

电类实验与实践系列教材



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

电子实验与实践

付家才 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内 容 提 要

本书从实验、实践教学角度出发,介绍了电子电路设计方法、模拟和数字电子实验,以电子工程实践为主线,突出电子工艺要领和操作技能,强调理论与实验相结合。

本书总结多年教学和实践经验,内容深入浅出,图文并茂,实用性强。

本书既适用于本科院校有关专业学生的实验、实践技能培训,又可作为相关工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子实验与实践 / 付家才主编. —北京: 高等教育出版社, 2004.7 (2005 重印)

ISBN 7-04-014554-5

I. 电... II. 付... 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 (2004) 第 016244 号

策划编辑	李 慧	责任编辑	刘素馨	封面设计	李卫青
版式设计	史新薇	责任校对	杨雪莲	责任印制	陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 涿州市星河印刷有限公司

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

开 本 787×960 1/16
印 张 26
字 数 480 000

版 次 2004 年 7 月第 1 版
印 次 2005 年 1 月第 2 次印刷
定 价 32.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号: 14554-00

前 言

根据教育部本科应用型人才培养目标的精神,为满足本科电类相关专业实验、实习和工程实践能力培养的需要,我们组织编写了一套电气方面实验与实践系列教材,涵盖电工、电子、电机、电气控制、PLC、单片机等内容。

本套教材立足于本科应用型人才培养目标,适应社会发展需要,提高学生工程实践能力。本套教材既注意到实验方法和过程的介绍,同时对工业设计和过程也作了具体介绍,作为通向现场的一座桥梁。本套教材有《电机实验与实践》、《电子实验与实践》、《电工实验与实践》、《电气控制实验与实践》、《单片机实验与实践》、《PLC 实验与实践》等 6 本书。

《电子实验与实践》在编写上充分考虑了模拟电子技术、数字电子技术等理论课的特点,在内容上自成体系,突出实验与实践的结合、验证性实验与设计型实验的结合、虚拟实验与操作实验结合的教学方法。本书侧重于实验方法和实践技能,强调实践过程对技能和工艺性的培养要求。内容涵盖面广,有一定深度,各校在使用时可根据具体条件对内容进行取舍。全书共分为 7 章,第 1 章介绍电子电路设计方法,第 2 章介绍虚拟电子设计,第 3 章介绍模拟电子电路实验,第 4 章介绍数字电子电路实验,第 5 章介绍电子工艺,第 6 章介绍电子电路应用实例,第 7 章介绍电子电路设计制作题选。

本书由付家才教授主编,郭明良、赵振民任副主编,第 1 章、第 6 章由郭明良编写,第 2 章由赵振民编写,第 3 章、第 4 章由宋婀娜编写,第 5 章由徐益民编写,第 7 章由付家才编写,全书由付家才策划和统稿。

本书由哈尔滨工业大学王立欣教授主审,在审阅过程中提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2003 年 12 月

目 录

第 1 章 电子电路设计方法	1
1.1 模拟电子电路设计	1
1.1.1 总体方案的设计与选择	1
1.1.2 单元电路的设计与选择	2
1.1.3 元器件的选择与参数计算	3
1.1.4 总体电路图设计	6
1.1.5 电子电路的安装与调试	7
1.1.6 设计报告的撰写	11
1.1.7 干扰及抑制	12
1.2 数字电路设计	15
1.2.1 常用组合逻辑电路的设计	15
1.2.2 时序逻辑电路的设计	17
1.3 设计实例	18
1.3.1 脉搏计设计	18
1.3.2 售饮料机电路设计	25
本章小结	27
思考题与习题	27
第 2 章 虚拟电子设计	29
2.1 EWB(Electronics Workbench)的操作方法	29
2.1.1 EWB 系统要求及安装	29
2.1.2 EWB 的基本界面	30
2.1.3 EWB 的基本操作	59
2.1.4 晶体管放大器设计	61
2.2 EWB 的电路分析	65
2.2.1 仿真参数设置	66
2.2.2 直流工作点分析(DC Operating Point)	71
2.2.3 交流频率分析(AC Frequency)	72
2.2.4 瞬态分析(Transient)	73
2.2.5 傅里叶分析(Fourier)	75
2.2.6 噪声分析(Noise)	76

2.2.7 失真分析 (Distortion)	77
2.2.8 参数扫描分析 (Parameter Sweep)	79
2.2.9 温度扫描分析 (Temperature Sweep)	80
2.2.10 零极点分析 (Pole - Zero)	81
2.2.11 传输函数分析 (Transfer Function)	82
2.2.12 灵敏度分析 (Sensitivity)	83
2.2.13 最坏情况分析 (Worst Case)	85
2.2.14 蒙特卡罗分析 (Monte Carlo)	86
2.3 EWB 的电路设计	87
2.3.1 微分器电路	87
2.3.2 积分器电路	88
2.3.3 差分放大电路	89
2.3.4 单级共射放大电路	91
2.3.5 数字全加器	92
本章小结	94
思考题与习题	94

第3章 模拟电子电路实验

3.1 验证性实验	97
3.1.1 常用电子仪器的使用	97
3.1.2 晶体管共射极单管放大器	101
3.1.3 场效应管放大器	108
3.1.4 负反馈放大器	111
3.1.5 差分放大电路	114
3.1.6 集成运算放大器指标测试	118
3.1.7 模拟运算电路	124
3.1.8 波形发生器	129
3.1.9 OTL 功率放大器	133
3.1.10 集成功率放大器	136
3.1.11 串联型晶体管稳压电源	140
3.1.12 LC 正弦波振荡器	144
3.2 设计型实验	146
3.2.1 晶体管放大器设计	146
3.2.2 场效应管放大器设计	152
3.2.3 差分放大器设计	156
3.2.4 RC 有源滤波器设计	160
3.3 仿真实验	167
3.3.1 乙类推挽功率放大电路	167

3.3.2 差分放大电路	169
3.3.3 有源滤波器	170
3.3.4 场效应管与晶体管组合放大电路	172
3.3.5 多波形函数发生器	173
3.3.6 晶体管串联稳压电路	175
本章小结	177
思考题与习题	177

第4章 数字电路实验	181
4.1 验证型实验	181
4.1.1 TTL 集成逻辑门的参数测试	181
4.1.2 CMOS 集成逻辑门的参数测试	185
4.1.3 TTL 集电极开路门与三态输出门的应用	189
4.1.4 加法器	192
4.1.5 数据选择器	195
4.1.6 触发器	197
4.1.7 移位寄存器	201
4.1.8 D/A、A/D 转换器	203
4.2 设计型实验	208
4.2.1 SSI 组合逻辑电路的设计与测试	208
4.2.2 集成定时器及应用	212
4.2.3 计数器及应用	216
4.2.4 移位寄存器及应用	222
4.2.5 数字钟	228
4.2.6 电子锁	233
4.2.7 自动售票机	234
4.2.8 8 路彩灯显示电路	235
4.3 仿真实验	236
4.3.1 3 人表决电路	236
4.3.2 组合逻辑电路的竞争和冒险	237
4.3.3 序列脉冲发生器	239
4.3.4 A/D 和 D/A 转换器	242
4.3.5 交通信号灯自动定时控制系统	248
本章小结	253
思考题与习题	254

第5章 电子工艺	255
5.1 印制电路板的设计	255
5.1.1 PCB 设计基础	255
5.1.2 PCB 的手工设计	260
5.1.3 CAD 设计 PCB	264
5.2 印制电路板的制作	267
5.2.1 PCB 制作的基本工艺流程	267
5.2.2 PCB 的生产过程	269
5.2.3 手工制板	269
5.3 锡焊工艺	272
5.3.1 锡焊工具与材料	272
5.3.2 锡焊工艺	275
5.3.3 手工锡焊技术	278
5.3.4 焊接实践	281
5.3.5 工业生产锡焊	285
5.4 表面安装技术	288
5.4.1 概述	288
5.4.2 表面安装元器件	288
5.4.3 表面安装的工艺流程	300
5.4.4 表面安装设备	302
本章小结	303
思考题与习题	304

第6章 电子电路应用实例	305
6.1 函数发生器	305
6.1.1 设计任务与要求	305
6.1.2 电路设计	305
6.1.3 电路安装与调试	310
6.2 集成稳压电源	310
6.2.1 设计任务与要求	310
6.2.2 电路设计	311
6.2.3 电路安装与调试	314
6.3 多路智力竞赛抢答器	315
6.3.1 设计任务与要求	315
6.3.2 电路设计	315
6.3.3 电路安装与调试	321
6.4 交通灯控制电路	321
6.4.1 设计任务与要求	321

6.4.2 电路设计	321
6.5 数字频率计	325
6.5.1 设计任务与要求	325
6.5.2 电路设计	325
6.5.3 电路调试	328
6.6 数字钟	328
6.6.1 设计任务与要求	328
6.6.2 电路设计	329
6.6.3 电路调试	333
6.7 数字相位差测量仪	334
6.7.1 设计任务与要求	334
6.7.2 电路设计	334
6.7.3 电路安装与调试	336
6.8 数字电压表	336
6.8.1 设计任务与要求	336
6.8.2 电路设计	336
6.8.3 电路安装与调试	339
本章小结	339
思考题与习题	340

第7章 电子电路设计制作题选	341
7.1 模拟电路题选	341
7.1.1 晶体管 β 值测量	341
7.1.2 多路防盗报警器	342
7.1.3 OCL功率放大器	342
7.1.4 V/F变换器	343
7.1.5 兆欧表	344
7.1.6 音乐彩灯控制器	345
7.1.7 波形发生器	345
7.1.8 扩音器	346
7.1.9 多功能直流电源	348
7.1.10 脉冲调宽型伺服放大器	349
7.1.11 双工对讲机	349
7.2 数字电路题选	350
7.2.1 路灯控制器	350
7.2.2 数字式电容表	351
7.2.3 直流电机的转速检测装置	352
7.2.4 数字电子秤	353

7.2.5 乒乓球比赛游戏机	355
7.2.6 洗衣机控制器	356
7.2.7 电子拔河游戏机	359
7.2.8 数字万用表	360
7.2.9 声控电子锁	362
7.2.10 数字温度计	363
7.3 实践训练题	365
7.3.1 直流电源类	365
7.3.2 波形产生及变换类	368
7.3.3 放大器类	371
7.3.4 测量电路类	375
7.3.5 光电电路类	380
7.3.6 控制电路类	383
7.3.7 实用电路类	386
本章小结	391
 附录 1	 392
 附录 2	 400
 参考文献	 405

第 1 章

电子电路设计方法

1.1 模拟电子电路设计

电子电路设计一般包括拟定性能指标、电路的预设计、实验和修改设计等环节。

衡量设计的标准:工作稳定可靠,能达到所要求的性能指标,并留有适当的余量;电路简单、成本低、功耗低;所采用元器件的品种少、体积小且货源充足;便于生产、测试和维修等。

电子电路设计一般步骤如图 1-1 所示。

由于电子电路种类繁多,千差万别,设计方法和步骤也因情况不同而有所差异,因而上述设计步骤需要交叉进行,有时甚至会出现多次反复。因此在设计时,应根据实际情况灵活掌握。

□ 1.1.1 总体方案的设计与选择

设计电路的第一步就是选择总体方案,所谓选择总体方案是根据设计任务、指标要求和给定的条件,分析所要设计电路应完成的功能,并将总体功能分解成若干单元,分清主次和相互的关系,形成若干单元功能模块组成的总体方案。该方案可以有多个,需要通过实际的调查研究,查阅有关的资料或集体讨论等方式,着重从方案能否满足要求、结构是否简单、实现是否经济可行等方面,对几个方案进行比较和论证,择优选取。对选用的方案,常用方框图的形式表示出来。

选择方案应注意的几个问题:

(1) 应当针对关系到电路全局的问题,开动脑筋,多提些不同的方案,深入

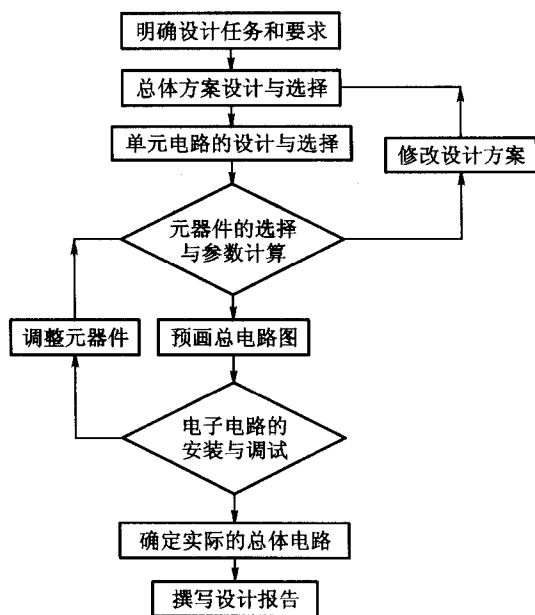


图 1-1 电子电路设计一般步骤

分析比较,有些关键部分,还要提出各种具体电路,根据设计要求进行分析比较,从而找出最优方案。

(2) 要考虑方案的可行性、性能、可靠性、成本、功耗和体积等实际问题。

(3) 选定一个满意的方案并非易事,在分析论证和设计过程中需要不断改进和完善,出现一些反复是在所难免的,但应尽量避免方案上的大反复,以免浪费时间和精力。

□ 1.1.2 单元电路的设计与选择

在确定了总体方案,画出详细框图之后,便可进行单元电路设计。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,要分析清楚单元电路的工作原理,设计出各单元的电路结构形式,尽量采用学过的或熟悉的单元电路,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,亦可在与设计要求相近的电路基础上进行适当改进或进行创造性设计。

设计单元电路的一般方法和步骤:

(1) 根据设计要求和已选定的总体方案的原理框图,确定对各单元电路的设计要求,必要时应详细拟定主要单元电路的性能指标。注意各单元电路之间的相互配合,但要尽量少用或不用电平转换之类的接口电路,以简化电路结构、

降低成本。

(2) 拟定出各单元电路的要求后应全面检查一遍,确实无误后方可按一定顺序分别设计各单元电路。

(3) 选择单元电路的结构形式。一般情况下,应查阅有关资料,以丰富知识,开阔眼界,从而找到适用的电路。当确实找不到性能指标完全满足要求的电路时,也可选用与设计的要求比较接近的电路,然后调整电路参数。

各单元电路之间要注意在外部条件、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,以保证电路最简单、工作最可靠、经济实用。各单元电路拟定后应全面地检查一次,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做出局部调整。

□ 1.1.3 元器件的选择与参数计算

(1) 元器件的选择

选择元器件只要能清楚“需要什么”和“有什么”,问题就好解决了。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有哪些功能和什么样的性能指标;所谓“有什么”是指有哪些元器件,哪些在市场上能买得到,它们的性能如何、价格如何、体积多大等。众所周知,电子元器件的种类繁多,而且不断出现新产品,这就需要用户经常关心元器件的新信息和动向,多查阅资料。

① 集成电路的选择

集成电路的广泛应用,不仅减少了电子设备的体积和成本,提高了可靠性,使安装调试和维修变得比较简单,而且大大简化了电子电路的设计。但是,并不是采用集成电路就一定比采用分立元器件好,有时功能相当简单的电路,只要用一只二极管或晶体管就能解决问题,若采用集成电路反而会使问题复杂化,而且增加成本。但在一般情况下,应优选集成电路,必要时可画出两种电路进行比较。

集成电路的种类繁多,选用方法一般是“先粗后细”,即先根据主体方案考虑应选用什么功能的集成电路,再进一步考虑它的具体性能,然后再根据价格等因素决定选用什么型号。选择的集成电路不仅要在功能和特性上实现设计方案,满足功耗、电压、温度、价格等多方面的要求,而且应考虑到封装方式。集成电路常见的封装方式有双列直插式、扁平式和直立式三种(其他封装形式还有:引线载体式、无引线载体式、锯齿双列式等十余种),一般尽可能选用双列直插式,因为这种封装易于安装和更换。选用集成电路时,还应尽量选择全国集成电路标准化委员会提出的优选集成电路系列中的产品。

② 电阻器的选择

电阻器除阻值和功耗等参数以外,还应从以下几个方面进行考虑:

a. 掌握所设计电路对电阻器的特殊要求,所谓特殊要求是指对高频特性、过载能力、精度、温度系数等方面的技术要求。

b. 优先选用通用型的电阻器,因为此类电阻器价格低、货源足。

c. 根据电路的工作频率要求,选用相应的电阻器。各种电阻器由于他们的结构与制造工艺不同,分布参数也不同。RX 型线绕电阻器的分布电容和分布电感较大,仅用于工作频率低于 50 kHz 的电路中;RH 型合成膜电阻器和 RS 型有机实心电阻器的工作频率在数十 MHz 左右;RT 型碳膜电阻器的工作频率可达 100 MHz;RJ 型金属膜电阻器和 RY 型氧化膜电阻器的工作频率可高达数百 MHz。

d. 按照电路对温度稳定性的要求,选择温度系数不同的电阻器。在实际的电路中,有时需要选用正(或负)温度系数的电阻器作为温度补偿元件。

e. 在高增益前置放大电路中,应选用噪声电动势小的电阻器。RJ 型、RX 型电阻器以及 RT 型电阻器均具有较小的噪声电动势。

f. 所选电阻器的额定功率必须大于实际承受功率的两倍。

③ 电容器的选择

选择电容器除容量和耐压等主要参数外,还应从以下几个方面进行考虑:

a. 合理确定对电容器精度的要求。在延时电路、音调控制电路、滤波器以及接收机的本振电路和中频放大电路中,对某些电容器的精度要求较高或很高,应选用高精度的电容器来满足电路的要求。而在旁路、去耦合、低频耦合等电路中对电容及精度无很严格的要求,因此,仅需按设计值选用相近容量或稍大容量的电容器。

b. 注意所设计电路对电容器绝缘电阻和损耗角正切值 $\tan \delta$ 的要求。绝缘电阻小的电容器,漏电流则较大,漏电流产生的功率损耗将使电容器发热升温,从而导致漏电流进一步上升,轻则是电路性能恶化,重则是电容器失效甚至爆炸。对在高温和高压下工作的电容器尤其要注意绝缘电阻参数。在采样/保持电路以及在电桥电路中作为桥臂使用的电容器,其绝缘电阻值的高低将直接影响测量精度。电容器的损耗有时也直接影响到电路的性能,在振荡电路、中频回路和滤波器等电路中,要求 $\tan \delta$ 尽可能小,以提高电路的品质因数 Q。

c. 注意对电容器高频特性的要求。在高频应用时,某些电容器不可忽视的自身电感、引线电感和高频损耗,会使电容器的自身性能下降,导致电路不能正常工作。有时为了解决电容器自身分布电感的影响,常在自身等效电感较大的电容器的两端并接一个自身等效电感很小的小容量电容器。

④ 电位器的选择

电位器的主要参数有标称阻值、精度、额定功率、电阻温度系数、阻值变化规律、噪声、分辨率、绝缘电阻、耐磨寿命、平滑性、零位电阻、起动力矩、耐潮性等。其制作材料、结构形式和调节方式繁多,选用时应根据设计电路的要求确定。

a. 选择电位器的结构形式和调节方式。在电视机以及许多测量仪器中,电源开关和亮度(或音量)、灵敏度的控制常要求用一个旋钮来实现,这时可选用带开关的电位器;在立体音响设备和文氏电桥等电路中,需要同时调节两个电位器值,这时可选用双联电位器;在校正电路中,可选用锁紧型电位器;在计算机伺服系统及某些精密仪器设备中,常选用多圈电位器;在晶体管放大器的偏置电路中,可选用半可调型电位器。

b. 选择电位器的阻值变化规律。为了适应各种不同的用途,电位器的阻值变化规律通常做成三种,即直线式、对数式和反对数式(亦称指数式)。直线式电位器可用于示波器和电视接收机中控制示波器和显像管的聚焦和亮度。在稳压电源的取样电路中,也可选用直线式电位器。此外,直线式电位器还用于晶体管电路中工作点的调节,接收机中 AGC 电压的控制以及电视机中帧线性、帧幅、行同步、帧同步等的调节;反对数式电位器阻值在转角较小时变化大,以后逐渐变小。这种变化规律适用于音调控制电路及电视机中对比度的调节;对数式电位器可用于音响设备、收音机及电视接收机的音量控制电路中。因为人耳对声音响度的听觉特性是符合对数规律的,即在声音微弱时,若声音响度稍有增加,人耳的感觉十分灵敏,但当声音响度增大到一定程度后,再继续增大声音响度,人耳的反映则比较迟钝了。音量电位器选用对数式阻值变化规律,恰可与人耳的听觉特性相互补偿,使音量电位器转角从零开始逐渐增大时,人对音量的增加有均匀的感觉。

⑤ 分立元器件的选择

分立元器件包括二极管、三极管、场效应管和晶闸管等,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,并注意管子的电流放大倍数、击穿电压、特征频率、静态功耗等是否满足电路设计的要求。

(2) 元器件的参数计算

单元电路的结构、形式确定以后,需要对影响技术指标和参数的元器件进行计算。这种计算有的需要根据电路理论进行,有的按照工程估算方法,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如下问题:

① 各元器件的工作电流、工作电压、频率和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、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 设计元器件的极限参数时,必须留有足够的余量,一般按 1.5 倍左右考虑。例如,如果实际电路中的三极管的 V_{CE} 的最大值为 20 V,挑选三极管时应按 $V_{(BR)CEO} \geq 30$ V 考虑。

④ 电阻值应在常用电阻标称值系列内,并根据具体情况正确选择电阻的品种。

⑤ 电解电容数值应在常用电容标称值系列内,并根据具体情况正确选择电容的品种。

⑥ 保证电路性能的前提下,尽可能设法降低成本,减少元器件的品种、功耗和体积,并为安装调试创造有利条件。

⑦ 在满足性能指标和上述各项要求的前提下,应优先用现有的或容易买到的元器件,以节省时间和精力。

⑧ 应把根据计算所确定的各参数值标在电路图中适当的位置。

□ 1.1.4 总体电路图设计

设计好各单元电路以后,应画出总电路图。总电路图是进行实验和印制电路板设计制作的主要依据,也是进行生产、调试、维修的依据,因此画好一张总电路图非常重要。

(1) 画总电路图的一般方法

① 画总电路图应注意信号的流向,通常从输入端或信号源画起,由左到右或由上到下按信号的流向依次画出各单元电路。但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,应把主电路画在同一张图上,而把一些比较独立或次要的部分(例如直流稳压电源)画在另一张或者几张图上,并用适当的方式说明各图之间的信号联系。

③ 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线,一般不画斜线。互相连通的交叉线,应在交叉处用圆点标出。连线要尽量短。电源一般只标出电源电压的数值(例如 +5 V, +15 V, -15 V)。电路图的安排要紧凑、协调,疏密恰当,避免出现有的地方画得很密,有的地方却空出一大块。总之,要清晰明了,容易看懂,美观协调。

④ 电路图的中大规模集成电路,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和管脚号。除中大规模器件外,其余元器件的符号应当标准化。

⑤ 集成电路器件的管脚较多,多余的管脚应作适当处理。

⑥ 如果电路比较复杂,设计者经验不足,有些问题在画出总体电路之前难以解决,可以先画出总电路图的草图,调整好布局和连线之后,再画出正式的总电路图。

以上只是总电路的一般画法,实际情况千差万别,应根据具体情况灵活掌握。

(2) 审图

因为在设计过程中有些问题难免考虑不周,所以在画出总电路图后,要进行全面审查,审图时应注意以下几点:

① 先从全局出发,检查总体方案是否合适,有无问题,再检查各单元电路的原理是否正确,电路形式是否合适;

② 检查各单元电路之间的配合有无问题;

③ 检查电路图中有无繁琐之处,是否可以化简;

④ 要特别注意电路图中各元器件是否工作在额定值范围内,以免实验时损坏;

⑤ 解决所发现的全部问题后,若改动较多,应当复查一遍。

□ 1.1.5 电子电路的安装与调试

电子电路的安装与调试在电子电路实践和电子工程技术中都占有非常重要的地位。它是把理论付诸于实践的阶段,也是将理论电路转换为实际电路和电子设备的过程。这一过程的实现,为电子技术在人类的社会生活和生产实践中发挥巨大作用提供了现实性和可能性的保证,同时,这一过程也是对理论设计的检验、修改和完善。

(1) 电子电路的安装

简单的电子电路安装可在接插板(面包板)上完成。较复杂的电子电路需制作专门的印制电路板,还必须考虑电路的布局、焊接、组装等工艺。无论采用哪种方法均应注意以下几个方面:

① 所有元器件在组装前应尽可能全部测试一遍,以保证所用元器件均合格。

② 所有集成电路的组装方向要保持一致,以便于正确布线和查线。

③ 组装分立元件时应使标志朝上或朝向易于观察的方向,以便于查找和更换。对于有极性的元件,如电解电容器、二极管等,组装时一定要特别注意,切勿搞错。

④ 为了便于查线,可根据连接线的不同作用选择不同颜色的导线,一般习惯是正电源用红色线,负电源用蓝色线,地线用黑色线,信号线用黄色线等。

⑤ 连线尽量做到横平竖直,连线不允许跨接在集成电路上,必须从其周围通过,同时应尽可能做到连线不互相重叠、不从元器件上通过。

正确的组装方法和合理的布局,不仅可使电路整齐美观、工作可靠,而且便于检查、调试和排除故障。如果能在组装前先拟定出组装草图,则可获得事半功倍的效果,使组装既快又好。

(2) 电子电路的调试

电子电路的调试在电子工程中占有重要地位,是对设计电路的正确与否及性能指标的检测过程,也是初学者实践技能培养的重要环节。

调试过程是利用符合指标要求的各种电子测量仪器,如示波器、万用表、信号发生器、频率计、逻辑分析仪等,对安装好的电路或电子装置进行调整和测量,以保证电路或装置正常工作,同时,判别其性能的好坏,各项指标是否符合要求等。因此,调试必须按一定的方法和步骤进行。

① 调试的方法和步骤

a. 不通电检查

电路安装完毕后,不要急于通电,应首先认真检查接线是否正确,包括多线、少线、错线等,尤其是电源线不能接错或接反,以免通电后烧坏电路或元器件。查线的方式有两种:一种是按照设计电路接线图检查安装电路,在安装好的电路中按电路图——对照检查连线;另一种方法是按实际线路,对照电路原理图按两个元件接线端之间的连线去向检查。无论哪种方法,在检查中都要对已经检查过的连线做标记。使用万用表对检查连线很有帮助。

b. 直观检查

连线检查完毕后,直观检查电源、地线、信号线、元器件接线端之间有无短路,连线处有无接触不良,二极管、晶体管、电解电容等有极性元器件引线端有无错接、反接,集成块是否插对。

c. 通电检查

把经过准确测量的电源电压加入电路,但暂不接入信号源信号。电源接通之后不要急于测量数据和观察结果,首先要观察有无异常现象,包括有无冒烟、有无异常气味、触摸元件是否有发烫现象、电源是否短路等。如果出现异常,应立即切断电源,排除故障后方可重新通电。

d. 分块调试

调试包括测试和调整两个方面。测试是在安装后对电路的参数及工作状态进行测量,调整则是在测试的基础上对电路的结构或参数进行修正,使之满足设计要求。

为了使测试能够顺利进行,设计的电路图上应标出各点的电位值、相应的波形以及其他参考数值。