

高等职业教育教材

电子设计与项目实践

黄 莺 莫振栋 主 编

方风波 黄 聪 贾雪涛 副主编

DIANZI SHEJI YU XIANGMU SHIJIAN

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等职业教育教材

电子设计与项目实践

黄 莺	莫振栋	主 编	
方风波	黄 聪	贾雪涛	副主编
		李翠翠	主 审

中国铁道出版社

2013年·北京

内 容 简 介

本书以项目为载体,以任务驱动方式进行编写,对电子设计入门、单片机简单系统的设计与制作、单片机定时计数器完成电子钟、采用时钟芯片完成电子钟、简易计算器的设计与制作、单点温度采集电路的设计与实现、单点温度通信系统的设计与实现、多点温度检测系统的设计与实现、多路直流电压系统的设计与实现、波形发生器的设计与实现、荧光棒的设计与实现、单片机无线数据传输系统的设计共 12 个项目进行介绍。而电子钟、温度计、计算器、电压表、波形发生器、荧光棒等都是与生活密切相关的应用实例。

本书既可作为高职院校电子信息工程、通信技术、应用电子技术、电气自动化技术等专业的教材,也可供相关专业本科生使用,同时还可作为大学生课程设计和毕业设计及相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计与项目实践/黄莺,莫振栋主编. —北京:
中国铁道出版社,2013. 12
高等职业教育教材
ISBN 978-7-113-17770-6

I. ①电… II. ①黄…②莫… III. ①电子电
路-电路设计-计算机辅助设计-高等职业教育-教材
IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 288211 号

书 名: 电子设计与项目实践

作 者: 黄 莺 莫振栋 主编

责任编辑: 吕继函 编辑部电话: 010-63589185-3096 电子信箱: lvjihhan@tqbooks.net

封面设计: 郑春鹏

责任校对: 马 丽

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京华正印刷有限公司

版 次: 2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 14.75 字数: 378 千

印 数: 1~3 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-17770-6

定 价: 29.50 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010) 51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010) 51873659,路电(021) 73659,传真(010) 63549480

前 言

为了适应高等职业院校电子信息类、通信类、应用电子类、电气自动化类专业建设与发展的需要,提高学生的知识综合运用能力,增强学生的就业竞争力,很多院校都开设了电子设计类课程,但是课程的教材却为数不多,仅有的一些教材都是以传统的模式进行编写,而课程的建设与改革需要教材的同步支持。为了进一步贯彻教育部〔2006〕16号文件精神,加大课程建设与改革的力度,增强学生的职业能力,编写了这本《电子设计与项目实践》。

本书是一本实践性很强的教材,内容从提高学生动手操作能力和工程设计能力的角度出发,以项目设计为导向,使学生经历现代电子产品开发的全过程。与课程实验不同,以项目为导向的目的是以项目设计为主,引导学生逐步走进电子设计领域。以往学生在临近毕业时都会觉得自己什么都不会,担心毕业后能干什么,主要原因在于他们在大学期间没有真正做过一次系统的设计,不了解过程,不会调试,最困惑的是不知从何做起。本书的目的就在于帮助学生掌握相关知识,使他们明确从什么地方开始做起,做些什么,引导他们走向成功之路。

全书共分12个项目,全部采用项目任务的模式编写。从现代电子设计的要求出发,通过项目任务体现现代电子设计理念和制作方法,为读者从事现代电子设计打下基础。项目一是电子设计入门,介绍了电子设计的基础知识;项目二是单片机简单系统的设计与制作;项目三是单片机定时计数器完成电子钟;项目四是采用时钟芯片完成电子钟;项目五是简易计算器的设计与制作;项目六是单点温度采集电路的设计与实现;项目七是单点温度通信系统的设计与实现;项目八是多点温度检测系统的设计与实现;项目九是多路直流电压系统的设计与实现;项目十是波形发生器的设计与实现;项目十一是荧光棒的设计与实现;项目十二是单片机无线数据传输系统的设计。通过十二个具体的电子系统设计来巩固和提高实战能力。

本着为读者负责的态度,本书中提供的电路及参数都经过实验的验证,初学者完全可以效仿。但是由于实验条件的差异性,实验结果可能会有一定的偏差,属正常现象。此外,读者在实践的过程中,不必拘泥于书中所述的方法,可以大胆创新,提出更优的方法。

参加本书编写的所有人员都是在一线从事电子设计相关课程教学的教师,

不仅教学经验丰富，而且对高职教育有着深入的研究和独特的见解。

全书由柳州铁道职业技术学院黄莺、莫振栋主编，荆州职业技术学院方风波、柳州铁道职业技术学院黄聪、贾雪涛任副主编，柳州铁道职业技术学院李翠翠任主审。其中，柳州铁道职业技术学院李婧编写项目一，黄莺编写项目二、项目三和项目九，黄聪编写项目四，柳州铁道职业技术学院柯宝桦编写项目五，方风波编写项目六和项目十，贾雪涛编写项目七，柳州铁道职业技术学院蒋笑宇编写项目八，柳州铁道职业技术学院于维佳编写项目十一，莫振栋编写项目十二。

本书在编写的过程中，得到了柳州铁道职业技术学院和荆州职业技术学院领导及相关老师的关怀和大力支持，柳州铁道职业技术学院的电工电子与自动化技术实训基地为实验的验证提供了极大的便利。

编者

2013年10月

目 录

项目一 电子设计入门.....	1
项目二 单片机简单系统的设计与制作	14
项目三 单片机定时计数器完成电子钟	59
项目四 采用时钟芯片完成电子钟	81
项目五 简易计算器的设计与制作.....	100
项目六 单点温度采集电路的设计与实现.....	117
项目七 单点温度通信系统的设计与实现.....	129
项目八 多点温度检测系统的设计与实现.....	138
项目九 多路直流电压系统的设计与实现.....	147
项目十 波形发生器的设计与实现.....	175
项目十一 荧光棒的设计与实现.....	188
项目十二 单片机无线数据传输系统的设计.....	202
参考文献.....	229

项目一 电子设计入门

★ 项目技能目标

- (1)了解电子设计的基本原则,初步掌握电子设计的基本方法、步骤。
- (2)了解电子制作工艺。
- (3)掌握电路板设计制作的基本方法、步骤和检验方法。
- (4)掌握电路安装和调试方法。

★ 项目知识目标

- (1)电子设计的基本原则、基本方法、步骤。
- (2)元器件的测试与筛选。
- (3)电子制作工艺中的焊接工艺、装配工艺。
- (4)电路安装和调试方法。

在电子设计制作的过程中,坚持电子设计的基本原则、掌握电子设计的基本方法、步骤是制作电子产品的基础,如何正确选择电子元器件、正确使用各种电子制作工艺是每个初学者都会遇到的问题。本项目将对认识电子设计、装配工具及使用方法、电路板的设计与制作和电路的安装与调试的内容进行一一阐述,通过对这些内容的学习使读者理解并掌握电子设计的基础知识。

一、认识电子设计

电子系统是指由电子元器件或部件组成的,能够产生、传输或处理电信号的客观实体,例如电子测量系统、自动控制系统、通信系统、雷达系统、计算机系统等。一般的电子系统由输入、输出、信息处理三大部分组成,用来实现对信息的采集处理、变换与传输功能。通常,一个复杂的电子系统由若干个子系统组成,而子系统又由若干部件组成。微型计算机子系统就是由微处理器、存储器、键盘及显示器等几个部件组成,而这些部件又可分解为由许多元器件组成的电路。

(一)电子设计的基本原则

设计一个电子电路系统时,首先必须明确系统的设计任务,根据任务进行方案选择,然后对方案中的各个部分进行单元的设计、参数计算和器件选择,最后将各个部分连接在一起,画出一个符合设计要求的完整的系统电路图。电子设计过程中一般应遵循以下几个基本原则:

- (1)满足系统功能和性能指标的要求。这是电路设计必须满足的基本条件。
- (2)电路简单、经济、可靠、使用集成技术。
- (3)电磁兼容性好。设计必须考虑到的,这样才能确保电子系统正常工作。
- (4)可靠性高。可靠性与系统的实际用途、使用环境及设计人员的实际经验有关,故设计

人员应注意积累经验,以提高可靠性的设计。

(5)系统集成度高。高集成度的电子电路具有好的电磁兼容性、高的可靠性、简单的制造工艺及高的性能价格比等。

(6)简单方便。若不易调试或调试点多,则系统质量难保证。

(7)生产工艺简单。

(8)操作方便。

(9)性能价格比高。

(二)电子设计的基本方法

1. 明确系统的设计任务

对系统的设计任务进行具体分析,充分了解系统的性能、指标、内容及要求,以明确系统应完成的任务。

2. 根据任务进行方案选择

这一步的工作要求是把系统要完成的任务分配给若干个单元电路,并画出一个能表示各单元功能的整机原理框图。

方案选择的重要任务是根据掌握的知识和资料,针对系统提出的任务、要求和条件,完成系统的功能设计。在这个过程中要敢于探索、勇于创新,力争做到设计方案合理、可靠、经济、功能齐全、技术先进。并且对方案要不断进行可行性和有缺点的分析,最后设计出一个完整流程图。流程图必须正确反映应完成的任务和各组成部分的功能,清楚表示系统的基本组成和相互关系。流程图的设计采用结构化的方式进行,优点在于:其一,结构程序易于阅读、理解和维护。设计人员采用结构化设计方法,将一个复杂的任务分解成若干个子结构,便于控制、降低程序的复杂性,因此容易设计电路、编写程序,同时便于验证程序;其二,提高了设计工作的效率,降低了电子设计开发成本。由于结构化设计方法能够把错误控制到最低限度,因此能够减少调试和查错的时间。

3. 单元电路的设计

根据系统的指标和功能流程图,明确各部分任务,进行各单元电路的设计、参数计算和器件选择。

单元电路是整机的一部分,只有把各单元电路设计好才能提高整机设计水平。每个单元电路设计前都需明确各单元电路的任务,详细拟定出单元电路的性能指标,与前后级之间的关系,分析电路的组成形式。具体设计时,可以模仿传输的先进电路,也可以进行创新或改进,但都必须保证性能要求。而且,不仅单元电路本身要设计合理,各单元电路间也要互相配合,注意各部分的输入信号、输出信号和控制信号的关系。

4. 参数计算

为保证单元电路达到功能指标要求,需要用电子技术知识对参数进行计算。例如,放大电路中各电阻值、放大倍数的计算;振荡器中电阻、电容、振荡频率等参数的计算。只有很好地理解电路的工作原理、正确地利用计算公式,计算的参数才能满足设计要求。参数计算时,同一个电路可能有几组数据,注意选择一组能完成电路设计要求的参数,在实践中能真正可行的参数。计算电路参数时应注意下列问题:

(1)元器件的工作电流、电压、频率和功耗等参数应能满足电路指标的要求。

(2)元器件的极限参数必须留有足够裕量,一般应大于额定值的1.5倍。

(3)电阻和电容的参数应选计算值附近的标称值。

5. 器件选择

元器件的选用是一个多学科的任务,它通常需要设计师、元器件工程师、可靠性工程师共同完成。元器件的技术标准(包括技术性能指标、质量等级等)应满足装备的要求。为了有效地保证系统和设备的可靠性,在选择元器件时还要根据实际情况,根据产品要实现的功能要求及环境条件,选用相应种类、型号规格、质量等级、封装形式的元器件。优先选用经实践证明质量稳定、可靠性高、有发展前途的元器件;优先选用有良好的技术服务、供货及时、价格合理并经国家质量认证合格的企业生产的元器件。在满足质量要求的前提下,性能价格比相当时,应优先选择国产元器件,尽量不选用有特殊要求的、非标准的元器件、工艺未成熟的试制新品等。

(三)电子设计的步骤

电子设计过程中没有什么固定的步骤,一般它取决于设计者的经验或者与设计者的兴趣相联系。但总体上来讲,可以总结为如图 1-1 所示的几个步骤。

二、装配工具及使用方法

(一)电烙铁功率的选用

电烙铁的功率应视焊点的面积大小而定。焊点大时散热速度也快,因此选用的电烙铁功率也应该大些。焊接印刷线路板、无线电子元器件,一般采用 25~45 W 的小型电烙铁,使用大烙铁容易损坏元器件。应根据所焊接的元器件特点来选择烙铁头的形状。

电烙铁的电源线一般采用电灯用的花线(塑料线也可以),长度约为 1.5 m。正常电烙铁用万用表欧姆挡测其两电极间电阻约在 1~2 k Ω 。若电阻无穷大或接近零,则表示烙铁芯已损毁,应更换烙铁芯。

(二)电烙铁的正确使用与维护

电烙铁是焊接电路的主要工具,正确使用电烙铁是焊接技术的关键。在使用电烙铁时要注意下面几点:

(1)新烙铁使用之前,先用锉刀将其表面镀层去净并露出铜头,然后将烙铁通电,等烙铁头部微热时插入松香,在烙铁头上均匀地“吃上”焊锡。

(2)使用烙铁时严禁摔碰,以免电热丝受振动而断开,损坏电烙铁。

(3)不要将烙铁头在金属上刻划或用力去除粗硬导线的绝缘套,以免使烙铁头出现损伤或缺口,减少其使用寿命。

(4)经常用测电笔检查烙铁是否漏电,检查电源线的绝缘层是否完好,防止发生触电事故。

(5)焊接一些特殊元器件时,必须按要求接地线。

(6)电烙铁经过长时间使用后,烙铁头部会生成一层氧化物,不容易“吃”焊。如果烙铁口呈灰白色,可以用钢丝刷去;如果烙铁口呈棕黄色,可用锉刀锉掉氧化层,按照处理新烙铁头的方法涂上焊锡,即可继续使用。当烙铁头严重磨损时,将影响焊接质量,此时必须更换新的烙铁头。

(7)在焊接过程中,如果电烙铁用用停停,则烙铁上集结的热量就不能及时散失,当热量储存过多时容易将烙铁头“热死”(即全部被氧化物覆盖而“吃不上”焊锡),从而影响焊接质量并

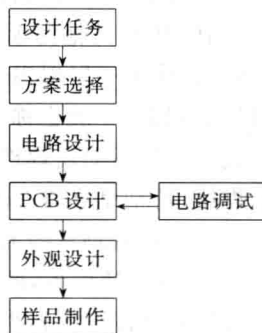


图 1-1 电子设计流程

缩短电烙铁的使用寿命。为了避免发生烙铁头“热死”现象而影响焊接速度,最好在不焊时将烙铁降温,使用时又能较快地达到焊接温度。

(8)电烙铁不用时,宜放在烙铁架上。

(三)焊接

1. PCB(印刷电路板,英文名称 Printed Circuit Board)焊接技术

在电子实验、实习、电子产品制作过程中,焊接工作是必不可少的。焊接不但要将元器件固定在电路板上,而且要求焊点必须牢固、圆滑,不能有虚焊、假焊、堆焊的现象。焊接的质量直接影响到电子实验、实习及制作的成功与否,因此,焊接技术是每一位学习电子应用的学生和电子制作爱好者必须掌握的基本功。

锡焊中,锡和焊点要结合紧密,焊点圆滑、光亮是锡焊的基本要求。正确的操作步骤是:烙铁头接触松香→沾锡→烙铁沾锡的地方接触焊点 $2\sim 3\text{ s}$ →移开烙铁→使锡凝固,焊锡凝固前焊件不能乱动,以免造成假焊。

电子元器件、电路板保存在空气中,由于氧化作用,元器件引脚、电极、焊盘上附有一层氧化膜,同时还有其他污垢。焊接前可用小刀或细砂纸打磨掉氧化膜,立即涂上松香或其他焊剂,然后再涂上一层焊锡(俗称搪锡)。搪锡就是将要锡焊的元器件引线或导电的焊接部位先用焊锡润湿,一般也称为镀锡、上锡等。搪锡是否合理是焊接成功的关键,它是靠金属的扩散形成结合层而使焊件表面“镀”上一层焊锡的。搪锡并非锡焊不可缺少的操作,但对手工烙铁焊接,特别是维修、调试、研制工作,几乎是必不可少的。

经过搪锡处理后的元器件容易焊牢,不容易出现虚焊现象。焊接时,先把被焊元器件引脚插到 PCB 的应插位置,调整到合适的高度,用烙铁头沾取适量焊锡,接触焊点,待焊点上的焊锡全部熔化并浸没元器件引线头后,电烙铁头沿着元器件的引脚轻轻往上一提离开焊点。高质量的焊点应呈正弦波波峰状,表面光亮、圆滑、无锡刺,锡量适中。

焊接点上的焊锡量太少,焊接不牢,机械强度也差,而过量的焊锡则会增加焊接时间,降低工作速度,毫无必要地消耗较贵的锡,更为严重的是,在高密度的电路中,过量的锡很容易造成不易察觉的短路。焊锡应刚好将焊接点上的元器件引脚全部浸没,轮廓隐约可见为好。

助焊剂的用量也应适宜。过多,焊点不美观,还会腐蚀元器件;过少,会造成虚焊。电路焊好后切记将多余的助焊剂用乙醇(无水酒精)或异丙醇清洗掉,以防碳化后的助焊剂影响电路正常工作。

焊接结束后,必须检查有无漏焊、虚焊及由于焊锡流淌造成的元器件短路。虚焊较难发现,可用镊子夹住元器件引脚轻轻拉动,如发现摇动应立即补焊。另外,焊接时流动的焊锡容易掉在电路板上,焊接完后要仔细检查,清理残锡,防止通电后造成短路。

2. PCB 焊接练习

(1)元器件的成形练习

电子元器件在安装焊接前一般都必须把元器件的引脚整理成合适的形状,通常把这一步骤叫做“弯脚”或“窝腿”。由于元器件与引脚的连接部(或称根部)比较脆弱,经不起太大的机械应力,因而在弯脚时应用镊子夹住引脚靠根部的部分(起保护根部的作用),而用另一只手把引脚压弯。弯曲点与根部的距离不得小于 3 mm ,不要弯成直角,引脚弯曲半径不得小于 2 mm 。

(2)表面处理与搪锡练习

电子元器件表面处理与搪锡时,要特别注意对三极管或集成电路的引脚及电路板的操作。

三极管或集成电路的引脚外层只有一层很薄的金层或银层,里面的金属丝很难上锡,引脚有锈就更不容易上锡,切不能用力刮或打磨,只能用细砂纸轻轻打几下。即使锈蚀没有全部去掉,也不要再处理,应当用沾有大锡球的烙铁去“蹭”引脚,让引脚“埋”在熔化的锡球里。如果“蹭”后引脚上了锡,那还可以使用,如果引脚上只有少数地方上锡,这样的元器件就不能再使用了。

集成电路焊接时,电烙铁要可靠接地或断电后利用余热焊接。实际做电子电路时,一般最好使用集成电路专用插座,焊好插座后再把集成电路插上去。

如果印刷板上有保护蜡或保护漆或表面太脏,应当用细砂纸或钢棉轻轻打掉,一直到露出的铜箔或锡很光亮为止,然后用酒精布轻轻擦干净,再上锡。给通孔上锡时,应保证通孔仍可以让元器件的引脚穿过。如果孔被堵上,则可以用吸锡器吸走通孔里的锡,或用不沾锡的铁丝或铝丝捅穿孔。

(3) 元器件的插装练习

所有元器件在 PCB 上按工艺文件要求进行装连。为了方便测试、识别,元器件标志、参数要朝易看见的方向。元器件插装过程中,要按先低后高的顺序进行,注意有极性元器件的方向不能插反。总之,元器件在 PCB 上插排既要整齐美观,又要符合电器特性。

(4) 元器件的焊接练习

在实际焊接中,针对电子元器件的特点可采用点焊和拖焊的方法。

点焊分为加焊锡丝助焊与不加焊锡丝助焊两种。加焊锡丝助焊时,左手持焊锡丝,右手握烙铁对焊接点进行点焊,其焊接过程是:把准备要焊接的元器件引脚插入线路板的焊接孔内,检查位置无错后,调整元器件的高度(例如变压器不能将底面贴在主件板上)。先焊好一个引脚,然后对其他引脚进行点焊。焊接时,让焊锡丝接触焊接点,烙铁熔化焊锡丝,而后镀在焊接处,左手根据焊点大小向前进锡。锡上足后,左手立刻回收停止进锡,而右手中的烙铁仍留在焊点上,停留时间一般在 0.8 s 左右,完成点焊。另外,电烙铁撤离焊点的速度要快,沿水平方向抽出。

不加焊锡丝助焊是指在焊点上已上好足够的焊锡或在烙铁头上沾有一定量的焊锡,然后用电烙铁对焊点进行点焊。例如将一只晶体三极管直接焊接在铜箔线路板上,首先对三极管引脚搪锡,再对焊盘处理并上好足量的焊锡,然后用烙铁熔化焊锡,接触焊点,使三极管引脚充分与焊锡接触后,烙铁迅速离开焊点。

拖焊是焊接多脚元器件时常采用的焊接方法。操作时先将元器件的位置固定好(可用焊锡固定),然后将焊锡丝靠在焊脚上,用大面积触头的 C 型烙铁头熔化焊锡丝,使锡不断进入焊点。当焊点(指熔化的焊锡)足够大时,左手的焊锡丝与右手的烙铁同时同步移动。移动时烙铁头不要接触元器件的引脚,而是让高温熔化的焊锡填在引脚与线路板焊接点之间,这是拖焊的特别之处。为保证拖焊的焊接质量,在操作时要特别控制好烙铁移动的速度和进锡的速度。

初学者在焊接时,一般将电烙铁在焊接处来回移动或用力挤压,这种方法是错误的。正确的方法是用电烙铁的搪锡面去接触焊接点,这样传热面积大,焊接速度快。

(5) 导线焊接练习

导线的焊接与元器件的焊接大致相同,都要先进行绝缘层处理、搪锡,然后再焊接。一般去绝缘层露出 3 mm 的金属导线即可。导线的类型不同有不同的处理方法:多芯线去绝缘层后,要沿一个方向将多芯线拧紧,然后搪锡;漆包线要先轻轻刮去漆层或用带有

焊锡的烙铁烫一会儿,在去漆包皮的同时上锡;丝包线在去绝缘层后,还要去掉丝包层才能上锡。

导线焊接包括导线与导线的焊接(连接)、导线在印制板或铜铆钉板上的焊接。导线连接时将搪有焊锡的导线并齐放置,用烙铁头的搪锡面焊接导线,沿导线平放方向离开烙铁;导线在印制板或铜铆钉板上焊接时,要像元器件焊接一样将导线穿过焊孔,在焊接面焊接。

(6) 拆焊练习

① 三引脚以下元器件的拆焊方法

拆焊此类元器件所用电烙铁的烙铁头应锉得尖一些,使得烙铁头碰到焊点时不会接触到印制板的其他部分。拆焊时,用烙铁头接触印制板背面的焊点,与此同时,要用镊子夹住印制板正面的元器件引脚,当发现焊锡开始熔化时,用镊子慢慢把引脚拉出通孔。如果拉出引脚的过程不太顺利,应使烙铁头暂时撤离焊点,以防过多的热量传到元器件内部。

② 多引脚元器件的拆焊方法

对如集成电路这样的多引脚元器件,一般需使用吸锡器。如果没有吸锡器,可以采取下述变通方法:把印制板斜放起来,背面朝下,用电烙铁的烙铁头接触背面的焊点,并用一根铝丝去接触这个焊点,铝丝的另一头朝下。当焊锡熔化时,把铝丝捅进通孔里,这时熔化的焊锡会顺着铝丝掉下来。

电子元器件的拆焊要特别注意烙铁头与焊点的接触时间,一般不宜超过 10 s。过热会使覆铜层脱离印制板或印制板被烫焦。如果一次拆焊不成功,可等焊点稍冷之后再重新做一次。拆焊时要特别注意不要损坏印制板,必须注意保护好元器件。

元器件拆焊后,焊盘上会残留焊锡,尤其是集成电路拆下后,焊盘上的残锡更多,会给重焊元器件造成困难,必须清理干净。用吸锡绳浸上松香,将残锡吸掉。吸时一定要注意,吸锡绳的移动方向要顺着焊盘的走向,不要横移,否则极易损坏焊盘。残锡清理完后,用酒精清洗集成电路各引脚上的残余松香,烘干或自然风干后,整个拆焊工作才算结束。

③ 拆焊操作原则

为防止失误,拆焊过程中还应遵循以下操作原则:第一,最好每次只拆下一个元器件。拆下元器件时应记下每个引脚的焊接位置,当引脚数目较多或对这种元器件的引脚排列方式不太熟悉时,应在每个引脚上贴上胶布,写上記号或采取其他的标记方法。第二,如果不得已必须拆下较多的元器件,一定要给每个元器件分别做上記号。第三,如果测量结果表明该元器件没有故障,应及时把它焊到电路板上。第四,应利用元器件拆下来的这个机会,检查一下印制板有没有毛病。

三、电路板的设计与制作

在设计电路板之前,我们首先来了解一下相关的概念。

印制电路板是由导电的印制电路和绝缘基板构成的。

印制——采用某种方法在铜箔表面再现图形和符号的工艺,它是传统意义上“印刷”概念的拓展。

印制线路——采用印制法在绝缘基板上制成的导电图形,包括印制导线、焊盘等。

印制元器件——采用印制法在基板上制成的元器件,常见的有电感、电容、天线等元器件。

印制电路——印制线路与印制元器件的合称。

敷铜板——由绝缘基板和粘敷在上面的铜箔组成。

印制电路板——完成了印制电路或印制线路加工的板子,它不包括安装在板上的元器件和进一步加工,简称印制板。

印制电路板组件——安装了元器件及其他部件的电子部件。

(一)印制电路板的设计步骤

印制电路板的设计是电子设计制作中很关键的一步,印制电路板的设计软件目前主要有 Protel 99、Protel DXP 等。设计步骤描述如下:

- (1)设计好电路原理图。
- (2)根据所设计的原理图准备好所需要的元器件。
- (3)根据实物,对原理图中的元器件制作或调用封装形式。
- (4)形成网络表连接文件。
- (5)在 PCB 设计环境下,规划电路板的大小、板层数量等。
- (6)调用网络表连接文件,并布局元器件的位置。
- (7)设置好自动布线规则,并布线。
- (8)输出 PCB 文件并制板。

(二)设计电路板时应注意的问题

1. 考虑 PCB 尺寸大小

PCB 尺寸过大时,印制线条长,阻抗增加,抗噪声能力下降,成本也增加;尺寸过小,则散热不好且邻近线条易受干扰。应根据具体电路需要确定 PCB 尺寸。

2. 确定特殊元器件的位置

确定特殊元器件的位置是 PCB 布线工艺的一个重要方面,特殊元器件的布局应主要注意以下方面:

(1)尽可能缩短高频元器件之间的连线,设法减少它们的分布参数和相互间的电磁干扰。易受干扰的元器件不能相互离得太近,输入和输出元器件应尽量远离。

(2)某些元器件或导线之间可能有较高的电位差,应加大它们之间的距离,以免放电引出意外短路。带高电压的元器件应尽量布置在调试时手不易触及的地方。

(3)质量超过 15 g 的元器件应当用支架加以固定,然后焊接。那些又大又重、发热量多的元器件,不宜装在印制板上,而应装在整机的机箱底板上且应考虑散热问题。热敏元器件应远离发热元器件。

(4)对于电位器、可调电感线圈、可变电容器、微动开关等可调元器件的布局应考虑整机的结构要求。若是机内调节,应放在印制板上便于调节的地方;若是机外调节,其位置要与调节旋钮在机箱面板上的位置相适应。应留出印制板定位孔及固定支架所占用的位置。

3. 布局方式

布局就是将电路元器件放在印制板有线区内,布局是否合理不仅影响布线工作,而且对整个电路板的性能也有重要作用。布局要求是首先要保证电路功能和性能指标,在此基础上,再满足工艺性、检测、维修方面的要求。同时,还应适当兼顾美观性,元器件排列整齐且疏密要得当。

(1)布局方法

采用交互式布局和自动布局相结合的布局方式。布局的方式有两种:自动布局及交互式

布局,在自动布线之前,可以用交互式预先对要求比较严格的线进行布局,完成对特殊元器件的布局以后,对全部元器件进行布局。

①实物法。将元器件和部件样品在 1:1 的草图上排列,寻找最优布局。实际应用中一般是将关键的元器件或部件实物作为布局依据。

②模板法。实物摆放不方便或没有实物,可按样本或有关资料制作主要元器件和部件的图样模板,以代替实物进行布局。

③经验对比法。根据经验,参照可对比的已有印制电路板对新设计布局。

(2) 布局原则

布局时主要遵循以下原则:

①就近原则。相关电路部分应就近安放,尽量减少和缩短各元器件之间的引线和连接。

②信号流原则。按照电路的流程,安排各个功能电路单元的位置,并使信号尽可能保持一致的方向,避免输入输出,高低电平部分交叉。

③散热原则。有利于发热元器件散热。

④布放顺序。布放时主要遵循的几种情况:先大后小,即先安放占面积较大的元器件;先集成后分立;先主后次,即多块集成电路时先放置主电路;以每个功能电路的核心元器件为中心,围绕它来进行布局。

4. 电源和接地线处理的基本原则

由于电源、地线的考虑不周到而引起的干扰,会使产品的性能下降,对电源和地的布线采取一些措施降低电源和地线产生的噪声干扰,以保证产品的质量。方法有如下几种:

(1)电源、地线之间加上去耦电容。单单一个电源层并不能降低噪声,因为,如果不考虑电流分配,所有系统都可以产生噪声并引起问题,这样额外的滤波是需要的。通常在电源输入的地方放置一个 $1\sim 10\ \mu\text{F}$ 的旁路电容,在每一个元器件的电源脚和地线脚之间放置一个 $0.01\sim 0.1\ \mu\text{F}$ 的电容。旁路电容起着滤波器的作用,放置在板上电源和地之间的大电容($10\ \mu\text{F}$)是为了滤除板上产生的低频噪声(如 $50/60\ \text{Hz}$ 的工频噪声)。板上工作的元器件产生的噪声通常在 $100\ \text{MHz}$ 或更高的频率范围内产生谐振,所以放置在每一个元器件的电源脚和地线脚之间的旁路电容一般较小(约 $0.1\ \mu\text{F}$)。最好是将电容放在板子的另一面,直接在元器件的正下方,如果是表面贴片的电容则更好。

(2)尽量加宽电源、地线宽度,最好是地线比电源线宽,它们的宽度关系是:地线>电源线>信号线。通常信号线宽为 $0.2\sim 0.3\ \text{mm}$,最细宽度可达 $0.05\sim 0.07\ \text{mm}$;电源线为 $1.2\sim 2.5\ \text{mm}$,用大面积铜层作地线用,在印制板上把没被用上的地方都与地相连接作为地线用。做成多层板,电源、地线各占用一层。

(3)依据数字地与模拟地分开的原则。若线路板上既有数字逻辑电路,又有模拟线性电路,应使它们尽量分开。低频电路的地应尽量采用单点并联接地,实际布线有困难时可部分串联后再并联接地;高频电路宜采用多点串联接地,地线应短而粗,高频元器件周围尽量用栅格状大面积铜箔,保证接地线构成闭环路。

5. 导线设计的基本原则

导线设计不能一概用一种模式,不同地方及不同功能的线应用不同的方式来布线,须注意以下两点:

(1)印制导线拐弯处一般取圆弧形,而直角或夹角在高频电路中会影响电气性能。此外,

尽量避免使用大面积铜箔,否则,长时间受热时易发生铜箔膨胀和脱落现象。必须用大面积铜箔时,最好用栅格状,这样有利于排除铜箔与基板间黏合剂受热产生的挥发性气体。

(2)焊盘中心孔要比元器件引线直径稍大一些。焊盘太大易形成虚焊。焊盘外径(D)一般不小于 $(d+1.2)$ mm,其中, d 为引线孔径。对高密度的数字电路,焊盘最小直径可取 $(d+1.0)$ mm。

(三)印制电路板的制作方法

1. 敷铜板的表面处理

由于加工、储存等原因,在敷铜板的表面会形成一层氧化层,氧化层将影响底图的复印,为此,在复印底图前应先将敷铜板表面清洗干净。清洗的具体方法是:用水砂纸蘸水打磨或用去污粉擦洗,直至将板面擦亮为止,然后用水冲洗干净,再用干布擦干即可使用。

2. 复印电路板图

把已经绘制完毕的印制电路板草图,用复写纸复印在敷铜板的铜箔上。复印时最好把复写纸与印制电路图用胶布固定在敷铜板上。复印完后要认真复查是否有错误和漏掉的线条,如没有错误时,便可把草图和复写纸取下。

3. 描涂防腐蚀层

为能把敷铜板上需要的那部分保留下来,就要涂防腐层予以保护。也就是说在需要保留的线条上涂一层防酸涂料。防酸涂料的种类有很多,常用的有青漆、调和漆、快干漆等。描绘时,用毛笔、蘸水笔均可,蘸上少许涂料按复印好的线条,从上到下或从左至右依次描绘。每一次的蘸漆量都不可过多,否则将造成过大的或过厚的漆斑。如发现有描绘的错误时,可等漆膜干燥后用小刀铲除干净重新描绘。

4. 腐蚀法

准备好三氯化铁溶液和能放入印制板的搪瓷盘,把印制板放入盘中,将三氯化铁溶液倒入盘内,液面以刚超过板面即可。当印制板腐蚀好后,用竹镊子夹住印制板,然后放入清水中清洗干净,并仔细检查有无漏蚀处,尤其是连接两印制导线间的边缘处是否有短接处,如有的话应很好地清除。最好用棉纱蘸稀料或酒精擦洗防腐蚀层,直至露出光亮为止。

5. 钻孔

用台钻或手摇钻打孔都可以。用台钻打孔时既快又省力,并且能保证孔的质量;用手摇钻打孔时,钻头不宜过长,以防止钻头折断(尤其是1 mm以下的钻头)。打孔完毕后,将孔稍加整理,并用干布擦去粉末。

6. 涂助焊剂

当印制电路板腐蚀、打孔的工序完成后,为提高焊接质量均需在铜箔上涂助焊剂。助焊剂除采用成品外,还可自己配制。将1份松香放入2份酒精中,待溶解后用棉球蘸此溶液,涂在铜箔表面,然后放在通风处,让其酒精挥发,等干燥后便可以使用。

(四)印制电路板的检验

印制电路板(以下简称印制板)制成后必须通过必要的检验,才能进入装配工序。尤其是批量生产中对印制板进行检验是产品质量和后面工序顺利进行的重要保证。

1. 目视检验

目视检验简单、易行,借助简单工具如直尺、卡尺、放大镜等,对要求不高的印制板可进行质量把关。主要检验内容如下:

(1)外形尺寸与厚度是否在要求的范围内,特别是与插座配合的尺寸。

(2)导电图形的完整和清晰:有无短路、断路、毛刺等。

(3)表面质量:有无凹痕、划伤、针孔及表面粗糙等。

(4)焊盘孔及其他孔的位置和孔径:有无漏打或打偏。

(5)焊层质量:红层平整光亮,无凸起缺损。

(6)涂层质量:阻焊剂均匀、牢固、位置准确。

(7)板面平直无明显翘曲。

(8)字符标记清晰、干净、无渗透、划伤。

3. 连通性检查

使用万用表对导电图形连通性能进行检测,重点是双面板的金属化孔和多层板的连通性能。批量生产中应配专门工装和仪器。

4. 绝缘性能

检测同一层不同导线之间或不同层导线之间的绝缘电阻以确认印制板的绝缘性能。检测时应在一定温度和湿度下按印制板标准进行。

5. 可焊性

检验焊料对导电图形的润湿性能。

6. 镀层附着力

检验镀层附着力可采用胶带试验法。将质量好的透明胶带粘到要测试的镀层上,按压均匀后快速掀起胶带一端并扯下,镀层无脱落为合格。此外还有抗剥强度、镀层成分、金属化孔抗拉强度等多种指标,根据印制板的要求选择检测内容。

四、电路的安装与调试

(一)电路的安装

要想达到成功,取得满意的结果,不仅取决于电路原理和测试方法的正确性,而且还与电路安装的合理性紧密相关。

电路通常采用焊接和在实验板上插接两种方法。焊接安装可提高学生的焊接技术,但器件可重复利用率低。在实验板上装电路,便于调试。实验板有铆钉板、印制电路板和插件板(俗称“面包板”)三种。

电路安装过程描述如下:

(1)元器件测试。所有的元器件分别用万用表测试参数及辨别好坏。

(2)元器件布局及连接走线。在网孔板上根据原理图布置好元器件的位置,插入集成电路时要注意芯片的管脚位置,要求连接线尽量走垂直线,尽量减少交叉点,电源线、喇叭及监控线接端口位置要合理。

(3)焊接。元器件焊接时要依旧由低到高的顺序焊接,导线焊接时要预先镀锡,焊接时间不要太长,以免把元器件烫坏,但也不要时间过短,以免造成虚焊。

采用插件电路板安装实验电路板时,元器件的安装方式可根据电路的复杂程度灵活掌握,但安装电路时均应注意以下几点:

①同类元器件应采用同一安装方式,距板表面的高度应大体一致。若采用立式安装,元器件型号或标称值应朝同一方向,而卧式安装的元器件型号或标称值应朝向上方,集成电路的定

位标志方向应一致。

②凡具有屏蔽罩的磁性器件,如中频变压器等,其屏蔽罩应接到电路的公共地端。

③元器件的引线一般不宜剪得过短,以利于重复利用。

(二) 电路的调试

1. 调试方法

电路安装完毕后,必须经过调试才能正常工作。通常采用以下两种调试方法:

(1) 边安装边调试的方法

把一个总电路按框图上的功能分成若干单元电路分别进行安装和调试,在完成各单元电路调试的基础上逐步扩大安装和调试的范围,最后完成整机调试。对于新设计的电路,此方法既便于调试,又能及时发现和解决问题,该方法适合于课程设计中采用。

(2) 整个电路安装完毕后,实行一次性调试的方法

该调试方法适合于定型产品。调试时应注意做好调试记录,准确记录各部分的测试数据和波形,以便于分析和运行时参考。

2. 调试步骤

(1) 通电前检查

电路安装完毕后,首先应检查电路各部分的接线是否正确、电源、地线、信号线、元器件的引脚之间有无短路、器件有无接错。

(2) 通电检查

接入电路所要求的电源电压,观察电路中各部分元器件有无异常现象。如果出现异常现象,应立即关断电源,待排除故障后方可重新通电。

(3) 单元电路调试

在调试单元电路时应明确本部分的调试要求,按调试要求测试性能指标和观察波形。调试顺序按信号的流向进行,这样可以把前面调试过的输出信号作为后一级的输入信号,为最后的整机统调创造条件。电路调试包括静态和动态调试,通过调试掌握必要的的数据、波形、现象,然后对电路进行分析、判断、排除故障,完成调试要求。

(4) 整机统调

各单元电路调试完成后就为整机调试打下了基础。整机统调时应观察各单元电路连接后各级之间的信号关系,主要观察动态结果,检查电路的性能和参数,分析测量的数据和波形是否符合设计要求,对发现的故障和问题及时采取处理措施。

3. 常用的测试仪器

(1) 万用表

万用表又称三用表,是一种多量程和测量多种电量的便携式电子测量仪表。一般的万用表以测量电阻、交/直流电流、交/直流电压为主。有的万用表还可以用来测量音频电平、电容量、电感量和晶体管的 β 值等。由于万用表结构简单、便于携带、使用方便、用途多样、量程范围广,因而它是维修仪表和调试电路的重要工具,是一种最常用的测量仪表。

(2) 示波器

在电子技术领域中,电信号波形的观察和测量是一项很重要的内容,而示波器就是完成这个任务的一种很好的测试仪器。示波器可以用来研究信号瞬时幅度随时间的变化关系,也可以用来测量脉冲的幅值、上升时间等过渡特性。借助于各种转换器还可以用来观测各种非电