

电子系统 设计与实践

DIANZI XITONG SHEJI YU SHIJIAN

主编 李小根
主审 周 群



四川大学出版社

电子系统 设计与实践

DIANZI XITONG SHEJI YU SHIJIAN

主编 李小根

主审 周群

电子系统设计实践

主	编	李小根
出	版	四川大学出版社
地	址	成都市一环路南一段24号(610022)
发	行	四川大学出版社
书	号	ISBN 978-7-2914-3647-9/TN·57
印	刷	四川省印刷厂
版	品尺寸	185 mm × 260 mm
印	张	11.75
字	数	269千字
版	次	2007年2月第1版
印	次	2007年2月第1次印刷
印	数	0 001-3 000册
定	价	17.20元

◆ 本书由清华大学出版社出版，书号：978-7-302-16100-2
◆ 本书由清华大学出版社出版，书号：978-7-302-16100-2
◆ 本书由清华大学出版社出版，书号：978-7-302-16100-2
◆ 本书由清华大学出版社出版，书号：978-7-302-16100-2
◆ 本书由清华大学出版社出版，书号：978-7-302-16100-2
◆ 本书由清华大学出版社出版，书号：978-7-302-16100-2
◆ 本书由清华大学出版社出版，书号：978-7-302-16100-2
◆ 本书由清华大学出版社出版，书号：978-7-302-16100-2
◆ 本书由清华大学出版社出版，书号：978-7-302-16100-2
◆ 本书由清华大学出版社出版，书号：978-7-302-16100-2



四川大学出版社

责任编辑:胡兴戎
责任校对:罗 杨
封面设计:吴 强
责任印制:杨丽贤

图书在版编目(CIP)数据

电子系统设计与实践 / 李小根主编. —成都: 四川大学出版社, 2007.2

ISBN 978-7-5614-3647-9

I. 电… II. 李… III. 电子系统-系统设计-高等学校-教材 IV. TN02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 019188 号

书名 电子系统设计与实践

主 编	李小根	
出 版	四川大学出版社	
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)	
发 行	四川大学出版社	
书 号	ISBN 978-7-5614-3647-9/TN·27	
印 刷	郫县犀浦印刷厂	
成品尺寸	185 mm×260 mm	
印 张	11.75	
字 数	269 千字	
版 次	2007 年 2 月第 1 版	
印 次	2007 年 2 月第 1 次印刷	◆ 读者邮购本书,请与本社发行科联系。电 话:85408408/85401670/85408023 邮政编码:610065
印 数	0 001~3 000 册	◆ 本社图书如有印装质量问题,请寄回出版社调换。
定 价	17.50 元	◆ 网址:www.scupress.com.cn

版权所有◆侵权必究

前 言

电子技术是一门实践性很强的课程,《电子系统设计与实践》是模拟电子技术和数字电子技术的实验教材,是从理论到实践的指导书。根据教育部与专业教学指导委员会对教材的要求,为培养适应我国 21 世纪国民经济发展需要的电子设计人才,我们总结了多年电子设计与制作的教学改革成果,在加强以传统电子设计方法为基础的工程设计训练的同时,尽量使学生掌握现代电子设计自动化技术的新方法和新工具,将电子技术实验教学的目标定位在系统地、科学地培养学生的实际动手能力、理论联系实际的能力、工程设计与实施能力上。

电子系统设计与实践所涉及的知识点非常多,有些内容具有相当的深度,而本书的使用对象主要是大学二年级和三年级的本科学生,因此本书的内容主要涉及对该阶段大学生将所学电子技术理论应用于实践过程的培养,旨在使其具备电子系统设计与实践的基本能力。本书在内容安排和编写中有以下几个特点:(1)注意基本技能的培养。本书以收音机为例,对电子电路的设计,电子器件的测试、安装、焊接以及电子系统的调试进行了详细介绍,这对于初学者是非常重要的。(2)实习课题少而精。由于学时、学生所学知识的限制,本书精心挑选了几个实例,能够满足对大学生电子技能的初级培训。(3)引进了先进的电子设计自动化技术的新工具,如可编程器件。

本书的第一章介绍了电子系统的基本概念、设计方法和设计流程;第二章介绍常用电子系统设计软件及其应用;第三章介绍可编程逻辑器件的原理及其应用;第四章详尽地介绍了 Altera 公司的 PLD 开发软件“MAX+plus II”以及“掌宇 CIC310 型开发平台”的应用;第五章介绍无线电通讯与超外差收音机的原理与设计;第六章介绍了电子工艺实践方面的基础知识;第七章为电子系统综合设计与实践实例(配有相应附件)。

本书由李小根主编,由周群审稿。第四章由翁嫣琥、李小根编写,第五章由王晓芳、李小根编写,第六章由涂国强、李小根编写,李小根编写第一、第二、第三、第七章。

本书在编写过程中得到四川大学电气信息学院相关领导的鼓励与支持,得到电工电子基础教学实验中心老师们的支持与帮助,还得到了北京掌宇金仪科教仪器设备有限公司的大力支持,在此我们表示衷心的感谢。

由于编写时间比较仓促,加之我们水平有限,书中难免会有疏漏和不足之处,欢迎广大读者和各界专家批评指正。

编 者

2006 年 12 月

目 录

第一章 电子系统设计概论	(1)
1.1 电子系统综述	(1)
1.1.1 电子系统的定义与组成	(1)
1.1.2 电子系统的设计原则与方法	(2)
1.2 电子系统设计的一般步骤	(4)
1.3 各类电子系统设计的步骤	(5)
1.3.1 以可编程逻辑器件为核心的电子系统的设计步骤	(5)
1.3.2 以单片机为核心的电子系统的设计步骤	(6)
1.3.3 以模拟系统为核心的电子系统的设计步骤	(7)
第二章 电子设计自动化软件的特点及应用	(8)
2.1 电子系统设计软件概述	(8)
2.1.1 电子系统设计软件的种类及其各自特点	(8)
2.1.2 硬件描述语言简介	(9)
2.2 Protel 99 SE	(11)
2.2.1 Protel 99 SE 的发展	(11)
2.2.2 Protel 99 SE 的绘图环境	(11)
2.2.3 Protel 99 SE 的功能与特点	(14)
2.3 ispDesign Expert	(18)
2.3.1 ispDesign Expert 概述	(18)
2.3.2 使用 ispDesign Expert System 进行原理图输入方式的设计	(19)
2.3.3 设计的编译与仿真	(23)
2.3.4 在系统编程的操作方法	(26)
2.4 Multisim 2001	(28)
第三章 可编程逻辑器件	(30)
3.1 可编程逻辑器件概述	(30)
3.1.1 可编程逻辑器件的特点	(30)
3.1.2 PLD 的分类	(31)
3.1.3 可编程元件	(32)
3.2 简单的可编程逻辑器件	(34)
3.2.1 可编程阵列逻辑器件	(34)

3.2.2 可编程通用阵列逻辑器件	(35)
3.3 复杂的可编程逻辑器件	(40)
3.3.1 复杂的可编程逻辑器件的基本结构	(40)
3.3.2 MAX 7000 系列器件的结构	(40)
3.4 现场可编程门阵列	(46)
3.4.1 现场可编程门阵列的基本原理	(46)
3.4.2 FLEX 8000 系列器件的结构	(46)
第四章 Altera 公司可编程逻辑器件的开发与实践	(58)
4.1 Altera 公司的 FPGA 和 CPLD 系列与专用开发软件包	(58)
4.1.1 Altera 公司的 PLD 系列	(58)
4.1.2 Altera 公司的专用开发软件包——MAX+plus II 与 Quartus II	(61)
4.1.3 基于 MAX+plus II 软件环境的电路设计过程索引	(62)
4.2 建立设计项目	(63)
4.2.1 启动 MAX+plus II 软件环境(管理器窗口)	(63)
4.2.2 指定设计项目名称	(64)
4.2.3 指定图形文件的后缀名	(65)
4.2.4 打开图形编辑器	(65)
4.3 绘制原理图文件	(66)
4.3.1 激活图形编辑区	(66)
4.3.2 调用库元件和输入/输出端口	(66)
4.3.3 为输入/输出端口命名	(68)
4.3.4 保存文件	(69)
4.4 编译设计项目	(70)
4.4.1 选项 1: 为设计项目选择器件	(70)
4.4.2 选项 2: 设定电路结构资料加载的 SRAM 模式	(71)
4.4.3 选项 3: 设定整个 FPGA 组件组合电路的性能	(72)
4.4.4 设定器件的引脚分配	(73)
4.4.5 存盘与生成引脚定义文档	(74)
4.4.6 指定编译报告文件中需要报告的内容	(75)
4.4.7 开始编译	(75)
4.5 用软件进行项目的功能仿真	(76)
4.5.1 打开引脚节点对话框	(76)
4.5.2 选择欲仿真的输入、输出端口	(76)
4.5.3 编辑输入信号的波形图	(77)
4.5.4 进行仿真	(79)
4.5.5 AHDL 输入法设计入门	(79)
4.6 下载文件到芯片完成项目的设计工作	(82)

4.6.1 下载步骤简述	(82)
4.6.2 连接好掌宇开发机	(82)
4.6.3 运行装载(烧录)工具	(83)
4.6.4 下载设计文件到芯片中	(83)
4.7 掌宇 CIC310 型 CPLD/FPGA 开发系统的安装与硬件仿真	(85)
第五章 无线电通讯与超外差收音机的原理与设计	(95)
5.1 无线电通讯	(95)
5.1.1 无线电波的波长、频率与波段划分	(95)
5.1.2 无线电波的发射	(97)
5.1.3 超外差收音机简介	(98)
5.2 超外差收音机的设计	(99)
5.2.1 输入电路	(99)
5.2.2 变频电路	(107)
5.2.3 中频放大器	(111)
5.2.4 检波与自动增益控制电路	(116)
5.2.5 低频放大电路	(122)
5.3 CXA 1191 AM/FM 超外差收音机的工作原理	(123)
5.3.1 CXA 1191 收音机概述	(123)
5.3.2 AM 部分工作原理分析	(126)
5.3.3 FM 部分工作原理分析	(130)
第六章 电子工艺实践	(133)
6.1 万用表的使用	(133)
6.1.1 指针式万用表	(133)
6.1.2 DT9205 型数字式万用表的使用与元件测试	(134)
6.2 电子元件的识别	(139)
6.2.1 电阻、电容、电感在元件上表示参数的方法	(140)
6.2.2 电阻、电容、电感元件及其主要参数	(142)
6.3 焊接技术	(145)
6.3.1 电烙铁	(145)
6.3.2 焊接工艺	(146)
6.4 超外差收音机的安装与调试实习	(149)
6.4.1 超外差收音机专用元件的测判	(149)
6.4.2 超外差收音机的安装	(150)
6.4.3 产品调试	(153)
6.4.4 收音机调试中的常见问题分析	(159)

第七章 电子系统设计与实践实例	(162)
7.1 CPLD/FPGA 设计与实践	(162)
7.2 电子工艺与超外差收音机实践	(162)
7.3 数字式万用表设计与实践	(162)
7.4 智能型多功能直流稳压充电器设计与实践	(162)
7.5 智能小车设计与实践	(163)
7.6 无线遥控式电子音乐门铃设计与实践	(163)
7.7 无线调频式对讲系统设计与实践	(163)
附录一 数字逻辑系统的设计实践	(164)
第一部分 MAX+plus II 软件入门与掌握 FPGA/CPLD 芯片开发平台入门实习	(164)
第二部分 十进制计数器的设计与 FPGA/CPLD 开发平台应用实践	(168)
第三部分 多功能数字钟的设计与实践	(171)
第四部分 十六进制键盘扫描译码显示电路的设计与芯片开发	(174)
附录二 CXA 1191 AM/FM 超外差收音机元件清单	(178)
参考文献	(180)

第一章 电子系统设计概论

1.1 电子系统综述

1.1.1 电子系统的定义与组成

随着 21 世纪的到来,人类已跨入了信息时代。科学技术的进步使人们的生活方式与行为发生着巨大的改变。从移动电话到因特网,从大型计算机到多媒体 PC,从家庭娱乐使用的 mp3、DVD、数码照相机、高清晰电视机到军用雷达、医用 CT 仪器、GPS 全球定位系统等,各色各样的电子系统在我们的生活中已无处不在,与社会生活密不可分。电子系统已深入人类社会的方方面面,在工业、农业、科技、国防、医学等各领域发挥着极其重要的作用,其技术上的每项革新和突破都影响着各行各业的发展,为它们带来巨大的变革。各种电子系统都在计算机的辅助设计下达到了相当的规模和极高的复杂程度。因此,掌握电子系统的设计方法并付诸实践是电类各专业大学生必备的技能。

1. 电子系统的定义

电子系统是由许多电子元器件或电子部件组成的可产生、传输或处理电信号及信息的能够独立完成一系列特定功能的客观实体。例如自动控制系统、通讯系统、雷达系统、卫星定位系统、计算机系统、电子测量系统、先进的汽车电子综合系统等,这些应用系统在功能与结构上具有高度的综合性、层次性和复杂性。

2. 典型电子系统的组成

下面通过一个典型通讯系统的结构,来对各种电子系统的组成进行大致的分析。图 1.1-1 是大家熟悉的移动电话的电子系统中子系统级方框图。

移动电话是当今世界发展最为迅猛的通讯工具,是一个包括发射机、接收机、微型计算机和音频及数字信号处理器(DSP)、用户身份卡(SIM)等子系统的复杂系统。其中发射机、接收机和天线等为射频(频率高达 500MHz 以上)类型的模拟子系统;音频及 DSP 模块包括了低频模拟电路、数字电路和模数混合电路,是一个综合类型的低频子系统;输入键盘、液晶显示器、内部数据存储器等部件构成的计算机操作、管理子系统,又是一个数字电路类型的子系统。如此复杂的电子系统只有借助于先进的微电子技术才能实现,它是现代高科技的结晶。

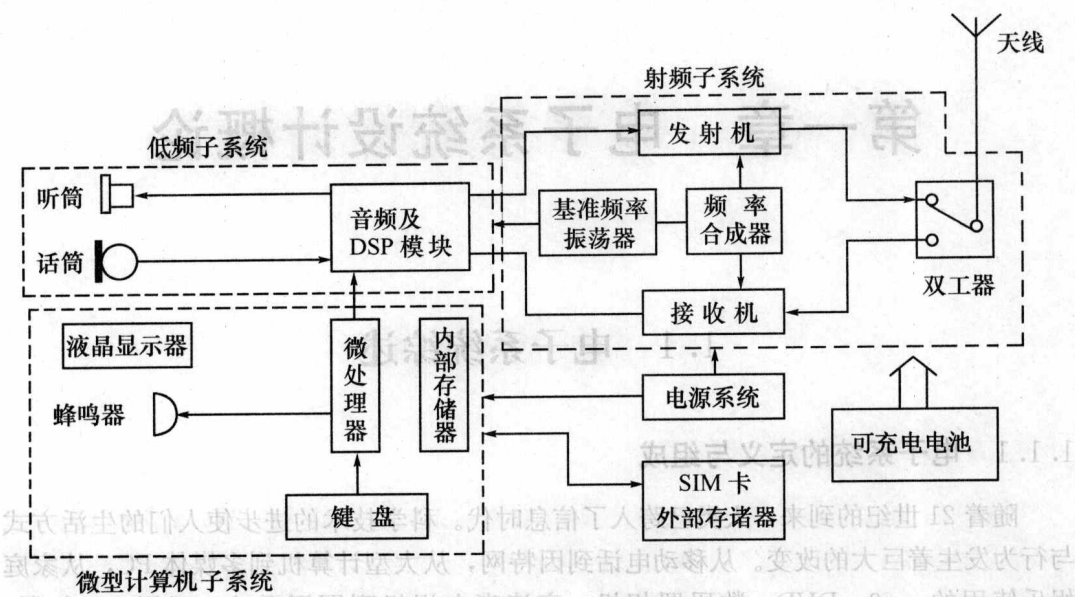


图 1.1-1 移动电话子系统级方框图

电子系统均具有层次性结构，下面通过该移动电话系统来解析一个复杂系统在结构上的层次性。如前所述，图 1.1-1 是移动电话子系统级的组成方框图，其中的每一个子系统又是由若干个部件所组成的。例如，其中的微型计算机子系统就是由微处理器、存储器、键盘及显示器几个部件组成的。而组成子系统的每个部件又可分解为由许多元件组成的电路。例如，其中的微处理器是由 MPU 芯片、时钟振荡晶体、复位芯片以及少许电阻、电容器等元件所构成的。类似地，发射机、接收机也可由顶层（系统级）向下，一层一层地一直分解到元件级或部件级（底层），如图 1.1-2 所示。

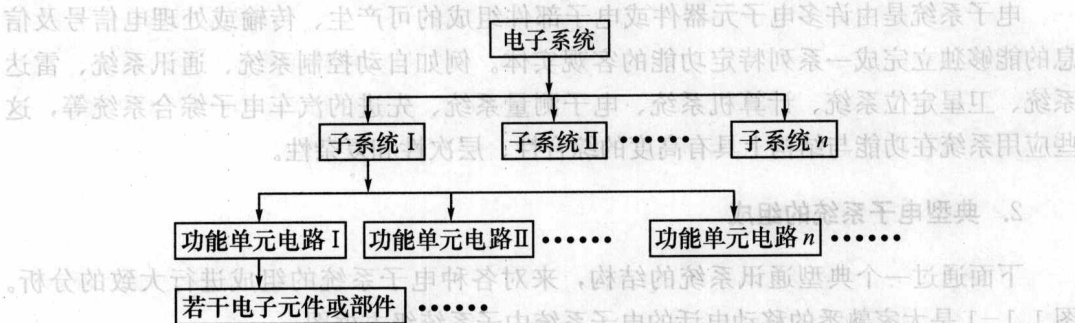


图 1.1-2 电子系统的层次结构

1.1.2 电子系统的设计原则与方法

1. 电子系统的设计原则

在开发电子系统之前，首先面临的就是设计和规划整个系统功能实现的问题。在

设计和规划中通常应遵循如下的原则指导设计工作。

(1) 必须满足用户所提出的对系统功能和性能指标方面的全部要求。这是电子系统设计时最基本的要求。

(2) 满足给定的电磁兼容条件。这是现代电子电路应具备的基本特性。只有满足给定的电磁兼容条件,才能有效地抵抗干扰,防止对电气工作环境造成污染,确保自身系统和周边设备的正常工作。

(3) 可靠性高。可靠性要求与用户指定的系统实际用途、使用环境等因素有关。

(4) 电路尽量简单。当电路简单化以后,其生产工艺和调试必然简单而方便。因此,大胆开发和尝试简单的电路系统,不仅是经济的,同时系统也是可靠的。在系统设计的开始,就要优先采用先进的、新型的、价格合理的集成模块,因为系统集成技术是简化电路的最佳捷径。

(5) 操作方便、易懂。在设计中应尽量融入人性化的因素,让使用者既感方便,又简单易学。难以操作的系统,其故障率必然很高,使用率必然很低,生命力必然很弱。

当然,对于第(4)条原则,可根据市场的需求,在设计中尽量采用先进的科技成果,暂时达不到要求时,也可推向市场,在市场反馈中不断改进和升级。

2. 电子系统的设计方法

基于电子系统的功能要求和结构的层次性,通常有自顶向下法、自底向上法和以自顶向下为主并以自底向上为辅的综合方法这三种设计方法。

1) 自顶向下法

自顶向下法是设计者根据原始设计指标或用户要求,从整体上规划整个系统的功能和性能,然后把系统划分为规模较小、功能简单且相对独立的子系统,并确定它们之间的相互关系和耦合方式,直到得到的单元可以映射到物理实现。这种物理实现,就是具体的部件、电路和元件。

2) 自底向上法

自底向上法是根据所需设计系统的各个细分功能的要求,首先从现有的可用的元件或部件中选出合适器件,设计成一个个的单元电路或子系统。当一个部件不能直接实现系统的某个功能时,就需要设计由多个部件或多个单元电路组成的子系统去实现该功能,上述过程一直进行到系统所需求的全部功能都实现为止。该方法的优点是继承使用经过验证的、成熟的部件与子系统,从而实现设计的重用,减少设计的重复劳动,提高设计效率。自底向上法在系统的组装和测试过程中的确是行之有效的,并常用于类似系统、子系统的设计。对于系统相对简单、功能较单一的设计任务而言,自底向上法的确是行之有效的设计方法。

3) 以自顶向下为主并以自底向上为辅的综合方法

在近代的系统设计中,为了实现设计重用以及对系统进行模块化测试,通常采用以自顶向下方法为主并结合使用自底向上的方法。这种方法既能保证实现系统化、清晰易懂以及可靠性高、维护调试性好的设计,又能减少设计中的重复劳动,提高设计

效率。这对于复杂性很高的系统来说,显得尤其必要,因而得到普遍采用。

1.2 电子系统设计的一般步骤

电子系统的设计,从提出构想到最终实现,必然要经过一定的步骤,这些步骤是有规律的。一个完整的电子系统设计过程均是由顶层(系统级)的功能域设计出发,直至底层(部件级)的设计全部完成为止。不论在哪一级(层)上,均要经历功能域描述与设计、结构域描述与设计、物理域描述与设计这三个设计步骤,如图1.2-1所示。

1. 功能域描述与设计

按照自顶向下的设计方法,功能域描述与设计应首先从系统级开始。设计人员首先要对用户需求与市场状况做深入细致的调查研究,然后对收集来的原始信息进行需求分析,最后用工程语言将所要设计的系统的各项功能和技术指标、与外部世界的接口方式和协议等描述或定义出来。例如,移动电话的双工通话功能、短信息功能、来电显示功能、存储功能、时钟/闹钟功能和与传真机、计算机、因特网等接口的功能,以及接收/发射频率、调制方式、待机时间、连续通话时间、供电电池电压、尺寸和外观等的描述。而子系统级、单元电路级、部件级和元件级上的功能则由各个层次上的输入/输出关系来描述。它们是由设计人员从系统级逐层向下进行功能划分,逐步推演和定义出来的。

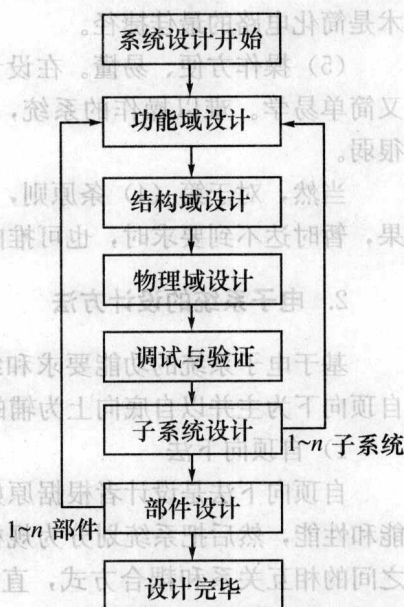


图 1.2-1 电子系统设计的一般步骤流程图

2. 结构域描述与设计

完成了功能域的描述与设计后,下一步就要将功能映射为结构,即以功能域的设计结果作为原始输入信息,选用或设计一定的单元并按一定方式(含规则)互连起来,实现给定层次上的功能。系统从功能域到结构域的映射又称为综合。系统级上结构设计任务就是确定系统与外部世界(包括使用者、其他系统或部件等)的互作用、互连方式与协议。子系统级、部件级和元件级上由功能到结构的映射是大家所熟悉的,这些级上的结构设计结果通常用方块图、电路图来表达。例如移动电话系统级的结构设计就是确定用户操作界面和该移动电话与 GSM 网之间信息交换的方式与协议,确定与传真机、计算机之间的连接方式与协议等关系。在系统级上,移动电话的结构可用图 1.1-1 所示方框图来描述。一张详细的移动电话的电路图就是该系统元件级或者元件级、部件级、子系统级混合结构的描述。

3. 物理域描述与设计

结构域描述与设计完成后, 最后一步就是进行从结构域到物理域的映射, 即用结构域的设计结果作为原始输入信息, 选用一定的电子元件、材料、技术与工艺去实现给定的结构。仍以移动电话为例, 其系统级上的物理设计包括机壳、主机板、操作按键、显示屏窗口、与外部互连的接插件等的外形、尺寸、材料及工艺的确定。

系统级、子系统级与部件级上的物理域设计的内容基本相同, 包括每个子系统或部件的尺寸、安放位置、互连线的材料与布局的确定、是否需要屏蔽与散热等; 元件级上的物理域设计包括每个元件的型号与尺寸、主机印制底板布线的设计、是否需要屏蔽与散热等。

1.3 各类电子系统设计的步骤

前面已经介绍了电子系统的一般设计步骤, 它与下面所列出的几类系统的设计步骤之间的关系是一般与具体、共性与个性以及原则与实施的关系。由此决定了前者对后者将起着导向、规范与统筹的作用, 从而保证后者遵循正确的理念与方法。

1.3.1 以可编程逻辑器件为核心的电子系统的设计步骤

用可编程逻辑器件 (Programmable Logic Device, PLD) 设计数字系统的过程如图 1.3-1 所示。

1. 构想设计

构想设计指的是对逻辑系统或电路结构方案的考虑。

2. 选择器件

对具体芯片的选择, 有如下几点需要考虑:

(1) 芯片的规模。应先对所需完成的电路或系统所需的设备量进行估计, 例如大致计算所用的触发器的个数; 并据此选择合适的芯片型号。必须注意, 对复杂的可编程逻辑器件 (CPLD) 内部资源的使用通常不得超过 80%, 否则布线很难通过。一般情况下对其资源的利用率在 50% 左右为最佳, 而对 FPGA 因为对内部安排更难掌握, 所以还以放宽到 40% 以下为宜。

(2) 芯片的速度。PLD 通常有高速系列和低速系列, 每个系列还分成许多档级。应根据设计的要求确定合适的系列或档级。一般情况下, 对 CPLD, 可直接按照手册上的参数选取; 对 FPGA, 因延时不可预测, 还应留有一定的余量。

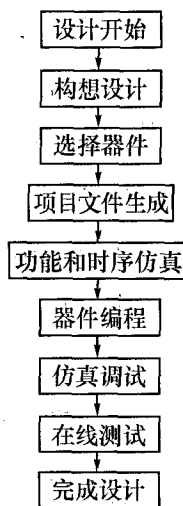


图 1.3-1 PLD 的设计开发过程

(3) I/O 端口数与器件封装方式。应先对所需完成的电路或系统所需的引脚数进行统计,并据此选择合适的芯片型号。复杂系统所需要的引脚数目往往很多,而不同封装的芯片的引脚数是确定的。在选择时仍然需要对引脚数留出一定的余量,因为在设计过程中常常会因为方案考虑不周或其他原因需要增加系统的端口。在封装形式上也要加以考虑,目前主要有 PLCC 和 TOPP、PQPP、RQFP、PGA 等封装形式,PLCC 的引脚数较少,有 44、68 和 84 等几种,但可以使用插座,也就是说在使用过程中,如果芯片损坏,可以较方便地更换;引脚数大于 100 的必须使用其他封装形式,这些封装形式都属于表面贴装,一般需专门的设备才能焊在印制电路板上,如有损坏通常不能更换,且制作印制电路板也较难,所以在确定方案时应慎重,必要时可将一个系统分用数块芯片来实现。

3. 设计编译

设计编译主要是将设计输入的原理图、语言描述、网络表等项目文件转化为 PLD 开发软件内部的各种文件、适配、逻辑的综合、器件的装入、延时信息的提取等。

4. PLD 功能和时序仿真

功能仿真可以用来验证设计目的的逻辑功能是否正确。时序仿真是将编译产生的延时信息加入设计中,进行布局布线后的仿真,是与实际器件工作时情况基本相同的仿真。

5. PLD 编程

PLD 编程是指将器件插在系统目标板上,由编程软件通过下载电缆直接对器件进行编程的方法,又称为“烧写”或“烧录”。

6. PLD 的硬件仿真调试

硬件仿真调试的目的是检查编程的信息是否正确,可利用通用或专用仿真平台进行测试。如测试无误,即可将器件投入系统中进行试用。

7. 在线测试

在正式投入使用之前,还必须经过实际系统的试运行,即在线测试。若发现问题,应及时修正。经严格而苛刻的条件测试无误,即宣告设计完成。

1.3.2 以单片机为核心的电子系统的设计步骤

单片机的功能强大,为其设计和制造的外围专用芯片也成熟可靠,在工业自动控制、智能型家用电器中都有着广泛的应用,在涉及智能控制方面的电子系统设计中,应是首要的选择。其设计步骤大致如下所述:

1. 确定任务并完成总体设计

(1) 确定系统功能指标, 编写设计任务书。

(2) 选择合适的单片机型号以及与之配套的开发系统和测试仪器, 进行硬件、软件的调试。

(3) 确定系统实现的硬件、软件子系统划分, 分别画出硬件子系统方框图与软件子系统的流程图。

2. 硬件、软件设计与调试

(1) 按模块进行硬件设计, 力求标准化、模块化, 要有高的可靠性和抗干扰能力。

(2) 按模块进行软件设计, 力求结构化、模块化、子程序化, 要有高的可靠性和抗干扰能力。

3. 系统总调、性能测定

将调试好的硬件、软件装配到系统样机中去, 进行整机总体联调。排除硬件、软件故障后, 进行系统的性能指标测试。

1.3.3 以模拟系统为核心的电子系统的设计步骤

目前, 智能型电子系统已经逐渐取代了普通的电子系统, 纯模拟系统几乎没有了。模拟系统只是常常作为子系统存在于电子系统中。如前所述的移动电话, 其音频的输入和输出、射频的发射与接收部分都是模拟子系统。我们不仿先将它视为一个系统来进行设计。其设计步骤大致如下:

(1) 分析任务, 比较方案, 确定总体方案。

(2) 将系统划分为若干相对独立的功能块, 画出系统的总体组成方框图。

(3) 以实现各功能的集成电路为中心, 通过选择和计算完成各个功能单元外接电路与元件的配置。

(4) 核算单元之间的耦合及调配电路, 以得到一个比较切合实际的系统整体电路原理图。

(5) 根据第(3)、(4)步的结果, 重新核算系统的主要指标, 检查是否满足要求且留有一定余地。

(6) 画出系统元器件布置图和印制电路板的布线图, 并考虑其测试方案, 设置相关的测试点。

第二章 电子设计自动化

软件的特点及应用

2.1 电子系统设计软件概述

2.1.1 电子系统设计软件的种类及其各自特点

计算机技术的进步推动了电子设计自动化 (Electronic Design Automation, EDA) 技术的普及和发展, EDA 工具层出不穷, 目前我国具有广泛影响的 EDA 软件有 Pspice、OrCad、Multisim、Protel、ispDesign Expext 等。

Pspice 是美国 MicroSim 公司于 20 世纪 80 年代开发的电路模拟分析软件, 可以进行模拟分析、模拟数字混合分析、参数优化等。该公司还开发了 PCB、CPLD 的设计软件, 该软件现已并入 OrCad。

OrCad 是一个大型的电子线路 EDA 软件包。OrCad 公司的产品包括原理图设计、PCB 设计、PLD Tools 等设计软件工具。OrCad 公司被 Cadence 公司收购后, 其产品功能更加强大。

Multisim 是 Electrical Workbench (EWB) 的升级版本。EWB 是加拿大 Interactive Image Technologies 公司于 20 世纪 80 年代末、90 年代初推出的专门用于电子线路仿真的“虚拟电子工作台”软件, 可以将不同类型的电路组合成混合电路进行仿真。它不仅可以完成电路的瞬态分析和稳态分析、时域和频域分析、器件的线性和非线性分析、电路的噪声分析和失真分析等常规的电路分析, 而且还提供了离散傅里叶分析、电路零极点分析、交直流灵敏度分析和电路容差分析等共计 14 种电路分析方法, 并具有故障模拟和数据储存等功能。其升级版本 Multisim 2001 和 Multisim 2003 除具备上述功能外, 还支持 VHDL 和 Verilog HDL 文本的输入。

Protel 软件包是 20 世纪 90 年代初由澳大利亚 Protel Technology 公司研制开发的电路 EDA 软件, 在我国电子行业中知名度很高, 普及程度较广。Protel 98 是应用于 Windows 95/98 环境下的软件系统, 由四个部件组成: 印制电路板设计系统 Advanced PCB 98、可编程逻辑器件 (PLD) 设计系统 Advanced PLD 98、电路仿真系统 Advanced SIM 98 以及自动布线系统 Advanced Route 98。它可以完成电路原理图的设计和绘制、电路仿真、印制电路板设计、可编程逻辑器件设计和自动布线等。在 Protel 98 的基础上, Protel 经历了 Protel 99、Protel 99 SE、Protel DXP 的发展过程, 功能也越来越完善, 并且可应用于 Windows 2000/XP/NT 等多种操作软件环境。

除此之外, 专门用于开发 FPGA 和 CPLD 的 EDA 工具也很多, 它们的功能大致可

以分为五个模块：设计输入编辑器、仿真器、HDL 综合器、适配器（或布局布线器）、下载器。

(1) 设计输入编辑器：可以接受不同的设计输入方式，如原理图输入方式、状态图输入方式、波形图输入方式以及 HDL 文本输入方式。各 PLD 厂商一般都有自己的设计输入编辑器，如 Xilinx 公司的 Foundation、Altera 公司的 MAX+plus II 等。

(2) 仿真器：基于 HDL 的仿真器应用广泛。数字系统的设计中，行为模型的表达、电子系统的建模、逻辑电路的验证以及门级系统的测试，都离不开仿真器的模拟检测。按处理的硬件描述语言，仿真器可分为 VHDL 仿真器、Verilog 仿真器等；按仿真的电路描述级别的不同，HDL 仿真器可以独立或综合完成系统级仿真、行为级仿真、RTL 级仿真和门级时序仿真。

各 EDA 厂商都提供基于 VHDL/Verilog 的仿真器，如 Mentor 公司的 ModelSim，Cadence 公司的 Verilog-XL、NC-Verilog，Synopsys 公司的 VCS，Aldec 公司的 AHDL 等。

(3) HDL 综合器：可以把 VHDL/Verilog HDL 描述的系统落实成硬件电路，这样使硬件描述语言不仅适用于电路逻辑的建模和仿真，还可以直接用于电路的设计。目前常用的 FPGA/CPLD 设计的 HDL 综合器为：

① Synopsys 公司的 FPGA Compiler、FPGA Express。

② Synplicity 公司的 Synplify pro 综合器。

③ Mentor 子公司 Exemplar Logic 的 Leonardo Spectrum 综合器。

综合器综合电路时，首先对 VHDL/Verilog 进行分析处理，并将其转换成相应的电路结构或模块，这是一个通用电路原理图的形成过程，与硬件无关；然后才对实际实现的目标器件的结构进行优化，并使之满足各种约束条件、优化关键路径等。

综合器一般输出网表文件，如 EDIF (Electronic Design Interchange Format)。文件后缀是 .edf，或是直接用 VHDL/Verilog 语言表达的标准格式的网表文件，或是对应 FPGA 器件厂商的网表文件，如 Xilinx 公司的 XNF 网表文件。

(4) 适配器：又称为布局布线器，其任务是完成系统在器件上的布局布线。适配器输出的是厂商自己定义的下载文件，用于下载到器件中，以实现设计。布局布线通常由 PLD 厂商提供的专门针对器件开发的软件来完成，这些软件可以嵌在 EDA 开发环境中，也可以是专用的适配器。例如 Lattice 公司的 ispExpert、Altera 公司的 MAX+plus II 和 Quartus II、Xilinx 公司的 Foundation 和 ISE 中都有各自的适配器。

(5) 下载器：又称为编程器，它把设计下载到对应的实际器件中，实现硬件设计。一般 PLD 厂商都提供专门针对器件的下载或编程软件。

2.1.2 硬件描述语言简介

数字系统的设计输入方式有多种，通常是由线信号和表示基本设计单元的符号连在一起组成线路图，符号取自器件库，符号通过信号（或网线）连接在一起，信号使符号互连，这样设计的系统所形成的设计文件是若干张电路原理结构图，在图中详细