

高等教育“十二五”规划教材

电工电子 实习指导书

Diangong Dianzi Shixi Zhidaoshu

主编 于晓春 公茂法

中国矿业大学出版社



内 容 提 要

本书是按照教育部高等学校实践教学水平评估和教学大纲的要求编写的,是专门面向实践教学环节的实训指导书。分为四章:第一章为安全用电,介绍了安全用电知识;第二章为印制电路板的制作,分别介绍了印制电路板设计基础和印制电路板 CAD;第三章是电子元件的焊接技术,主要介绍了焊接基础知识等;第四章为实训。

本书可作为高等院校各类工科技术及相关专业的实训教材或指导书,也可作为高职、函授、成人高校相关专业的实训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实习指导书/于晓春,公茂法主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2011.4

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1041 - 8

I. ①电… II. ①于…②公… III. ①电工技术—高等学校—教学参考资料②电子技术—高等学校—教学参考资料
IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 062351 号

书 名 电工电子实习指导书

主 编 于晓春 公茂法

责任编辑 仓小金 潘俊成

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 7 字数 175 千字

版次印次 2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷

定 价 15.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

电工电子实践教学是电子、机电以及工科类专业的重要教学环节,是培养学生综合运用所学知识分析问题、解决问题及加强动手能力的系统工程。面对 21 世纪机电、电子信息技术的快速发展和技能性人才紧缺的局面,对学生的电工电子实践技能提出了更高的要求。

本教材共分四章:第一章为安全用电,介绍了安全用电知识,如安全电压的范围,电伤与电击以及触电事故的类型和急救方式;第二章为印制电路板的制作,介绍印制电路板设计基础、常用种类和印制电路板的各种制作方法以及印制电路板 CAD;第三章为电子元件的焊接技术,介绍了焊接的基础知识、焊接机理、焊锡的必要条件、手工焊接技术、焊接工具、手工焊接和无锡焊接的方法、自动焊接技术和拆焊的要求和方法;第四章为实训,首先介绍了 JDWK 型电工实训考核装置的功能及操作使用,而后是 25 个实训项目,本章是全书的重点,全书都是围绕着实训项目服务的,可供学生实训选择。

本教材的特色是综合了学生已学过的“电路基础”、“电工学”、“电子技术”、“电机学”、“机电传动控制”、“自动控制原理”、“计算机文化基础”等课程的知识,进一步进行了理论和实践的结合。

本教材的第一章、第三章、第四章由山东科技大学于晓春执笔,第二章由山东科技大学李洪宇执笔,山东科技大学公茂法和魏绍亮负责校对工作。

本教材可作为高等院校电子电气类、自动控制类、计算机类、机械类及相关专业的实训教材,也可作为高职、函授、成人高校相关专业的实训教材。

本教材在编写过程中得到了同济大学等院校的大力支持。

限于编者的学识水平和时间仓促,教材中难免有缺点和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 4 月

目 录

第一章 安全用电	1
第二章 印制电路板的制作	7
第一节 印制电路板设计基础	7
第二节 印制电路板 CAD	10
第三章 电子元件的焊接技术	28
第一节 焊接基础知识	28
第二节 手工焊接技术	30
第三节 自动焊接技术	33
第四节 拆焊	36
第四章 实训	38
第一节 JDWK 型电工实训考核装置简介	38
第二节 注意事项	39
第三节 实训项目	39
实训一 电工布线工艺实训说明	39
实训二 两个开关控制一盏灯电路训练	48
实训三 声控开关控制白炽灯电路训练	48
实训四 两地控制一盏灯电路训练	49
实训五 三地控制一盏灯电路训练	49
实训六 日光灯线路接线训练	49
实训七 单相电度表直接安装接线	50
实训八 单相电度表经电流互感器安装接线	50
实训九 配电板安装训练	51
实训十 室内照明电路安装训练	52

实训十一	交流负载电流、电压及功率的测量	54
实训十二	三相异步电动机直接启动控制	54
实训十三	三相异步电动机接触器点动控制线路	55
实训十四	三相异步电动机接触器自锁控制线路	57
实训十五	三相异步电动机 Y/ Δ 自动控制线路	59
实训十六	用倒顺开关控制三相异步电动机正反转线路	63
实训十七	接触器联锁的正反转控制线路	64
实训十八	按钮联锁的三相异步电动机正反转控制线路	67
实训十九	双重联锁的三相异步电动机正反转控制线路	69
实训二十	三相异步电动机多地控制	72
实训二十一	工作台自动往返控制线路	74
实训二十二	三相异步电动机串电阻降压启动自动控制线路	77
实训二十三	三相异步电动机能耗制动控制线路	79
实训二十四	组装 ZX2028 对讲机	81
实训二十五	组装 DT830B 数字万用表	99
第四节	实训项目所需元器件清单(每组配备清单)	104
参考文献		105

第一章 安全用电

电是现代社会不可缺少的动力来源,工业生产和文明社会生活都离不开电,电对人类的进步和发展起着非常重要的作用。电的使用有其两面性,使用得当,能给我们带来很大的益处;若使用不当,则会造成很大的危险。因此,掌握安全用电的基本知识非常重要。

一、安全电压

安全电压值的等级分为 42,36,24,12,6 V,直流电压不超过 120 V。通过人体的电流越大,对人体的伤害越大。通过人体电流的大小主要取决于加在人体的电压和人体的电阻大小。人体电阻一般为 100 k Ω ,皮肤潮湿时可降到 1 k Ω 以下。因此,接触的电压越高,对人体的伤害就越大。一般将 36 V 以下的电压作为安全电压,但在潮湿的环境中人体电阻会减小,因此应使用 12 V 安全电压。

二、电伤与电击

触电泛指人体触及带电体。触电时电流会对人体造成不同程度的伤害。触电事故可分为两类:电击、电伤。

(一) 电击

所谓电击,是指电流通过人体时所造成的内部伤害,它会破坏人的心脏、呼吸系统及神经系统的正常工作,甚至会危及生命。在通电电流不大且时间不长的情况下,会引起人的心室颤动,但通电电流时间较长时,会造成人窒息而死亡,这是电击致命的主要原因。绝大部分触电死亡事故都是由于电击造成的,日常所说的触电事故,基本上多指电击。

(二) 电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的伤害。

三、触电方式

触电对人体的伤害程度与通过人体的电流大小、电流频率、电流通过人体的路径、触电持续时间等因素有关。当通过人体的电流很微小时,仅使触电部分的肌肉发生轻微痉挛或刺痛。一般情况下,当通过人体的电流超过 50 mA

时,肌肉的痉挛加剧,触电者不能自行脱离带电体,持续一定时间便导致中枢神经系统麻痹,严重时可能引起死亡。

按照人体触及带电体的方式,触电一般分为单相触电和两相触电两种。

(一) 单相触电

单相触电是指人体某一部位触及一相带电体的触电方式。图 1-1、图 1-2 所示为比较常见的单相触电示意图。其中图 1-1 为中性点直接接地的三相电源,人站在地面上触及一根相线,这时人体处于相电压下,电流将从人体经大地回到电源中性点。如果脚与地面绝缘良好,回路阻力较大,流过人体的电流较小,危险性也就越小;反之,如果身体出汗或湿地着地,回路电阻较小而电流较大,就十分危险。图 1-2 为中性点不接地的三相电源,由于输电线与大地之间有电容存在,在交流电可经这种分布电容 C 构成通路而流过人体。

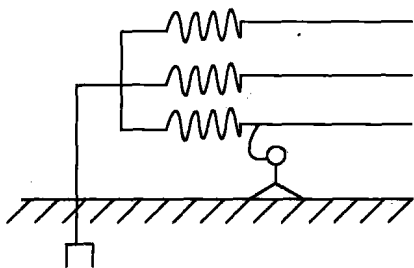


图 1-1 中性点直接接地的三相电源

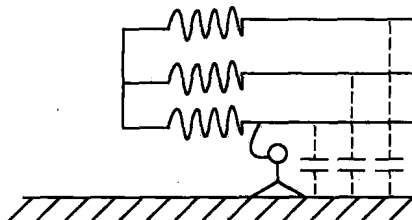


图 1-2 中性点不接地的三相电源

(二) 两相触电

两相触电是指人体两处同时触及两相带电体而发生的触电事故,这时加在人体上的电压为线电压,电流将从一相经人体流入另一相。因此,两相触电的危险性比单相触电大,如图 1-3 所示。

四、触电急救

一旦发生人身触电事故,首要的是迅速处理,并抢救得法。据统计资料介绍,触电后 1 min 得到救治者,一般有 90% 的存活率;触电 6 min 得到救治者,只有 10% 的存活率;而触电后 12 min 得到救治者,其被救活的可能性极小。人触电后,往往出现心跳停止、呼吸中断、昏迷不醒等症状,救护者应果断地以最快的速度正确的方法就地实施抢救。有的触电者经过四五小时抢救后,才起死回生。

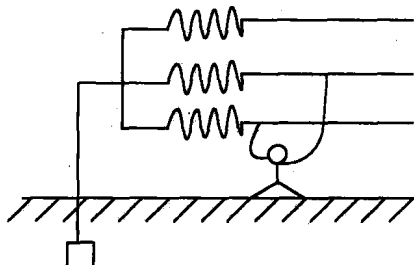


图 1-3 两相触电示意图

脱离险境。

遇到触电事故时,首先应迅速切断电源。当距开关较远时,可用绝缘物拉开触电者或挑开电线,也可用绝缘钳剪断电线。救护者应尽可能单手操作,防止自身触电,此外还应防止触电者在脱离电源时造成二次伤害,例如从高处落下摔伤等。

切断电源后应抓紧时间进行急救处理。如触电者尚未失去知觉,则应让其静卧,注意观察,并请医生前来进行诊治。如果心脏已停止跳动,呼吸停止,则应立即进行人工呼吸或用心脏按压法使触电者恢复心跳和呼吸。切勿对其滥用药物或进行搬动、运送操作,应立即请医务人员前来指导抢救。

施行人工呼吸和心脏按压急救前,应让触电者仰卧,并尽可能使其头部后仰,同时清除触电者口中污物,使其呼吸畅通。

(一) 人工呼吸急救法

当触电者呼吸停止但还有心跳时,可采取口对口(或口对鼻)式人工呼吸抢救。抢救时,救护者一只手捂住触电者鼻孔,自己深呼吸后,与触电者进行口对口吹气,并注意触电者的胸部应略有起伏。吹气完毕准备换气时,救护者的口应立即抬起,同时放松触电者鼻孔使其自动换气,并注意其胸部的复原情况。人工呼吸要长时间反复进行,一般每次吹气约 2 s,呼气约 3 s。如果触电者嘴扳不开时,可采用对鼻进行吹气施行急救。

(二) 心脏按压急救法

当触电者心脏已停止跳动,应采用此法急救。

救护时,使伤员平躺,救护人员两手交叉相叠,压在伤员胸骨下端。掌根用力向下挤压,挤压后迅速完全放松,让伤员胸部自动恢复,如此反复进行心脏按压,挤压时成人需压下 3~4 cm,每分钟挤压 60 次。

当触电者呼吸和心跳均停止时,最好由两人同时用人工呼吸和心脏按压法进行抢救。急救必须连续进行,经过长时间的抢救,触电者面色开始好转,心脏与呼吸已经恢复,才能停止抢救。

五、安全用电防护措施

为了防止触电事故的发生,除了工作人员必须严格遵守操作规程、正确安装和使用电气设备或器材之外,还应该采取保护接地、保护接零和漏电保护开关等安全措施。

(一) 保护接地

在正常情况下,将电气设备不带电的金属外壳和埋入地下并与其周围土壤良好接触的金属接地体相连接,称为保护接地,如图 1-4 所示。图中 R_d 为接地

电阻,它等于接地体对地电阻和接地线电阻之和。根据规定,对 1 000 V 以下的系统, R_d 一般不大于 $4\ \Omega$ 。

当电气设备绝缘损坏时或因漏电使电气设备的金属外壳带电时,如果金属外壳没有保护接地,则外壳电压为电源的相电压。采取保护接地后,因电阻 R_d 很小,故金属外壳的电位应接近地电位,漏电电流绝大部分经过接地导体流入大地,通过人体的电流几乎为零,避免了触电的危险。

注意 保护接地适用于中性点不接地的三相供电系统。对于中性点接地的三相供电系统,如果采用保护接地,则当发生单相碰外壳故障时,该相电压 U_p 就会经过保护接地的电阻 R_d 和电网中性点接地的电阻 R'_d 形成故障电流 I_d :

$$I_d = U_p / (R'_d + R_d)$$

如果 $U_p = 220\text{ V}$, $R_d = R'_d = 4\ \Omega$, 则 $I_d = 27.5\text{ A}$, 这个电流不一定能使保护装置常闭而把电源切断,从而使故障发生的可能性大大增加。这时设备外壳的电位为 $U_p/2 = 110\text{ V}$, 此电位值对人体仍然是危险的。因此,在三相电源中性点接地的情况下,不宜采用保护接地,而应采用保护接零。

(二) 保护接零

保护接零就是将电气设备在正常情况下不带电的金属外壳接到三相四线制电源的零线(中性线)上,如图 1-5 所示。当电气设备某一相的绝缘损坏而与外壳相碰时,就形成单相短路,该保护装置就开始动作(例如熔断器的熔丝熔断),因而外壳不再带电。保护接零导线中不允许安装熔断器。

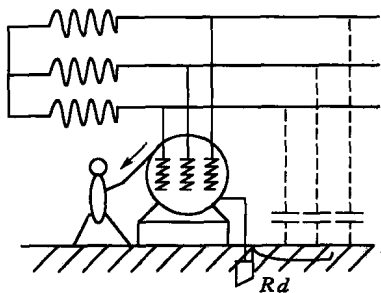


图 1-4 保护接地

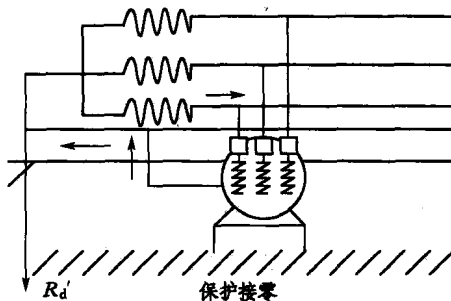


图 1-5 保护接零

保护接零适用于中性点接地的三相四线制供电系统。但在三相四线制不平衡负载系统中,由于零线上的电流不为零,因而使零线对地电位不为零。为了使保护更为安全可靠,有时专门从电源中性点引出一条零线用于保护接零。此时应将设备外壳接在这条保护零线上,这种供电系统有三条相线、一条工作零线和一条保护零线,称为三相五线制。

(三) 漏电保护装置

保护接地和保护接零一般可以有效地防止触电,但仍不可能保证绝对安全,最好采用漏电保护开关进行防范。国家规定,凡手持电动工具、移动电器者,均需配有漏电开关,以确保安全。低压用电单位在电源进线处安装漏电保护开关可以有效地防止触电事故。

漏电开关的额定电流可根据负荷的大小选择,其漏电电流整点值选得越小则越安全。但是选得太小时,灵敏度太高,如果开关动作频繁会影响正常供电和开关寿命,通常选用工作电流为 30~50 mA、动作时间为 0.1 s 的漏电开关。比较危险的工作场所最好选择工作电流为 10~30 mA 的漏电开关。

(四) 防火和防爆

电气设备发生故障时,很容易造成火灾或爆炸。电器线路、开关、熔丝、照明器具、电动机、电炉及电热器具等设备在出现事故或使用不当时,会发生电火花、电弧或发热量大大增加。当这些电气设备与可燃物体接触时,就会引起火灾。电力变压器、互感器、电力电容器等电气设备,除了可能引起火灾以外,还可能发生爆炸。

火灾、爆炸的主要原因是电气设备内部出现短路、电气设备严重过载、电路中的触点接触不良、电气设备或线路的绝缘损坏或老化、电气设备中的散热部件或通风设施损坏。

对于有火灾爆炸危险的场所,在选用和安装电气设备时,应选用合理的类型,例如防爆型、密封型、防尘型等。为防止火灾或爆炸,应严格遵守安全操作规程和有关规定,确保电气设备的正常运作。要定期检查设备,排除事故隐患。要确保通风良好,采用耐火材料及良好的保护装置等。

(五) 静电的防护

静止的电荷称为静电,积累的电荷越多电位也就越高。绝缘物体之间相互摩擦会产生静电,但日常生活中的静电现象一般不会造成危害。

工业上有不少场合会产生静电,例如石油、塑料、化纤、纸张等在生产过程或运输过程中,由于固体物质的摩擦、气体和液体的混合及搅拌等都可能产生和积累静电,静电电压有时可达几万伏。高的静电电压不仅会给工作人员带来危害,而且当发生静电放电形成火花时,可能引起火灾和爆炸,如矿井静电引起瓦斯爆炸等。

为了防止因静电发生火灾,基本的方法是限制静电的产生和积累,防止静电放电而引起的火花。常用的措施有:

① 限制静电的产生。如可减少摩擦,防止传动皮带打滑,降低气体、粉尘和液体的流速。

② 给静电提供转移和泄漏途径。如尽量用导电材料制造容易产生静电的零件,在非导电物质(橡胶、塑料、化纤等)中掺入导电物质,适当增加空气的相对湿度等。

③ 利用异极性电荷消除静电。

④ 采用防静电接地。

除以上一些措施外,在静电危险场所工作的人员要穿防静电的衣服和鞋子,不要穿容易产生静电(如用腈纶、尼龙等缝制)的衣裤和鞋袜等。

第二章 印制电路板的制作

第一节 印制电路板设计基础

一、印制电路板简介

印制电路板(Printed Circuit Board, PCB)又称印制板,是电子产品的重要部件之一。用印制电路板制造的电子产品具有可靠性高、一致性好、机械强度高、重量轻、体积小、易于标准化等优点。几乎每种电子设备,小到电子手表、计算器,大到计算机、通信设备、电子雷达系统,只要存在电子元器件,它们之间的电气互连就要使用印制板。在电子产品的研制过程中,影响电子产品成功的最基本因素之一是该产品的印制板的设计和制造。

在电子技术发展的早期,电路由电源、导线、开关和元器件构成。元器件都是用导线连接的,而元件的固定是在空间中立体进行的。随着电子技术的发展,电子产品的功能、结构变得很复杂,元件布局、互连布线都受到很大的空间限制。因此,要求对元件和布线进行规划。用一块板子作为基础,在板上规划元件的布局,确定元件的接点,使用接线柱做接点,用导线把接点按电路要求,在板的一面布线,另一面装元件,这就是最原始的电路板。这种类型的电路板在真空电子管时代非常流行,由于线路都在同一个平面分布,没有太多的遮盖点,检查起来容易。这时电路板已初步形成了“层”的概念。

二、印制电路板的常用种类

单面敷铜板的发明,成为电路板设计与制作新时代的标志。布线设计和制作技术都已发展成熟。先在敷铜板上用模板印制防腐蚀膜图,然后再腐蚀刻线,这种技术就像在纸上印制那样简便,“印制电路板”因此得名。印制电路板的应用大幅度降低了生产成本。随着电子技术的发展和印制板技术的进步,出现了双面板,其两面都敷铜,两面都可腐蚀刻线。

随着电子产品生产技术的发展,人们开始在双面电路板的基础上发展夹层,其实就是在双面板的基础上叠加上一块单面板,即形成多层电路板。起初,

夹层多用做大面积的地线、电源线的布线,表层都用于信号布线。后来,要求夹层用于信号布线的情况越来越多,这使电路板的层数也要增加。但夹层不能无限增加,主要原因是成本和厚度问题。一般的生产厂都希望以尽可能低的成本获取尽可能高的性能,这与实验室里做的原形机设计不同。因此,电子产品设计者要考虑到性价比这个矛盾的综合体,而最实际的设计方法仍然是以表层做信号布线层为首选。高频电路的元件也不能排得太密,否则元件本身的辐射会直接对其他元件产生干扰。层与层之间的布线应错开成十字走向,以减少布线电容和电感。

三、印制电路板的各种制作方法

(一) 方法 1

① 将敷铜板裁成电路图所需尺寸。

② 把蜡纸放在钢板上,用笔将电路图按 1:1 比例刻在蜡纸上,并把刻在蜡纸上的电路图按电路板尺寸剪下,剪下的蜡纸放在所印敷铜板上。取少量油漆与滑石粉调成稀稠合适的印料,用毛刷蘸取印料,均匀地涂到蜡纸上,反复几遍,印制板即可印上电路。这种刻板可反复使用,适于小批量制作。

③ 用氯酸钾 1 g、浓度 15% 的盐酸 40 mL 配制成腐蚀液,抹在电路板上需腐蚀的地方进行腐蚀。

④ 将腐蚀好的印制板反复用水清洗。用香蕉水擦掉油漆,再清洗几次,使印制板清洁,不留腐蚀液。抹上一层松香溶液待干后钻孔。

(二) 方法 2

① 制印板图。把图中的焊盘用点表示,连线走单线即可,但位置、尺寸需准确。

② 根据印板图的尺寸大小裁制好印板,做好铜箔面的清洁工作。

③ 用复写纸把图复制到印板上,如果线路较简单,且制作者有一定的制板经验,此步可省略。

④ 根据元件实物的具体情况,粘贴不同内外径的标准预切符号(焊盘);然后视电流大小粘贴不同宽度的胶带线条。标准预切符号及胶带,电子商店有售。预切符号常用规格有 D373 (OD—2.79, ID—0.79)、D266 (OD—2.00, ID—0.80)、D237 (OD—3.50, ID—1.50) 等几种,最好购买纸基材料做的(黑色),塑基(红色)材料尽量不用。胶带常用规格有 0.3, 0.9, 1.8, 2.3, 3.7 等几种,单位均为 mm。

⑤ 用软一点的小锤,如光滑的橡胶、塑料等敲打图贴,使之与铜箔充分粘连。重点敲击线条转弯处、搭接处。天冷时,最好用取暖器给表面加温以加强

粘连效果。

⑥ 放入三氯化铁中腐蚀,但需注意液温不高于 40°C 。腐蚀完后应及时取出冲洗干净,特别是有细线的情况。

⑦ 打眼。用细砂纸打亮铜箔,涂上松香酒精溶液,晾干后则制作完毕。这种印制板的质量很接近正规的印制板。 0.3 mm 胶带可在集成电路(IC)两脚之间穿越,可大大减少板正面的短跳线,省事、省时间。

(三) 方法 3

将漆片(即虫胶,化工原料店有售)一份,溶于三份无水酒精中,并适当搅拌,待其全部溶解后,滴上几滴医用紫药水(甲紫),使其呈现一定的颜色,搅拌均匀后,即可作为保护漆用来描绘电路板。

先用细砂纸把敷铜板擦亮,然后利用绘图仪的鸭嘴笔(或圆规上用来画图形的墨水鸭嘴笔)进行描绘,鸭嘴笔上有调整笔画粗细的螺母,可借用直尺、三角尺描绘出很细的直线,且描绘出的线条光滑、均匀,无边缘锯齿,给人以顺畅、流利的感觉;同时,还可以在电路板的空闲处写上汉字、英语、拼音或符号描绘出的线条,若字体线条向周围浸润,则是由于浓度太小,可以加一点漆片;若是液体浓度太稠了,需滴上几滴无水酒精。若需修改,用小棉签蘸上一点无水酒精擦拭后重新描绘即可。电路板图绘好后,将其放入三氯化铁溶液中腐蚀。电路板腐蚀好后,去漆也很方便,用棉球蘸上无水酒精,就可以将保护漆擦掉,晾干后涂上松香水即可使用。

由于酒精挥发快,配制好的保护漆应放在小瓶中(如墨水瓶)密封保存,用完后立即盖上瓶盖,若在下次使用时,发现浓度变稠了,只要加上适量无水酒精即可。

(四) 方法 4

把即时粘贴在敷铜板的铜箔上,然后在贴面上绘制好电路,再用刻刀刻透贴面层,形成所需电路,揭去非电路部分后用三氯化铁腐蚀或电流电解法就可以制作出较理想的电路板。

腐蚀温度在 55°C 左右时腐蚀速度较快。腐蚀好的电路板用清水冲洗干净,揭去电路上的即时贴,打好孔,晾干后涂上松香酒精溶液以备使用。

(五) 方法 5

① 根据电路原理图中所用的元件形状和印刷板面积的大小合理安排元件的密度和各元件的位置。确定元件位置应按照先大后小、先整体后局部的原则进行,使电路中相邻元件就近放置,排列整齐均匀。

② 各元件之间的连接导线在拐弯处和两线相交处不能拐直角,需用曲线过渡,也不能相互交叉和迂回太远。有些导线实在做不到这一点时,可以考虑在

印刷板的反面印制导线,再用穿钉与正面电路连接,或在焊接元件时另外用绝缘导线连接。

③ 输入部分和输出部分距离远一些为好,以免互相干扰。

(六) 方法 6

① 在打印机上将电路板图按 1:1 的比例打印在 80 g 复印纸上。手工绘制也可以,但底纸要平整。

② 找一台传真机,将机里的传真纸取出,换上热熔塑膜。把电路图放入传真机入口,利用传真机的复印键,将线路图复制在热熔塑膜上。这时印刷电路板的“印刷原稿”就做好了。

③ 用双面胶带纸将制好图的塑膜平整地贴在敷铜板上。注意要平整,不能起皱,胶带纸不能遮住熔化部分,否则影响线路板的制作效果。

④ 用漆刷将油漆均匀地刷在塑膜上,注意不能往复地刷,只能顺着同一个方向依次刷,否则塑膜会起皱,铜板上的线条就会出现重叠。待电路图全刷遍后,小心地将塑膜拿掉。这时一块印刷线路板就印刷好了。晾干后,即可腐蚀。

如要印制多块,可做一个比电路板大一点的木框,将丝网平整地敷在木框上,固定好后再用双面胶带纸将定好影的塑膜贴在丝网下面。将敷铜板放在桌上,合上丝网架(印刷图与敷铜板要左右对齐),用漆刷将漆顺一个方向依次刷好,拿掉网架,印刷电路板就印好了。如有缺陷,可用油漆和竹片修改。

以上过程需注意,刷漆时,手用力要轻重得当,太重漆膜太厚,线条会跑花边;太轻线条会出现断线,并注意塑膜一定要正面朝上。

第二节 印制电路板 CAD

一、Altium Designer 的主要特点

随着科学技术高速发展,电脑的应用范围几乎已经遍及各个领域,尤其在“电路设计”方面使用电脑的历史更是久远。20 世纪 80 年代中期美国 Actel 公司推出第一个应用于电子线路设计的软件包——Tango。随着科学技术的发展,Protel 公司以其强大的研发能力推出了更适应需求的 Protel For Dos,自此,Protel 这个名字在业内日益响亮,并不断推出新版本。Protel 公司在 2001 年更名为 Altium 公司,Protel 的后续版本就更名为 Altium Designer。当前最新的版本为 Altium Designer 10。

该系列软件自进入我国以后,一直以易学易用而深受用户喜爱。Altium 公司持续在市场上推出一系列设计新概念和新技术,帮助电子产品设计人员更快

更好地将设计转化为产品。其将设计流程、集成化 PCB 设计、可编程器件(如 FPGA)设计和基于处理器设计的嵌入式软件开发功能整合在一起,可同时进行 PCB 和 FPGA 设计以及嵌入式设计,具有将设计方案从概念转变为最终产品所需的全部功能。

这套电路设计软件包括:电路绘图设计、电路仿真、可编程逻辑设计、印刷电路板(PCB)设计,以及制作 PCB 所需的菲林底片文件、数控机钻孔文件、机械手插件文件等,使电路设计的时间大为缩短,大大降低了成本,可靠性大为提升。

本书以 Altium Designer Winter 09(以下简称 Winter 09)为平台,介绍电路设计的基本方法和技巧。

在 Winter 09 中,原来已有的三维 PCB 设计功能被提升到了一个更高的新境界。新功能可以让工程师轻易地完成从产品设计到制造的过程转换,工程师可以尝试新的设计技术并深度挖掘可编程器件的潜力。新增加的应用控制面板帮助工程师解决了 FPGA 测试上的难题,并可以远程监控 FPGA 内的设计。新的即插即用型软件平台搭建器让系统的整合更容易,同时提供可编程器件的一系列标准服务。其特点包括以下几个方面。

(一) 三维 PCB 可视引擎性能大提升

以前版本里已经提供的 Altium 三维 PCB 可视设计环境可以让工程师在设计的同时实时观看 PCB 设计的三维外观。通过可视环境,工程师可以直接将机械 CAD 信息反映在 PCB 设计上,帮助在元件的放置和距离上作出最优选择。而 Winter 09 优化了内存并将三维 PCB 可视化系统的速度提升至最高达 7 倍之多。

其他方面性能的提升还包括:二维制图的速度提升 3 倍;二维透视的性能提升 11 倍;高亮和对比度调试的性能提升 9 倍;三维旋转的性能提升 5 倍。

Winter 09 还提供了一系列目前已有的显卡的性能对比供用户参考,更好地保护用户的投资,为软件的投入提供最大的回报。这使设计人员能够更好地利用现有的计算机硬件。

优化三维 PCB 图形引擎至关重要,由此可以极大地提高整个软件的性能,并降低对硬件的要求,使得系统的反应速度更快,把图形延迟对设计造成的影响变得最小。

(二) 增强 PCB 建模功能——真实表面处理和其他可视化功能增强

Winter 09 扩充了实时三维 PCB 设计功能。最新的版本支持三维建模的纹理映射,使设计师能够对设计板和元件进行表面处理。

Winter 09 提供增强的过孔功能,并允许在不同信号层上使用不同尺寸的焊

盘。过孔的叠加可以支持更高的跟踪密度。工程师还可以通过元件焊盘来实现过孔的偏移。

所有上述的增强型功能都提高了 PCB 设计的精确性,并为设计板布线和可视化提供了新的设计思路。

(三) 新的交互式布线功能——高速绕过走线和环绕功能

Winter 09 同时推出的交互式布线将软件功能推向一个新的层次。新的布线引擎对差分对信号和总线的布线(多重布线和追踪)进行了增强。新的布线引擎支持当前路径物件的绕过、对现有布线进行环绕并生成新的路径、对路径物件(包括过孔)的推挤和对布线路径的智能完成。新的引擎同时也保证了布线的快速和流畅。

这样,工程师可以在交互式布线的同时实现差分对和单闭端的管脚交换。这在 FPGA 器件设计的时候十分有用,因为在很多时候管脚会发生某种特殊的信号。Winter 09 同时还通过交互式的布线引擎来自动解决布线中遇到障碍需要改变路径的各种情况。

(四) 设计新概念——设计管理延伸到制造管理

Winter 09 还新推出一项技术用于帮助工程师更好地管理从设计到制造的流程。

当工程师准备将设计付诸实际生产时,通常会为制造环节的不同人群提供大量各类文件。通常信息主要来源于原理图、PCB 文件、原料清单、元件数据、FPGA 和软件的源码及目标文件以及设计流程报告等。对于同样的文件,有些使用者需要打印,而有些则只需要相应的 PDF 文档。所以生成正确的文件是一项费时费力的工作,而且随时都有没有及时更新或者发生错误的可能,这在时间和成本方面都有可能代价高昂。

Winter 09 增强了对所有设计文件的版本控制。Winter 09 采用新的技术在设计环境中创建并跟踪文件的更新记录。通过集中管理输出文件的定义和产生过程,使整个输出的流程更简单顺畅。所有的文件都可以轻易生成为各种形式,大部分是智能 PDF 和在线的格式。

该功能和三维的 PCB 设计环境相链接,工程师可以借此在生成生产文件之前很直观地检测他们的设计,避免不必要的错误。

新的设计发布管理功能的向导式界面可以管理设计发布的整个流程,并可以使之向设计团队之外的相关人员开放。通过中央控制面板可以生成各类输出文件,并发送到相关人员。设计发布管理功能还可以对设计进行“快照”,便于设计师进行收回、修改和重新发布,并对所有相对应支持文件进行正确性的检查。该功能可实现设计的多次发布,并提供完整的发布历史以供追溯。