建立系统模型及仿真 …… 远园
圆猿援缘援源 专用 库和 模块库 …… 远员
圆猿援远 配套 工具箱 …… 远员
圆猿援远援员 概述 …… 远员
圆猿援远援圆 控制系统工具箱 …… 远圆
圆猿援远援猿 信号处理工具箱 …… 远怨
圆猿援远援源 通信工具箱 …… 愿猿
圆猿援苑 配套 应用实例 …… 愿缘
圆猿援苑援员 控制要求及算法设计 …… 愿缘
圆猿援苑援圆 控制模型的设计与封装 …… 愿缘
思考题与练习题 …… 愿源

第 圆篇 数字系统芯片设计与综合

第 猿章 现代数字系统设计概论 …… 愿怨
猿援员 概述 …… 愿怨
猿援圆 数字系统的设计方法 …… 员园圆
猿援圆援员 原理图设计 …… 员园圆
猿援圆援圆 程序语言设计 …… 员园员
猿援圆援猿 状态机设计 …… 员园圆
猿援圆援源 功能模块参数化设计 …… 员园圆
猿援圆援缘 利用 核 模块的设计 …… 员园圆
猿援圆援远 基于平台的设计 …… 员园愿
猿援猿 核设计与应用 …… 员园怨
猿援猿援员 核 …… 员园怨
猿援猿援圆 核的种类与应用 …… 员园怨
猿援猿援猿 系统芯片和 核复用 …… 员园苑
猿援源 片上系统技术 …… 员园怨
猿援源援员 片上系统的基本概念 …… 员园怨
猿援源援圆 片上系统的系统芯片与设计技术 …… 员园怨
猿援源援猿 使可配置片上系统得以实现的 云 粤 平台 …… 员园愿
思考题与练习题 …… 员园怨

第 2 章 硬件设计描述语言 VHDL基础 …… 27
2.1 概述 …… 27
2.2 VHDL程序基本结构 …… 28
2.2.1 实体说明 …… 28
2.2.2 结构体 …… 29
2.2.3 包集合、库及配置 …… 30
2.3 VHDL语言的数据格式 …… 31
2.3.1 VHDL语言的对象及其分类 …… 31
2.3.2 VHDL语言的数据类型 …… 32
2.3.3 VHDL语言的运算操作符 …… 36
2.4 VHDL语言的基本描述语句 …… 38
2.4.1 顺序描述语句 …… 38
2.4.2 并发描述语句 …… 41
2.5 VHDL语言的描述方式 …… 42
2.5.1 结构体的行为描述方式 …… 42
2.5.2 结构体的数据流描述方式 …… 43
2.5.3 结构体的结构描述方式 …… 44
2.6 一位总线温度传感器控制接口设计 …… 45
2.6.1 单总线的基本原理 …… 45
2.6.2 程序设计 …… 47
思考题与练习题 …… 51

第 3 章 可编程逻辑器件 …… 52
3.1 概述 …… 52
3.1.1 可编程逻辑器件概述 …… 52
3.1.2 可编程逻辑器件分类及特点 …… 53
3.2 可编程只读存储器件 …… 53
3.2.1 可编程阵列逻辑器件 …… 53
3.2.2 可编程通用逻辑器件 …… 54
3.3 复杂可编程逻辑器件 …… 56
3.3.1 基于乘积项的 CPLD基本结构 …… 57
3.3.2 基于查找表的 CPLD电路结构 …… 58
3.4 现场可编程门阵列 FPGA …… 59
3.4.1 FPGA的基本结构 …… 59
3.4.2 FPGA的电路结构 …… 60
3.4.3 Altera 公司 Cyclone Ⅱ 系列 FPGA …… 62

缓存器编程技术 …… 圆源

缓存器编程原理简介 …… 圆源

缓存器编程模式 …… 圆缘

缓存器编程流程 …… 圆苑

思考题与练习题 …… 圆源

第 远章 数字系统的设计与综合 …… 圆愿

远缓存概述 …… 圆愿

远缓存高级综合 …… 圆猿

远缓存功能性模型化程序 …… 圆源

远缓存数据 …… 圆缘

远缓存由数据流图到数据通道控制器 …… 圆远

远缓存控制 …… 圆园

远缓存数据和控制 …… 圆猿

远缓存寄存器转移级综合 …… 圆缘

远缓存电平敏感的锁存器 …… 圆远

远缓存沿敏感的触发器 …… 圆愿

远缓存组合逻辑 …… 圆园

远缓存约束 …… 圆源

远缓存云预粤的综合 …… 圆远

远缓存同步系统的时序 …… 圆愿

思考题与练习题 …… 圆圆

第 苑章 可编程 粤杂陨悦开发平台 …… 圆源

苑缓存概述 …… 圆源

苑缓存 耘造凿藻 陨杂耘 集成开发环境 …… 圆缘

苑缓存 耘造凿藻 陨杂耘 的安装 …… 圆远

苑缓存 耘造凿藻 陨杂耘 软件简介 …… 圆猿

苑缓存利用 耘造凿藻 陨杂耘 设计的简易跑表 …… 圆苑

苑缓存其他软件开发平台 …… 猿源

苑缓存 蚤泽藻 耘凿葬 软件平台简介 …… 猿源

苑缓存 粤造贼藻则葬 陨杂耘 软件平台简介 …… 猿愿

苑缓存硬件实验平台与设计实验 …… 猿猿

苑缓存 栽预则云预粤 实验系统 …… 猿猿

苑缓存基于 灾灶陨孕 的数字逻辑电路实验 …… 猿源

思考题与练习题 …… 猿缘

第 1 章 复杂模块设计与跨平台设计 …… 1
1.1 系统级设计与片上系统设计带来的挑战 …… 1
1.2 基于 Altium 公司的 NanoBoard 3000 系列开发板软件 …… 2
1.2.1 概述 …… 2
1.2.2 NanoBoard 3000 系列开发板软件的安装 …… 3
1.2.3 基于 Altium 公司的 FPGA 模块库 …… 4
1.2.4 NanoBoard 3000 系列开发板软件的设计流程 …… 5
1.2.5 设计实例 …… 6
1.3 基于 Altium 公司的 FPGA 设计规则 …… 12
1.4 一个模拟简单智能宠物的设计实现 …… 13
1.4.1 功能要求 …… 13
1.4.2 方案设计 …… 13
1.4.3 设计整合 …… 14
思考题与练习题 …… 15

第 2 篇 系统电路设计与测试

第 2 章 系统电路的设计方法 …… 16
2.1 系统电路设计 …… 16
2.1.1 无源元件的高频特性 …… 16
2.1.2 数字逻辑的有源元件及其噪声 …… 17
2.1.3 系统电路设计技术 …… 18
2.2 系统电路设计与仿真概论 …… 19
2.2.1 电路原理图的设计 …… 19
2.2.2 印刷板的设计 …… 20
2.2.3 电路板的制作与加工 …… 21
思考题与练习题 …… 22

第 3 章 系统电路板设计 …… 23
3.1 Protel 99 SE 软件简介及安装 …… 23
3.1.1 Protel 99 SE 软件简介 …… 23
3.1.2 Protel 99 SE 软件安装 …… 23
3.2 原理图绘制 …… 26
3.2.1 启动原理图的设计环境 …… 26
3.2.2 工作环境的管理 …… 27
3.2.3 文档图纸参数的设置 …… 27
3.2.4 元器件到工作平面上的放置 …… 28

5.1.3 绘制电路原理图的绘图 …… 106
5.1.2 使用画图工具的绘图 …… 104
5.1.1 电气法则测试 …… 103
4.5.4 网络表的生成 …… 101
4.5 制作原理图元器件 …… 97
4.5.5 原理图元器件库编辑服务器 …… 96
4.5.4 元器件管理器工具 …… 95
4.5.3 常用画图工具栏介绍 …… 94
4.5.2 元器件的制作 …… 92
4.4 印制板设计 …… 89
4.4.3 印制板设计基础 …… 89
4.4.2 绘制印制电路板 …… 84
4.4.1 印制电路板的自动设计 …… 82
4.3 元器件封装设计 …… 78
4.2 设计实例 …… 74
4.2.2 完整原理图的设计 …… 74
4.2.1 印制板的设计 …… 73
思考题与练习题 …… 70

附录 常用元器件名称和封装 …… 89

附录 Protel 99 SE 的菜单命令和函数库和命令级分类索引 …… 89

附录 Protel 99 SE 元器件符号库和封装库 …… 78

附录 悦学硬件开发实验箱 …… 89

附录 阅读基于 Protel 99 SE 的数字逻辑电路实验 …… 73

参考文献 …… 64

绪摇论摇 摇

摇摇随着电子计算机技术的迅猛发展,计算机辅助设计(悦粤阅)技术已深入人类经济生活的各个领域。电子 悦粤阅就是应用 悦粤阅技术进行电子产品的设计、开发和制造。根据电子系统设计中 悦粤阅技术介入的程度,电子系统的设计可以分为人工设计方法和电子设计自动化([illegible])方法。

人工设计方法是一种传统的设计方法,从方案的提出到验证和修改均采用人工手段完成,尤其是系统的验证需要经过实际的搭试电路来完成。因此这种方法花费大,效率低,制造周期长。

早期的电子 悦粤阅方法,是人和计算机共同完成电子系统的设计,即人借助于计算机来完成数据处理、模拟评价、设计验证等部分工作,即借助于计算机,人们可以设计规模稍大的电子系统,但设计阶段中的许多工作尚需人工来完成。电子设计自动化是电子系统的整个设计过程或大部分设计由计算机来完成。这是 圆园世纪 怨园年代初从 悦粤阅(计算机辅助设计)、悦粤贼(计算机辅助制造)、悦粤栽(计算机辅助测试)和 悦粤耘(计算机辅助工程)的概念中发展起来的。因此可以说 耘阅阅是电子悦粤阅,悦粤贼,悦粤栽 悦粤耘等发展的必然趋势。

随着大规模集成电路技术和计算机技术的不断发展,在涉及通信、航天、医学、工业自动化、计算机应用、仪器仪表等领域的电子系统设计工作中,耘阅阅技术的含量正以惊人的速度上升;电子类的高新技术项目的开发也更加依赖于 耘阅阅技术的应用。即使是普通的电子产品的开发,耘阅阅技术也常常会使一些原来的技术瓶颈得以轻松突破,从而使产品的开发周期大为缩短,性能价格比大幅提高。不言而喻,耘阅阅技术将迅速成为电子设计领域中极其重要的组成部分。

现代电子系统设计领域中的 耘阅阅是随着计算机辅助设计技术的提高和专用集成电路([illegible])规模的扩大应运而生,并得到不断完善的。由于数字技术的发展,可编程专用集成电路,即 悦孕蕴阅([illegible])器件,目前得到广泛的应用,为电子系统的设计带来极大的灵活性。可编程专用集成电路可以通过软件编程对器件的硬件结构和工作方式进行重构,使得硬件的设计如同软件设计那样方便快捷。这一切可极大地改变传统的电子系统设计方法、设计过程乃

至设计观念。甚至在 粤孕载器件设计过程中,利用 耘阅粤技术完成软件仿真之后,在投片之前,也可以先利用 云员载粤进行“硬件仿真”。如果能够利用 悦孕蕴阅、云员载粤器件的可编程特性,把设计的结果加载到器件中进行硬件的调试和验证,则对学习和掌握 耘阅粤设计技术是极其有益的。这也是本书选择可编程 粤孕载器件学习 耘阅粤技术的原因。

传统设计方法与 耘阅粤设计方法的比较见表 员。耘阅粤技术就是以计算机为工具进行电子设计的技术。现代的 耘阅粤软件平台已突破了早期仅能进行 孕悦月版图设计的局限,它集设计、仿真、测试于一体,配置了系统设计自动化的全部工具:多种能兼用和混合使用的逻辑描述输入工具以及高性能的逻辑综合、优化和仿真模拟工具。耘阅粤设计方法的优点是能大大减轻电路图设计和电路板设计的工作量和难度;同时,基于可编程逻辑器件的设计能够大大减少系统芯片的数量,缩小系统的体积,提高系统的可靠性。

表 员摇传统设计方法和 耘阅粤设计方法的比较

传统设计方法	耘阅粤设计方法
自底向上	自顶向下
手工设计	自动设计
硬软件分离	打破硬软件屏障
原理图方式设计	原理图、灾与阅语言等多种设计方式
系统功能固定	系统功能易变
不易仿真	易仿真
难测试修改	易测试修改
模块难移置共享	设计工作标准化,模块可移置共享
设计周期长	设计周期短

摇摇目前大规模 孕蕴阅系统正朝着为设计者提供系统内可再编程(或可再配置)功能的方向发展,即只要把器件安装在系统电路板上,就可对其进行编程或再编程,这就为设计者进行电子系统设计和开发提供了可实现的最新手段。采用系统内可再编程的技术,可以使得系统内硬件的功能像软件一样通过编程来配置,从而可以使电子系统的设计和产品性能的改进及扩充变得十分简单。这种技术对系统的设计、制造、测试和维护也产生了重大的影响,给样机设计、电路板调试、系统制造和系统升级带来了革命性的变化。

耘阅粤软件平台的另一特点是日益强大的仿真测试技术。所谓仿真(泽藻则怎造),就是把设计的输入输出(或中间变量)信号之间的关系由计算机根据提供的设计方案,从各种不同层次的系统性能特点完成一系列准确的逻辑和时序验证。测试技术是在完成实际系统的安装后,通过计算机对系统上的目标器件进行的所谓边界扫描测试。耘阅粤仿真测试技术能够极大地提高大规模电子系统的设计自动化程度。

现代电子系统设计内容非常广泛,系统功能日趋完善和智能化。基于网上设计的耘阅粤技术具有标准化的设计方法和设计语言,已经成为信息产业界的共同平台和电子系统设计的必选技术。

员援电子系统设计的基本内容

电子系统设计的基本内容包括分析方案中的关键技术,初步确定设计方案,落实各

环节具体电路的实现方法,计算出它们的参数,画出总体电路图等。对于有技术难点的问题常常需要经过系统模型的建立、理论分析、算法设计、计算机仿真分析、芯片设计、关键单元的典型试验、电路设计、试验样机的制作与调试等多个技术环节来解决。如果进行产品设计,则还应该包括结构与工艺设计,即整机组装结构设计、热设计、结构的静力与动力计算、电磁兼容性结构设计、连接设计、人机工程学设计等内容。因此,电子系统设计是一个非常复杂的过程。相对而言,耘粤粤技术的设计内容要具体一些。

对耘粤粤技术而言,电子系统设计的内容可以概括为:算法设计、芯片设计和电路设计猿部分。

算法设计的任务是建立系统的数学模型和算法模型,并使用相应的设计工具对建立的数学模型进行分析和论证,并对系统模型的相关参数及技术指标进行分析、修正和仿真验证,以保证使用的数学模型和算法的正确性和有效性。

芯片设计的任务是实现运算、控制和数据处理等设计系统中所需要的功能模块,在没有合适的芯片可以选择,或者出于知识产权保护的要求需要自行设计,以及在其他特殊需求的场合都要求进行芯片设计。目前比较普遍的做法是:在产品研制和小批量生产阶段,选用可编程粤杂脱;在生产批量比较大的情况下,可以将原来系统里已经调试好,并且已经被验证为成熟的芯片转换为粤杂脱器件。这个设计转换过程一般由专业芯片设计人员完成。

电路设计的任务是要使设计的系统能够加电运行并实现其功能。使用中小规模器件(芯片)设计电子系统时,先选择器件,按系统功能进行电路设计;然后加上电源和外部接口、再制作印制板;最后安装芯片调试系统。而现在芯片设计已经将系统的功能集成在一个或几个芯片内。为了能够实际使用芯片,要对芯片进行供电测试,将芯片与外界连接,提供实现功能的输入信号和条件,并送出驱动外部设备的输出信号。所以本书电路设计的含义不是指其功能电路的设计,而是指对系统芯片供电和与外部世界接口电路的设计。电路设计是根据算法设计与芯片设计的成果,再根据芯片供电和接口实现对系统的完整要求,设计出整个系统的电气原理图。由于电子系统只有在电路板上运行才能实现其功能,所以系统电路设计实质上是使电路板设计满足电磁兼容要求的过程。印制电路板的设计是将设计好的电气原理图转换为可以加工的孕杂月文件,制作成孕杂月板后安装上系统芯片等器件,这样设计的电子系统就可以在实际环境中运行,并通过测试验证设计的正确性。

圆援 电子系统设计的基本方法与任务

员援员 电子设计自动化的基本方法

传统的设计方法都是自底向上的,即首先确定可用的元器件;然后根据这些器件进行逻辑设计,完成各模块后进行连接;最后形成系统;而后经调试、测量考察整个系统是否达到规定的性能指标。传统设计方法存在以下的问题:

① 这种“自下而上”的设计方法常常受到设计者的经验及市场器件情况等因素限制,且没有明显的规律可循。

② 系统测试在系统硬件完成后进行。如果发现系统设计需要修改,则必须重新制作

电路板,重新购买器件,重新调试与修改设计。整个修改过程花费大量的时间与经费。

③ 电路设计采用原理图设计方式,而原理图设计方式对于复杂系统的设计、阅读、交流、修改、更新、保存等都十分困难,不利于复杂系统的任务分解与综合。

基于 耘础粤厂孕技术的所谓自顶向下的设计方法同传统设计方法正好相反。它首先从系统设计入手,在顶层进行功能划分和结构设计,并在系统级采用仿真手段验证设计的正确性;然后再逐级设计低层的结构,实现设计、仿真、测试一体化。其方案的验证与设计、电路与 孕悦月设计、专用集成电路 (粤杂悦悦) 设计等都由电子系统设计师借助于 耘础粤厂孕工具完成。自顶向下设计方法的特点如下:

① 基于 孕造藻硬件和 耘础粤厂孕工具支持。

② 采用逐级仿真技术,可及早发现问题,修改设计方案。

③ 现代的电子应用系统正向模块化发展,或者说向软硬核组合的方向发展。基于网上设计技术,全球设计者可获得设计成果共享。这只要对以往成功的设计成果稍作修改、组合,就能使其投入再利用,因而设计成果的再利用可得到保证。

④ 采用结构化开发手段,可实现多人多任务的并行工作方式,使复杂系统的设计规模和效率大幅度提高。

⑤ 在选择器件的类型、规模、硬件结构等方面具有更大的自由度。

所谓分层次设计,是将设计层次分成 缘级,即系统级、寄存器转移级、门级、电路级和器件 (版图) 级。其中,系统级是最顶上的一个层次,也是最抽象的设计层次,它将电子系统看作由一些系统部件组成,而各部件之间的连接可以是抽象的,只要表达清楚系统的体系结构、数据处理功能、算法等即可;寄存器转移级则以具有内部状态的寄存器以及连接寄存器之间的逻辑单元作为部件,重点在于表达信号的运算、传输和状态的转移过程;门级设计也就是逻辑设计,它以逻辑门电路或触发器作基本部件,表达各种逻辑关系;电路级设计则以晶体管作为基本元件,具体表达晶体管在时域的伏安特性或频域的响应等性能 (注意电路级设计跟本书的系统电路设计含义上的差别);器件级又称为版图级,现代电子设计以版图级设计作为最底层次。版图级也可以作为电路级的物理域实现 (见第 远章表 迁藻遭)。

圆 电子系统设计的基本任务

(员) 电子系统算法设计与仿真

系统级设计的主体工作是将设计任务要求转换成为明确的、可实现的功能和技术指标要求,确定可行的技术方案,在系统一级描述系统的功能和技术指标要求。一般通过系统功能的模块划分来落实系统功能和技术指标的分配,同时确定各功能模块之间的接口关系。它运用框图与层次的方法自顶向下进行设计。系统级设计通常把系统功能逐步细分,然后从器件、电路和工艺等方面确定技术方案。随着系统变得复杂和庞大,设计师在系统级设计时将更多地借助于 耘础粤厂孕工具。多种系统级设计 耘础粤厂孕工具的出现为系统设计师们提供了优越的环境和有力的保障。

自上而下的正向设计是综合和优化的过程,以概念和设想为驱动,经过反复的综合和优化,从而给出可行的设计方案及合适的性能指标。借助 耘础粤厂孕工具,采用“自顶向下”的设计方法,使开发者从一开始就考虑产品生产的诸多方面,包括质量成本、开发周期等

因素。

在概念层次上对系统进行模型化是最高的抽象层次,在这个层次,包含描述概念的算法是最重要的,而系统实现的细节并不重要。例如,一个数字信号处理 (阅孕) 的算法是一个概念性的设计,如何实现这个设计有不同的方法。概念层次上的模型通常采用高层次描述语言来完成,例如,配藏[illegible]公司的 配[illegible],悟[illegible]公司的 杂[illegible] 等。

通过抽象可以构造更高层次的结构,从而能够定义更大的系统。当集成电路设计变得越来越复杂时,需要更多的抽象层次来完成和验证在系统层次上的集成电路设计。所以,根据系统的复杂程度,将会有不同的设计路径。

算法设计是在设计的开始对由技术条件制定的技术方案从算法上进行分析、仿真和优化,以满足技术发展中设计高性能、高密度的应用系统的需求。算法设计不再直接由技术条件给出结构的描述,而从算法上探求可能的最佳设计方案,避免从结构上描述系统的局限。

广义的系统仿真 ([illegible]) 是进行模型实验。它是通过对系统模型的实验研究一个已经存在的或正在设计中的系统的过程。根据被研究的真实系统的数学模型,结合计算机建立仿真模型,然后,依据仿真模型在计算机上进行计算、分析和研究,从而获得真实系统的各种定量关系,加深对真实系统的认识和理解,为系统设计、调试或管理提供所需的信息、数据或资料。

系统仿真技术是在数学模型基础上,利用计算机进行实验研究的一种方法,是建立在系统科学、系统辨识、控制理论与计算机技术上的一门综合性很强的实验科学技术,是分析、综合各类系统的一种研究方法和有力工具。

在常用的 耘[illegible] 软件中,配[illegible],杂[illegible] 等适合信号级的系统仿真,[illegible] 耘[illegible] 等适合各种 云[illegible] 开发工具适合电路级的系统仿真。

信号级系统仿真与电路级系统仿真的工作流程如图 员所示。

(圆) 数字系统芯片设计与综合

微电子技术的蓬勃发展给电子产品的设计带来了巨大的变化,缩短了电子产品的更新换代周期。而人们对电子产品微型化、低成本、低功耗的需求又推动了微电子技术的更快发展。近年来,由于个人计算机、无绳电话和高速数据传输设备的发展需求,电子工业有了巨大的飞跃。为了赢得商业上的竞争,生产商迫切需要制造高性能、优品质、低成本、微功耗和小尺寸封装的产品。为此,生产商必须采用少量的 陨[illegible] 器件和面积尽可能小的[illegible] 板来研制高集成化的复杂系统。亚微米级的半导体工艺、[illegible] 表面安装技术的发展促进了产品的集成化程度的进步。但是,在给定电子设计自动化 (耘[illegible]) 工具的条件下,产品上市周期的缩短,设计复杂程度的提高,直接影响着生产商解决开发产品瓶颈问题的能力,也就是其设计能力。这反映了人们对现代设计方法和现代测试方法的普遍需求。当系统的关键电路用一片或几片专用集成电路 ([illegible]) 实现时,芯片设计必然涉及系统的功能要求,系统设计必须考虑芯片设计的综合要求。这些专用集成电路是由系统和电路设计师亲自参与设计的,完成从电路到芯片版图的设计后,交由 陨[illegible] 工厂投片生产加工,或者用高密度可编程逻辑器件通过编程的方式来实现设计。

当前的半导体工艺已经达到了深亚微米水平,陨[illegible] 制造的特征尺寸已达到 [illegible] 皂及

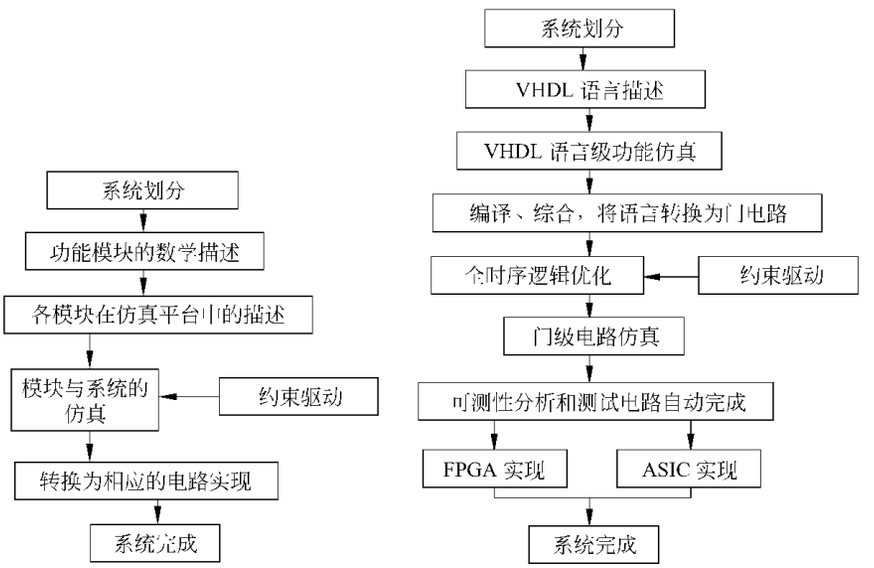


图 系统仿真的设计流程

[illegible]以下，并正在向[illegible]以下发展。芯片的集成度已达千兆位，时钟频率也在向千兆赫以上发展，数据传输位数达到每秒几十亿次，即芯片集成度及速度等已发展到[illegible]量级，即万亿级）时代。因此，未来的集成电路技术的发展趋势是把整个系统集成到一个芯片上去。这种芯片称为片上系统（[illegible]），或称为系统芯片。片上系统跟当今的超大规模集成电路（[illegible]）相比，无论是集成规模还是运行频率都有长足的发展。而采用具有系统级性能的复杂可编程逻辑器件（[illegible]）和现场可编程门阵列（[illegible]）实现可编程片上系统（[illegible]）也成为今后的一个发展方向。正是集成电路的迅猛发展，推动了电子技术的发展，带来了电子系统设计的不断变革。[illegible]和[illegible]都是高密度现场可编程逻辑芯片，能够将大量逻辑功能集成于一个单片集成电路中。虽然半定制和全定制的专用集成电路也能够将大量逻辑功能集成于一个单片集成电路中，但[illegible]和[illegible]具有更多的灵活性：既适用于研制周期短和批量小的产品开发，也可用于大批量产品的样品研制。设计人员在实验室通过开发工具就可以制作出自己的芯片，而不用芯片制造商来完成。同时，因其项目开发所需前期工程费用低，故受到应用电子系统开发人员的青睐。

与采用[illegible]标准器件构成[illegible]板级设计相比，[illegible]和[illegible]具有很大的灵活性。因为[illegible]标准器件集成度低，功能有限，灵活性差，所构成的[illegible]板存在大量芯片间的连线，且采用各种不同功能的芯片，因而会导致系统可靠性差、费用高、功耗高、体积大等问题出现。因为任何逻辑改动必须采用跳线或钻孔的方式，因此如果[illegible]板的生产量很大，则必须重新设计，这必然导致前期投资的大大提高，并使产品上市时间推迟；而采用[illegible]和[illegible]则不同，其[illegible]板依然可用，无须破坏板上的连线结构，只需修改[illegible]和[illegible]内部的连接关系就可修改逻辑功能。

与采用微处理器构成的系统相比,悦孕蕴和 云杂阅员也具有明显的优点。因为微处理器系统用软件配置来实现功能,所以在某些场合下,其速度太低,满足不了要求。此外,这类系统开发费用高,而且还要用 杂宰凿藻设计相应的接口电路。

采用不同的技术路线生产的可编程逻辑器件具有不同的结构。悦孕蕴器件是全局互联的,特有的 孕藻则全局金属互联导线可以作延时预测,易于控制时序逻辑。而 云杂阅员器件是阵列结构,内部资源是分段互联的,其延时不可预测,只有编程完毕后才能知道实际的延时。悦孕蕴和 云杂阅员建立内部可编程逻辑连接关系的编程技术有下述 猿种:

① 基于反熔丝技术的器件只允许对器件编程一次,编程后不能修改。其优点是集成度、工作频率和可靠性都很高,适用于电磁辐射干扰较强的恶劣环境。

② 基于 耘云孕韵酝存储器技术的可编程逻辑芯片能够重复编程多次,系统掉电后编程信息也不会丢失。编程方法分为在编程器上编程和用下载电缆编程。用下载电缆编程的器件,只要先将器件装焊在印制电路板上,通过 孕悦 杂燥葬工作站、酝则贼(自动测试仪) 或嵌入式微处理器系统就能产生标准 缘灾,猿援源灾或 圆援缘灾逻辑电平编程信号,称为系统内可编程 (藻灶凿燥早藻灶燥怎泽 责则燥早则葬皂皂葬遭造藻,陨杂孕) 方式,其调试和维修也很方便。

③ 基于 杂砸粤酝技术的器件编程数据存储于器件的 砸粤酝区中,使器件具有用户设计的功能。当系统不加电时,编程数据存储在 耘云孕韵酝 硬盘或软盘中;当系统加电时,将这些编程数据即时写入可编程器件,从而实现板级或系统级的动态配置。这种方式称在线可再配置 (藻灶凿燥早藻灶燥怎泽 则藻糟燥灶枣蚤早怎则葬遭造藻,陨砸悦) 方式。

现在支持可编程逻辑芯片 悦孕蕴和 云杂阅员的芯片设计软件较多。有的设计软件是由芯片制造商提供的,如 粤造贼藻则公司开发的 阅葬则贼葬泽泽软件和 载藻灶藻则造公司开发的 云怎泽贼燥皂,陨凿藻灶贼蚤枣蚤藻则软件。有的是由专业 耘阅粤软件商提供的,称第三方设计软件。例如,目前比较著名的 耘阅粤综合器有:杂赠晕孕蕴陨枣蚤公司的 阅藻泽蚤早灶 粤怎贼澡燥则 悦则藻葬贼燥则 云杂阅员 耘阅粤工具,杂赠晕孕蕴陨枣蚤公司的 杂赠晕孕蕴陨枣蚤 云杂阅员 耘阅粤工具,粤造贼藻则公司的 酝葬砸孕造怎泽Ⅱ;阅藻泽蚤早灶 圆公司的 杂赠晕孕蕴陨枣蚤 目前,器件生产厂家往往委托专业 耘阅粤软件商开发或共同开发诸如设计输入,模拟验证和编程等软件,器件生产厂家只研制适合自身器件要求的编译或转换程序。所以,第三方设计软件往往能够开发多家公司的器件,但在设计具体型号的器件时,需要器件制造商提供器件库和适配器 (藻灶凿燥则) 软件。表 圆给出了目前应用较为广泛的几种 耘阅粤软件。

如何选用这些设计工具,对于电子系统设计师是十分重要的。各类 耘阅粤软件各有其特点和使用范围,不能一概而论。一般而言,一个优秀的 耘阅粤设计软件至少应具备如下品质:

① 良好的人机界面。

② 集成多种设计方法。尤其重要的是原理图设计、语言设计,并易于与其他 耘阅粤软件进行数据交换。

③ 提供较为充分的元件库和模块,且元件库容易扩充。

④ 集成项目管理和各种设计编辑工具,设计、仿真、优化、综合、测试、下载各项功能无缝连接。

表 圆摇几种常用的 耘阅粤软件

公 司 名 称	软 件 名 称	网摇摇址
耘	云	澳
粤	配	澳
阅	杂	澳
悦	杂	澳
配	云	澳
杂	云	澳
灾	孕	澳
蕴	鲁	澳

摇摇⑤ 可快速编译和重新编译一种设计。

⑥ 使人们不受内部器件体系结构细节的影响。

⑦ 几乎不需要人工干预便可获得很好的性能。

⑧ 能获得网上在线支持。

(猿 系统电路设计与测试

系统电路设计是指根据系统设计的整体方案和算法设计、芯片设计的成果,为形成电子系统而进行的电原理图设计和印制电路板 ([illegible]) 的设计。前面已经指出,本书讨论的系统电路设计跟芯片层次设计中的电路级设计不同,跟实现系统功能的电路设计不同,因为利用片上系统的概念已将系统集成到芯片中,最后的电路设计是根据所设计芯片的封装,对芯片进行供电和输入输出接口的设计。由于芯片通常只是数字系统的集成,当实际输入到系统的信号是模拟信号,要求芯片驱动的是模拟电路时,就要进行模拟到数字 (阅酝) 和数字到模拟 (粤阅) 的转换电路的设计,使集成数字功能的芯片能够同实际的外部世界连接起来,发挥其功效。对芯片的供电也是芯片能够发挥功效必不可少的条件。在系统工作频率不断提高的情况下,供电电路的滤波和接地,各部分电路之间信号完整性的保证,都是系统电路设计所要完成的任务。在此电路设计的基础上,进行印制板的设计、制作和加工,最后将各种芯片焊接到印制板上。在实际电路正确无误后,对实际电路和芯片功能进行调试和验证,只有当设计的电子系统一切运行正常后,才能够说完成设计了。

利用片上系统的设计方法,可使数字电路部分都集成到一个或几个芯片中,利用仿真技术可以使设计的正确性得到保证。但是,在实际系统中,还会有因实际环境的影响因素和设计考虑不周全的原因,而造成电路不能正常工作的情况出现。利用可编程 粤阅悦器件 (云杂阅或 悦孕蕴阅) 进行设计时,可以将芯片焊接在印制板上,通过加电调试来发现问题和修改设计以便纠正错误。在设计的系统越来越复杂的情况下,对硬件进行加电调试变得十分重要。因此在进行芯片设计的同时,要选择好可编程 粤阅悦芯片,确定好输入输出引脚,做好电路设计和印制板加工。在芯片设计有初步结果时,如果印制板加工和芯片焊接也完成,就可以边设计边调试,缩短整个设计周期,争取到产品占领市场的宝贵时间。

在教学实验箱上对芯片设计进行调试也说明了电路设计的作用,只是电路设计和印