



【高校电工电子实验系列教材】

电子综合设计 ■ 实验教程

元红妍 张鑫 主编

DIANZIZONGHE
SHEJISHIYAN
JIAOCHENG



山东大学出版社
Shandong University Press

高校电工电子实验系列教材

电子综合设计实验教程

元红妍 张鑫 主编

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子综合设计实验教程/元红妍,张鑫主编. — 济南:山东大学出版社,2005.7
ISBN 7-5607-3027-2

I.电...

II.①元...②张...

III.电子技术-实验-高等学校-教材

IV.TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 083722 号

山东大学出版社出版发行
(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)
山东省新华书店经销
山东农业大学印刷厂印刷
787 × 1092 毫米 1/16 13.75 印张 313 千字
2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷
定价:20.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

山东省高等学校基础课实验教材编写指导委员会

主任委员 马庆水

副主任委员 宋承祥 周新利 陈国前

委员 (以姓氏笔画为序)

王正林	王 波	朱德中	刘传宝	刘智军
杜守旭	李明弟	张奎平	郑兆聚	杨玉强
赵景胜	柳中海	顾灵光	徐京明	郭仲聚
梁立刚	綦明正	魏鲁真		

电工电子系列实验教材编委会

主任 綦明正

副主任 徐淑华

委员 (以姓氏笔画为序)

王汝霖	王春兴	王祖强	王 涛
公茂发	李纲民	张 民	

总 序

为了进一步加强我省高等学校实验教学和实验教学条件建设,更好地为深化高等教育改革和全面实施素质教育服务,根据教育部《新世纪高等教育教学改革工程》(教高[2001]1号),山东省教育厅于2004年颁布了《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》。这是进一步优化高等学校资源配置、提高办学效益、深化实验室管理体制改革的,培养学生动手操作能力、实践能力和创新能力的重要举措,对于促进高等学校教学资源共享、强化办学特色、加快学校发展,具有重要作用。

实验教材建设是基础课实验教学示范中心建设的关键任务之一。为了切实把这项工作做好,山东省教育厅成立了“山东省高等学校基础课实验教材编写指导委员会”,对新体系、立体化实验教材的编写思路、编写方式进行了认真研究。在此基础上,山东省教育厅组织有关高校长期从事实验教学的教师、专家,组成了物理、化学、生物、电工电子、机械、力学等六个门类新体系立体化实验教材编写组。各编写组根据《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》和“厚基础、宽口径、大综合”的要求,按照系列文本教材、配套教学课件、网络课程等三大部分的编写框架,群策群力,集思广益,开展了卓有成效的工作。

新体系立体化实验教材,是我省首次统编实验教材,对于基础课实验教学示范中心建设具有开创性意义。通过在全省高校统一实验教材,力求突破传统的实验教学模式,建立以基础型实验、综合设计型实验、创新型实验为主,形成开放、自主、探究性学习的实验教学新模式和分层次、一体化的实验教学新体系。

本套新体系立体化实验教材的编写力求突出时代性、先进性、适用性和通用性,力求做到科学规范。但是,由于水平所限,难免有疏漏和不足之处,请各高校在使用过程中提出修改意见,不断提高我省统编实验教材的质量和水平,为促进高等教育改革和素质教育的实施作出更大的贡献。

山东省高等学校基础课实验教材
编写指导委员会

内容简介

本书是山东省高等学校电工电子实验新体系立体化系列教材之一。其内容以课题设计为重点,内容新颖丰富,是“数字电子技术”、“模拟电子技术”、“单片机原理及应用”课程的后续实验教材,可作为相关课程的课程设计教材,也可作为参加电子设计大赛及毕业设计的参考书,还可供从事电子技术的工程技术人员及广大电子技术爱好者参考。

本书是培养学生工程实践能力、实际动手能力、自我学习能力和接受不断涌现的新技术和新方法的能力、创新能力以及开展大学生课外科技活动的实践性教材。全书共分六章,包括电子设计的一般方法与步骤,数字电路、模拟电路、单片机应用系统的设计方法与实例,电子设计课题及全国大学生电子设计大赛题目与典型题解析。

编写说明

电工电子系列课程是高等学校理、工、医、师类各专业很重要的专业基础课,是实践性很强的课程。该系列课程涉及电工电子学科的各个领域,是学习专业知识的重要基础。

培养具有厚基础、宽口径、强能力、高素质的创造型人才,培养大学生的实际工程能力,在很大程度上是通过实验课程来实现的。在高等教育改革和培养人才的整个过程中,“实践”占据极为重要的地位。经过几年的努力,电工电子系列课程理论课教学改革的教材建设有了很大的进展,但因受到诸多因素的制约,实验改革和实验教材的建设相对滞后。大部分学校没有比较系统的、完整的实验教材,提供给学生的仅是一本很简单的实验讲义或实验指导书。学生只要按照讲义规定的步骤去做,不需要多动脑子,便可完成实验,因此收效较少,一定程度上扼制了广大学生的创造性和个性的发挥。之所以长期维持这种状况,是因为存在错觉和误区,即认为离开实验室现有的具体仪器和实验板无法编写实验教材,而各实验室的仪器和实验板又不尽相同,即使写出来也无法通用。在教育部《新世纪高等教育教学改革工程》和山东省教育厅《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》颁布的推动下,我们以极大的热情尝试着编写这套实验教材,希望该教材的出版有助于实验教学的改革和进步。

对应用性极强的电工电子系列课程,实验体系的改革尤为重要。但多年来在我国传统的电工电子系列课程的实验教学中,多以验证性实验为主,且实验学时与理论教学的学时比例很低。当前,随着教育改革的深入,“高等教育需要从以单纯的知识传授为中心,转向以创新能力培养为中心”,为此,在彻底转变教育培养观念的同时,对电工电子系列实验课程的教学体系、教学内容和教学模式的改革也势在必行。山东省高等学校电工电子实验新体系立体化系列教材的陆续出版发行就是为适应这种教学改革而编写的。电工电子实验新体系立体化系列教材由《电工电子技术实验教程》、《电工电子工艺实习实验教程》、《电路基础实验教程》、《电子技术实验教程》、《电子设计自动化实验教程》、《电子综合设计实验教程》、《微机技术实验教程》、《虚拟仪器实验教程》八

个分册组成,由系列文本教材以及与之配套的教学课件、网络教程三大部分构成。它是在山东省高等学校基础课新体系立体化系列实验教材编写指导委员会的指导下,由青岛大学、山东大学、中国海洋大学、山东师范大学、山东科技大学、烟台大学、山东建筑工程学院、青岛理工大学等高校多年从事电工电子课程实验教学的教师,结合各高校多年积累的教学经验,参考国内外电工电子实验教材及相关论著共同编写而成。

系列文本教材是根据“高等学校基础课实验教学示范中心建设标准”和“厚基础、宽专业、大综合”教育理念的要求编写而成的。突破传统的实验教学体系,建立以基础实验、综合设计实验、提高创新实验和开放自主性学习、研究性学习模式、分层次一体化的实验课程新体系;突出时代性、先进性、适用性和通用性;更加科学化和规范化。

山东省高等学校电工电子实验新体系
立体化系列教材编写委员会

前 言

为了进一步加强高等学校实验教学改革和全面实施素质教育,根据教育部《新世纪高等教育教学改革工程》和山东省教育厅《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》的精神,我们在总结多年实验教学经验和工程技术经验的基础上,编写了《电子综合设计实验教程》教材。本教材是电子信息类、自动化类、通信类、计算机类专业的实验教材,具有实用性、工程性、全面性和教学化等特点。

作为实验教材和参考书,我们在编写过程中,力求做到基本概念、基本理论论述严谨,既有一般性的论述,又有具体方面的应用;既介绍了电子设计的一般方法和步骤,又从数字电路、模拟电路、单片机应用系统三个方面介绍了电子设计的具体方法及实例,有许多实例是结合作者多年的应用实践经验编写的。在内容安排上,注重方法,深入浅出,循序渐进,不仅授人以“鱼”,更着重授人以“渔”,启发学生多向思维和培养综合能力。注重电子设计方法从传统到现代的演变,将传统电子设计方法与现代电子设计方法相结合;介绍了计算机仿真、EDA 工具及可编程逻辑器件的应用,并在第五章中给出了相应的实例。在具体设计课题的介绍中,重点给学生设计方法和思维方法;对于具体的硬件和软件设计,给学生留有足够的空间去开发,旨在启发学生的设计思路,培养学生的工程实践能力、实际动手能力、自我学习能力和接受不断涌现的新技术和新方法的能力;培养学生提出问题、分析问题、解决问题的能力,培养学生工程意识;充分发挥学生个体的主观能动性,激发学生的学习欲望,强调启发性,培养学生的创新能力和开拓精神。

鉴于全国电子设计大赛、山东省电子设计大赛已成为电类师生的一项常规任务,而且历届电子设计大赛题目也是电子设计的提高题。本书在第六章给出了历届电子设计大赛题目,并给出了典型题解析。希望能起到抛砖引玉的作用,引导学生针对具体的设计指标制定合理的设计方案,并进行实际电路的设计、调试、装机。

本书由元红妍、张鑫主编,副主编为(按姓氏笔划排序):王春兴、王汝霖、刘丹、杨文清、胡国四、段晨旭、徐莉苹、韩林。

本书在编写的过程中得到了青岛大学慕明正、徐淑华教授的支持和帮助,得到了各参编学校的领导和同行的支持和帮助,在此一并表示感谢。向所有在本书中被引用资料的作者特别是全国电子设计竞赛作品中的作者深致谢意。

由于水平有限,加之时间仓促,书中不妥之处与错误在所难免,恳请读者与同行批评指正。

编 者

2005 年 3 月

目 录

第 1 章 电子综合设计基础知识	(1)
1.1 电子综合设计的目的和要求	(1)
1.2 电子综合设计的一般方法和步骤	(1)
1.3 EDA 基本设计方法	(11)
1.4 电路仿真软件简介	(14)
第 2 章 数字电路系统设计	(19)
2.1 概 述	(19)
2.2 数字电路系统的设计步骤	(20)
2.3 设计举例	(24)
第 3 章 模拟电路设计	(32)
3.1 概 述	(32)
3.2 实用单元电路的设计	(32)
3.3 设计举例	(50)
第 4 章 单片机应用系统设计	(53)
4.1 概 述	(53)
4.2 单片机应用系统的设计方法	(54)
4.3 设计举例	(65)
第 5 章 电子系统设计课题	(76)
5.1 计数译码显示电路的设计	(76)
5.2 医院住院病人呼叫器的设计	(77)
5.3 青少年视力保护器的设计	(79)
5.4 数字转速仪电路的设计	(81)
5.5 智力竞赛抢答器的设计	(83)
5.6 秒表设计	(86)
5.7 简易电子琴电路的设计	(88)

5.8	16×16 点阵汉字显示设计	(89)
5.9	键盘扫描电路设计	(90)
5.10	超声波驱虫器的设计	(91)
5.11	多路防盗报警电路的设计	(93)
5.12	无线数据收发电路的设计	(94)
5.13	全自动交流稳压器的设计	(97)
5.14	彩色音乐电路的设计	(99)
5.15	遥控调光开关电路的设计	(101)
5.16	测量电容电路的设计	(103)
5.17	温度控制器的设计	(105)
5.18	换气扇控制电路的设计	(107)
5.19	超声波测距仪的设计	(109)
5.20	交通信号灯实时控制系统的设计	(111)
5.21	自行车里程表的设计	(114)
5.22	自动往返电动车的设计	(117)
5.23	简易霓虹灯控制器的设计	(121)
5.24	简易 IC 卡收费器的设计	(125)
5.25	万年历的设计	(129)
5.26	消毒柜控制器的设计	(132)
5.27	简易函数发生器的设计	(134)
5.28	红外线遥控器的设计	(137)
 第 6 章 电子设计竞赛		(140)
6.1	第一届(1994 年)全国大学生电子设计竞赛题目	(140)
6.2	第二届全国大学生(1995 年)电子设计竞赛题目	(142)
6.3	第三届全国大学生(1997 年)电子设计竞赛题目	(147)
6.4	第四届全国大学生电子(1999 年)设计竞赛题目	(151)
6.5	第五届(2001 年)全国大学生电子设计竞赛题目	(158)
6.6	第六届全国大学生(2003 年)电子设计竞赛题目	(167)
6.7	电子设计竞赛典型题解析	(177)
 附录 常用集成电路引脚图		(198)
 主要参考文献		(206)

第1章 电子综合设计基础知识

本章介绍了电子综合设计所涉及到的主要基础知识,包括设计原理与方法,安装与调试及注意事项等,要求学生通过本章的学习,掌握电子综合设计的方法,为设计小型系统打下坚实的基础。

1.1 电子综合设计的目的和要求

电子综合设计是学生在修完电子类课程后的一次综合性实习,是对已学课程的复习与总结,在前导课程实验的基础上,进行更高层次的命题实验;是由学生自行设计、自行制作和自行调试的综合性实验。通过综合设计,能够激发学生的创造性思维,提高学生的创新能力,加强理论与实践相结合,引导学生从工程角度思考问题,利用已学的各种知识解决工程实际问题。

通过电子综合设计,学生应达到如下基本要求:

- (1)综合运用电路、电子技术、单片机等课程中所学到的理论知识去独立完成一个设计课题。
- (2)通过查阅有关手册和文献资料,培养学生利用文献和资料的能力。
- (3)熟悉常用电子仪器的正确使用方法,掌握应用各种常用电子仪器分析和调试电路的方法。
- (4)熟悉常用电子器件的类型、特点及使用方法,掌握常用电子器件选型的一般原则,掌握电子电路设计的一般方法和技巧。
- (5)掌握电子电路的布局、焊接、安装、调试等技能。
- (6)学会撰写设计总结报告、论文。
- (7)了解科研的基本程序,培养严肃认真的工作作风和严谨的科学态度,培养学生独立分析问题和解决问题的能力,培养学生工程意识,为今后的实际工作打下坚实的基础。

1.2 电子综合设计的一般方法和步骤

电子综合设计是在掌握电路理论、电子技术理论、单片机原理的基础上,根据电子系统设计指标的要求,设计出满足性能技术指标要求的具有较高的可靠性、稳定性、安全性、抗干扰性的实际电路,并要求电路具有所用元器件少、电路简单、体积小、成本低、功耗低、便于生产、测试和维护等特点。它不仅涉及一般电路的设计方法(拟定性能指标、预设计、实验、修改等),还要遇到工程估算、安装制作、电路调试、故障诊断等实践性的技能问题。

由于电子电路种类繁多,千差万别,要求不同,因此设计方法和步骤也因情况不同而不同,有时甚至会出现反复,在设计时设计者应根据实际情况灵活掌握。随着集成电路、电子设计自动化(EDA)、虚拟仪器、嵌入式系统等技术的迅速发展,各种专用功能的新型器件的大量涌现,使电路设计工作发生了巨大的变革,原始的分立元件电路的设计方法已渐渐被集成元件所替代,原始的电子电路设计方法已逐步被电子设计自动化、嵌入式设计方法所替代。所以,要求设计者应熟悉常用集成电路的性能、指标,合理地优选集成器件,合理地进行布局连接实验,完成整体方案的系统设计。

一般地,电子电路的设计步骤如图 1.1 所示。

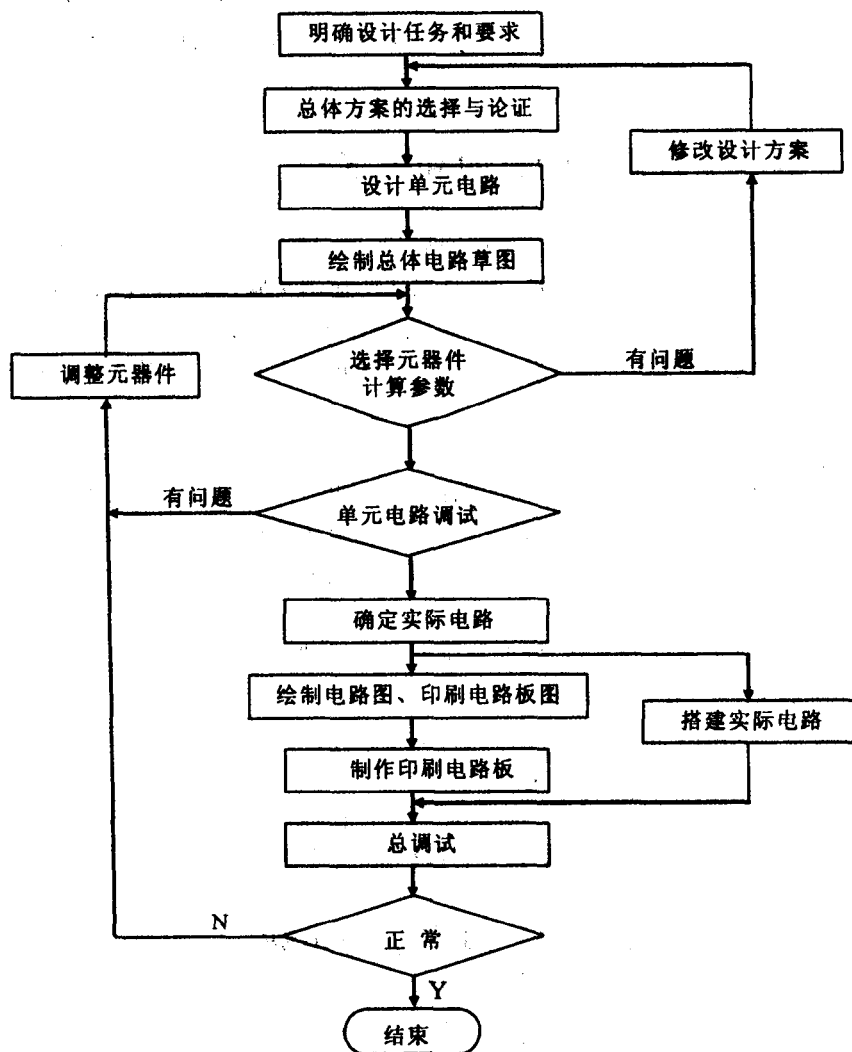


图 1.1 电子电路的设计步骤

下面对设计的各个部分作具体介绍。

1.2.1 总体方案的选择与论证

设计电路的第一步是总体方案的选择与论证。所谓总体方案的选择与论证就是根据设计任务、指标要求和给定条件,根据已掌握的知识和文献资料,分析所设计电路应完成的功能,应从全局出发,将总体功能合理地分解成若干个单元电路,分清主次和相互的关系,形成由若干个单元功能模块组成的总体方案。总体方案可以有多个,从中提出和选择一个令人满意的设计方案不是一件容易的事情,需要通过实际的调查研究,查阅有关的资料或集体讨论,着重从方案是否满足要求,结构是否简单,技术是否先进,可靠性、稳定性、安全性、抗干扰性,现有条件能否实现等方面,对几个方案进行比较论证,要敢于创新,敢于采用新技术,不断完善所提出的方案,最后确定一个最优的方案。

1.2.2 单元电路的设计与选择

任何复杂的电子电路,都是由若干具有简单功能的单元电路组成的,这些单元电路的性能指标往往比较单一。在明确每个单元电路的技术指标后,要对各个单元电路可能的组成形式进行分析、比较,要分清楚单元电路的工作原理,设计出各单元电路的结构形式。单元电路的形式一旦被确定之后,就可选择元器件,尽量采用学过的或熟悉的单元电路,也要善于通过查阅资料,分析研究一些新型电路,开发利用新型器件。

各单元电路之间要注意其外部条件、元器件使用、连接关系等方面的配合,尽可能减少元器件的数量、类型、电平转换和接口电路,并考虑到能使各单元电路采用统一的供电电源,以保证电路最简单,工作可靠,经济实用。各单元电路拟定后,应全面地进行检查,看看每个单元各自的功能是否能实现,信息是否能畅通,总体功能是否满足要求,如果存在问题必须及时作出调整。

具体设计时,可以选用成熟的先进电路,亦可在与设计要求较接近的电路基础上进行适当改进或进行创造性设计。

1.2.3 元器件的选择与计算

元器件的品种规格十分繁多,性能、价格和体积各异,而且新产品不断涌现。这就需要我们经常关心元器件的信息和新动向,多查阅器件手册和有关的科技资料,尤其熟悉一些常用的元器件型号、性能和价格,这对单元电路和总体电路设计极为有利。

选择元器件应从“需要什么”和“有什么”两方面来考虑。所谓“需要什么”是指根据具体问题的要求所选择的方案,需要什么样的元器件,即每个元器件各应具备哪些功能和什么样的性能指标才能满足单元电路对元器件性能指标的要求。所谓“有什么”是指有哪些元器件,哪些市场上能买得到,它们的性能、价格、体积等方面是否满足要求。

应该指出的是,元器件的选择,不仅在单元电路设计中十分重要,而且在总体方案设计中选择中,也是常常要考虑的问题。

1.2.3.1 一般优先选择集成电路

随着微电子技术的飞速发展,各种集成电路的大量涌现,集成电路的应用越来越广

泛。由于集成电路具有能减少电子设备的体积和成本、提高可靠性、安装调试简单、维护方便、大大简化电子电路的设计等特点,一般电子电路设计时优先选择集成电路。优先选用集成电路并不等于什么场合都一定要用集成电路,在某些特殊情况,如:在高频、宽频、高电压、大电流等场合,集成电路往往不能适应,有时仍需采用分立元件。另外,一些功能十分简单的电路,往往仅需一只三极管或一只二极管就能解决问题,就不必选用集成电路。在设计时,如果必要,可设计集成、分立元件两种电路,进行比较后取优。

1.2.3.2 集成电路的选择

集成电路的种类繁多,如数字集成电路中有双极型的 TTL, ECL 和 I^2L , 单极型的 CMOS, NMOS 和动态 MOS 等,每个系列又有军品与民品之分,并以通用系列代号 54 和 74 分别表示军品与民品(军品的性能优于民品)。在如此繁多的数字集成电路中,常用的是 74 系列低功耗肖特基 TTL(74LS 系列)和 CMOS(4000 系列)电路。

集成电路的选用原则是在满足性能的前提下,考虑功耗、电压、温度、价格、封装形式等其他方面的要求,不要盲目追求高性能指标,只要满足设计要求即可。因为有些性能指标是相互矛盾的(如低功耗往往速度慢),而且高性能指标是以牺牲人力、物力、财力为代价的,且货源困难。集成电路还有各种封装形式,如塑封、陶瓷封装、双列直插、圆形、贴片等,应按设计要求来选择。

1.2.3.3 分立元器件的选择

(1)电阻和电容的选择。正确选择电阻和电容是很重要的,不同的电路对电阻和电容的性能要求不同。设计时要根据电路的要求选择性能和参数合适的阻容元件,并且要注意功耗、容量、频率、耐压范围等方面是否满足要求。如:电阻的选择一般应选择标称阻值系列,此类电阻价格低、货源充足,所选择电阻的额定功率一般大于实际承受功率的两倍。

(2)二极管、三极管、场效应管和晶闸管等的选择。选择器件的种类不同,注意事项也不同。例如三极管,在选用时应考虑是 NPN 管还是 PNP 管,是大功率管还是小功率管,是高频管还是低频管,并要注意管子的电流放大倍数、击穿电压、特征频率、静态功耗等方面是否满足设计要求。

1.2.3.4 元器件的参数计算

单元电路的结构、形式确定之后,需要对影响性能指标的元器件的参数进行计算。这种计算有的需要根据电路理论公式进行,有的按工程估算方法估算,有的可用典型电路参数或经验数据,选用的元器件参数值最终都必须采用标称值。计算电路参数时应注意以下问题:

(1)各元器件的工作电压、工作电流、频率、功耗应在允许的范围内,并留有适当的余量,以保证电路在规定的条件下正常工作,达到所要求的性能指标。

(2)对于环境温度、湿度、交流电网电压等工作条件,计算参数时应按最不利的情况考虑。

(3)设计元器件极限参数时,必须留有足够的余量,一般按 1.5 倍左右考虑。

(4)在保证电路性能指标的前提下,应尽可能降低成本,减少元器件的品种、功耗和体积,并有利于安装。

1.2.3.5 单元电路之间的级联设计

各单元电路确定以后,还要认真仔细地考虑它们之间的级联问题,如电气特征的相互匹配(阻抗匹配、线性范围匹配、负载能力匹配、高低电平匹配等)、信号耦合方式(直接耦合、阻容耦合、变压器耦合、光电耦合等)、时序配合以及相互干扰等问题,否则,将会导致单元电路和总体电路的稳定性和可靠性被破坏,使电路不能正常工作。

1.2.4 总体电路图的绘制

单元电路和它们之间连接关系确定后,就可以进行总体电路图的绘制。总体电路图是电子电路设计的结晶,是重要的设计文件,它不仅是电路安装和电路板制作等工艺设计的主要依据,而且是电路实验和维护时不可缺少的文件。总体电路涉及的方面和问题很多,很难一次就把它画出来而不存在任何问题,因为它尚未通过实验调试的检验,所以不能算是正式的总体电路图,而只能是一个总体电路草图。

对画出的总体电路图的要求是,能清晰工整地反映出电路的组成、工作原理、各部分之间的关系以及各种信号的流向,器件的参数要标注清晰,图纸的布局、图形符号、文字标准等应规范统一。绘制总体电路图时应注意以下几点:

(1)合理布局,注意信号的流向。通常是从输入端或信号源画起,从左至右或从上到下按信号的流向依次画出各单元电路。如果在一个横排画不下,可另辟一排,但为保持两排之间信号流的连续,须在上一排最右一个单元的输出端与下一排最左一个单元的输入端标上同样的标识符,而不必用信号线把两者直接连起来。一般不要把电路画成很长的窄条,必要时可按信号流向的主通道依次把各单元电路排成类似字母“U”的形状,它的开口可以朝左,也可以朝向其他方向。

(2)尽量把总电路图画在同一张图上,如果电路比较复杂,一张图画不下,应把主信号流上的单元(主电路)画在同一张图上,非主信号流上的单元电路(如直流稳压电源、时钟电路、报警、显示电路等其他辅助电路)可画在另一张或几张纸上;但必须清楚标明这些单元信号的来源和去向。

(3)电路图中各元器件必须采用国家标准规定的符号。中大规模集成电路,通常用方框图表示,在框中标出它的型号,框的边线两侧标出每根连线的功能名称及端子号,多余端子应作适当处理,各元器件的数值应标记在相应元件附近的适当位置。电路图中所有的连线都要表示清楚,各元器件之间的绝大多数连线应在图上直接画出。连线通常画成水平线或竖直线,一般不画斜线。连线应尽量短。互相连通的交叉线,应在交叉处用圆点标出。电源一般只标出电源电压的数值(如+5V, +12V, -12V等)。

(4)总体电路图的安排要紧凑、协调、疏密恰当,避免出现有的地方很密,有的地方却空出一大块。做到布局合理,排列均匀,图面清晰明了,美观协调,使全图便于阅读和理解。

(5)总体电路图不是实际接线图,也不是各元器件和连线的实际位置,电路所用的接插件一般也不画出。

以上只是画总体电路图的一般画法,实际情况千差万别,应根据具体情况灵活掌握。