

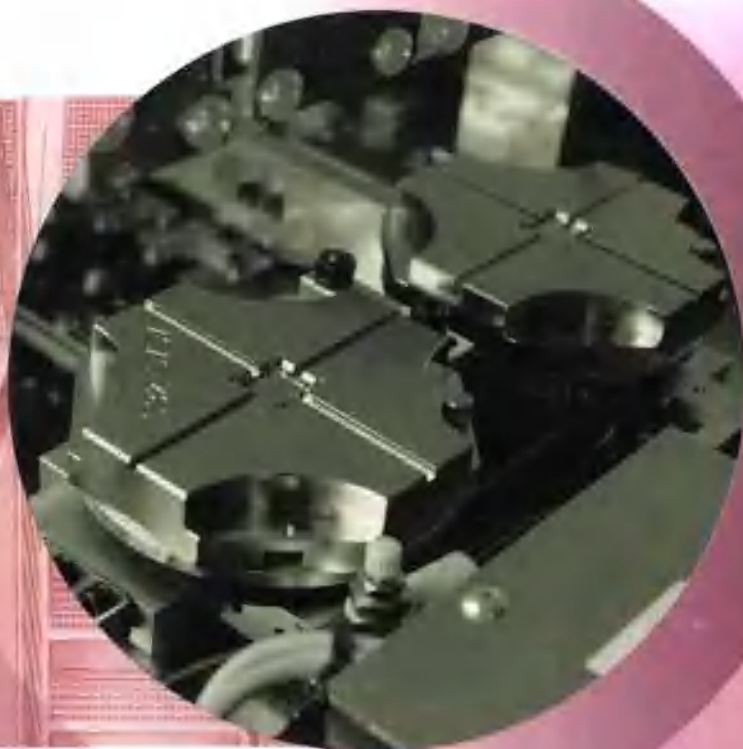


中等职业学校机电类规划教材

电子技术应用专业系列

电子产品制造技术

陈振源 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中等职业学校机电类规划教材

电子技术应用专业系列

电子产品制造技术

陈振源 主 编

 **人民邮电出版社**
POSTS & TELECOM PRESS

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

电子产品制造技术 / 陈振源主编. —北京: 人民邮电出版社, 2007.3

中等职业学校机电类规划教材. 电子技术应用专业系列

ISBN 978-7-115-15496-5

I. 电... II. 陈... III. 电子产品—生产工艺—专业学校—教材 IV. TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 144927 号

内 容 提 要

本书是依据行业职业技能鉴定规范, 并参考现代电子企业的生产技术文件而编写的。主要内容包括电子产品生产流程及技术文件、电子整机装配常用器材、印制电路板制作、电子元器件的插装与焊接、表面元件安装技术、整机装配和调试、整机检验与包装以及与理论知识相配套的实践训练项目。本书是按电子产品的生产流程来构建课程的结构体系, 在实践性、实用性和针对性方面凸显了编写特色。

本书表述简洁清楚, 通俗易懂, 重点突出, 教学内容贴近生产实际, 贴近电子企业的岗位需求, 适合中等职业教育电子专业学生使用, 亦可作为电子企业技术工人的培训用书。

中等职业学校机电类规划教材

电子技术应用专业系列

电子产品制造技术

◆ 主 编 陈振源

责任编辑 王 平

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

人民邮电出版社河北印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 13.25

字数: 315 千字

印数: 1—3 000 册

2007 年 3 月第 1 版

2007 年 3 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-15496-5/TP

定价: 20.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

中等职业学校机电类规划教材

电子技术应用专业系列教材编委会

主 任 杜德昌

副主任 金国砥 向 伟 周兴林

委 员	方张龙	费新华	耿德普	马旭洲	石秋洁
	许长斌	杨海祥	易培林	于建华	俞 艳
	张孟玮	周德仁			

木 书 编 委

陈振源	洪 益	黄智晗	方 静	夏东风
吴友明	王永炫	方立刚	黄惠晖	李 靖
陈思多	王 平			



我国加入 WTO 以后,国内机械加工行业和电子技术行业得到快速发展。国内机电技术的革新和产业结构的调整成为一种发展趋势。因此,近年来企业对机电人才的需求量逐年上升,对技术工人的专业知识和操作技能也提出了更高的要求。相应地,为满足机电行业对人才的需求,中等职业学校机电类专业的招生规模在不断扩大,教学内容和教学方法也在不断调整。

为了适应机电行业快速发展和中等职业学校机电专业教学改革对教材的需要,我们在全国机电行业和职业教育发展较好的地区进行了广泛调研;以培养技能型人才为出发点,以各地中职教育教研成果为参考,以中职教学需求和教学一线的骨干教师对教材建设的要求为标准,经过充分研讨与论证,精心规划了这套《中等职业学校机电类规划教材》,该套教材包括四个系列,分别为《专业基础课程与实训课程系列》、《数控技术应用专业系列》、《模具设计与制造专业系列》、《电子技术应用专业系列》。

本套教材力求体现国家倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的精神,结合职业技能鉴定和中等职业学校双证书的需求,精简整合理论课程,注重实训教学,强化上岗前培训;教材内容统筹规划,合理安排知识点、技能点,避免重复;教学形式生动活泼,以符合中等职业学校学生的认知规律。

本套教材广泛参考了各地中等职业学校的教学计划,面向优秀教师征集编写大纲,并在国内机电行业较发达的地区邀请专家对大纲进行了多次评议及反复论证,尽可能使教材的知识结构和编写方式符合当前中等职业学校机电专业教学的要求。

在作者的选择上,充分考虑了教学和就业的实际需要,邀请活跃在各重点学校教学一线的“双师型”专业骨干教师作为主编。他们具有深厚的教学功底,同时具有实际生产操作的丰富经验,能够准确把握中等职业学校机电专业人才培养的客观需求;他们具有丰富的教材编写经验,能够将中职教学的规律和学生理解知识、掌握技能的特点充分体现在教材中。

为了方便教学,我们免费为选用本套教材的老师提供教学辅助光盘,光盘的内容为教材的习题答案、模拟试卷和电子教案(电子教案为教学提纲与书中重要的图表,以及不便在书中描述的技能要领与实训效果)等教学相关资料,部分教材还配有便于学生理解和操作演练的多媒体课件,以求尽量为教学中的各个环节提供便利。

我们衷心希望本套教材的出版能促进目前中等职业学校的教学工作,并希望能得到职业教育专家和广大师生的批评与指正,以期通过逐步调整、完善和补充,使之更符合中职教学实际。

欢迎广大读者来电来函。

电子函件地址: guojing@ptpress.com.cn, wangping@ptpress.com.cn

读者服务热线: 010-67143761, 67132792, 67184065



随着电子产品制造技术的发展,中等职业学校的“电子工艺基础”教学存在的主要问题是传统的教学内容与现代电子生产企业生产实际的差异加大,本书的编写尝试打破原来的学科知识体系,按现代电子企业的生产流程来构建本课程的技能培训体系,即元器件→印制电路板→印制电路板装配→整机总装→整机调试→整机维修→产品检验→产品包装,使之更加贴近现代企业的生产实际,提高了“电子工艺”课程的实效性、针对性和前瞻性。

本书是依据行业职业技能鉴定规范,并参考了现代电子企业的生产技术文件而编写的。主要内容包括常用技术文件及整机装配工艺过程、常用电子装配器材、印制电路板制作、表面元器件安装技术、静电防护、电子整机总装与调试工艺、检验与包装工艺等。通过本课程的学习将使具备电子整机装配知识和直接从事生产线电子整机装配的基本技能,帮助学生掌握电子产品的现代化加工流程、先进的制造技术和最新的加工工艺。

本书既强调基础,又力求体现新知识、新技术、新工艺,教学内容与国家职业技能鉴定规范相结合。在编写体例上采用新的形式,简约的文字表述,采用大量实物图片,图文并茂,直观明了;注重理论和实践的结合,设置“应用提示”小栏目,并通过配套技能的训练项目来加强学生技能的培养。各章配有思考与练习,加深学生理解。

本课程的教学课时数为108学时,各章的参考教学课时见以下的课时分配表。

章 节	课 程 内 容	课 时 分 配	
		讲 授	实践训练
第1章	电子产品生产流程及技术文件	6	6
第2章	电子整机装配常用器材	12	6
*第3章	印制电路板制作	6	6
第4章	电子元器件的插装与焊接	10	6
第5章	表面元器件安装技术	8	6
第6章	整机装配和调试	10	10
第7章	整机检验与包装	10	6
• 课时总计		62	46

陈振源担任本书主编,并编写第1,第2章,黄智晗编写第3,第6章,洪益编写第4,第5章,方静编写第7章,王永炫、黄惠晖、方立刚、李靖、陈思多、吴友明参加了资料的整理并绘制本书的部分插图。本教材的编写得到厦门华侨电子股份有限公司、夏新电子股份有限公司的指导和帮助,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳切希望广大读者批评指正。

编 者
2006年12月

目 录

第1章 电子产品生产流程及技术文件	1
1.1 电子产品的生产工艺流程	1
1.1.1 装配工艺的一般流程	1
1.1.2 流水线的工作方式	2
1.2 技术文件	3
1.2.1 技术文件的特点	3
1.2.2 设计文件	4
1.2.3 工艺文件	9
1.3 识图方法	21
1.3.1 怎样识读方框图	21
1.3.2 怎样识读电路原理图	23
1.3.3 怎样看印制电路板图	24
1.3.4 怎样看装配图	25
1.4 实践项目	25
1.4.1 电子产品的技术文件绘制	25
1.4.2 彩电主板的识读训练	26
本章小结	26
思考与练习	27
第2章 电子整机装配常用器材	29
2.1 阻容感元件	29
2.1.1 电阻器	29
2.1.2 电容器	33
2.1.3 电感器	37
2.2 半导体器件	40
2.2.1 二极管	40
2.2.2 晶体三极管	41
2.2.3 集成电路	44
2.3 机电元件	47
2.3.1 接插件	47
2.3.2 开关	49
2.3.3 继电器	50
2.4 电子元器件的检验和筛选	53
2.4.1 外观质量检验	53
2.4.2 电气性能使用筛选	53



2.5 常用材料	54
2.5.1 导线	54
2.5.2 常用绝缘材料	55
2.6 常用装配工具	56
2.6.1 钳子	56
2.6.2 镊子	57
2.6.3 螺丝刀	57
2.6.4 热溶胶枪	58
2.6.5 风剪	59
2.7 实践项目	59
2.7.1 电阻器的识读和测量	59
2.7.2 电容器的识读和测量	60
2.7.3 二极管和三极管的检测	62
本章小结	63
思考与练习	63
第3章 印制电路板制作	65
3.1 概述	65
3.1.1 印制电路板的作用	65
3.1.2 印制电路板的种类	67
3.1.3 印制电路板设计步骤	68
3.1.4 印制电路板设计要求	70
3.2 印制电路板的制造	73
3.2.1 印制电路板的制造工艺流程	73
3.2.2 印制电路板的手工制作	74
3.3 印制电路板 CAD 软件简介	77
3.3.1 软件概述	77
3.3.2 电路原理图绘制	78
3.3.3 绘制印制电路板	79
3.4 实践项目	81
3.4.1 印制电路板图的绘制	81
3.4.2 用热转印法制作印制电路板	81
本章小结	82
思考与练习	82
第4章 电子元器件的插装与焊接	84
4.1 印制电路板组装的工艺流程	84
4.1.1 印制电路板组装工艺流程介绍	84
4.1.2 印制电路板装配工艺的要求	87



4.2 电子装配的静电防护	88
4.2.1 静电产生的因素	88
4.2.2 静电的危害	89
4.2.3 电子装配的静电防护	90
4.3 电子元器件的插装	91
4.3.1 元器件的分类与筛选	92
4.3.2 元器件引脚成形	92
4.3.3 插件技术	93
4.4 手工焊接工艺	95
4.4.1 焊料与焊剂	95
4.4.2 焊接工具的选用	96
4.4.3 手工焊接的工艺流程和方法	99
4.4.4 导线和接线端子的焊接	101
4.4.5 印制电路板上的焊接	102
4.5 电子工业生产中的焊接方法	104
4.5.1 浸焊	104
4.5.2 波峰焊接技术	105
4.5.3 双波峰焊接工艺	107
4.5.4 二次焊接工艺简介	108
4.6 焊接质量的分析及拆焊	109
4.6.1 焊接质量分析	109
4.6.2 拆焊	111
4.7 实践项目	113
4.7.1 印制电路板上元器件的焊接	113
4.7.2 集成电路在印制电路板上的焊接	114
4.7.3 印制电路板上元器件的拆焊	114
本章小结	115
思考与练习	116
第5章 表面元器件安装技术	117
5.1 表面安装技术概述	117
5.1.1 表面安装技术的发展	117
5.1.2 表面安装技术的特点	118
5.1.3 表面安装技术的工艺流程	119
5.2 表面安装元器件	120
5.2.1 表面安装无源元器件	120
5.2.2 表面安装有源元器件	123
5.3 表面安装材料与设备	125
5.3.1 表面安装材料	125



5.3.2 表面安装设备	127
5.4 表面安装电路板的检修	131
5.4.1 表面安装电路板的质量检查	132
5.4.2 表面安装电路板的修理	134
*5.5 微组装技术	135
5.5.1 球栅阵列封装	135
5.5.2 芯片规模封装	136
5.5.3 芯片直接贴装技术	137
5.6 实践项目	139
5.6.1 参观回流焊及表面安装技术实际操作	139
5.6.2 表面安装元器件的焊接和拆焊训练	139
本章小结	140
思考与练习	141
第6章 整机总装和调试	143
6.1 整机总装前的准备工艺	143
6.1.1 装接线的端头处理	143
6.1.2 电缆的加工	146
6.1.3 线扎成形加工	147
6.2 整机总装工艺	149
6.2.1 整机总装的工艺流程和原则	149
6.2.2 总装操作对整机性能的影响	150
6.2.3 典型产品总装示例	150
6.3 整机调试	152
6.3.1 整机调试的内容和分类	153
6.3.2 整机调试的一般程序和方法	153
6.3.3 常用的测试仪器	154
6.3.4 典型产品调试示例	161
6.4 电子产品的故障检测和排除	162
6.4.1 电子产品出现故障的原因	162
6.4.2 检测和排除故障的方法	163
6.5 实践项目	165
6.5.1 导线与电缆线的端头加工	165
6.5.2 线把扎制	166
6.5.3 组装直流稳压电源	166
6.5.4 收录机的拆卸和装配	167
本章小结	168
思考与练习	168



第7章 整机检验与包装	170
7.1 整机检验	170
7.1.1 整机检验的方法	171
7.1.2 整机检验的主要内容	171
7.1.3 电子整机检验举例	174
7.1.4 机壳外观故障的检查与修复	177
7.2 电子整机产品的老化和环境试验	178
7.2.1 整机产品的老化	179
7.2.2 整机产品的环境试验	180
7.3 电子产品包装	184
7.3.1 电子产品包装的种要与基本原则	184
7.3.2 包装材料和要求	186
7.3.3 电子整机包装工艺	189
7.4 电子产品质量管理及 ISO 9000 标准系列	191
7.4.1 GB/T 19000 与 ISO 9000 标准系列	191
7.4.2 实施 GB/T 19000 标准系列的意义	193
7.4.3 中国强制认证	194
7.5 实践项目	196
7.5.1 电子产品塑料外壳刮伤的修整	196
7.5.2 参观电子企业的产品包装线	197
本章小结	198
思考与练习	198
参考文献	200



第 1 章

电子产品生产流程及技术文件

电子产品装配的目的是以较合理的结构安排,最简化的工艺来实现其技术指标。本章将介绍电子产品的装配工艺流程和生产中常用的技术文件,使读者对电子产品的生产全过程有一个初步的了解,并能识读电子整机生产中的技术图纸和工艺文件,为本课程的学习打下基础。

知识目标

- 了解电子产品的装配工艺流程
- 了解流水装配线上的手工装配方式和自动装配方式
- 掌握技术文件的特点
- 掌握设计文件的作用、种类和编号
- 掌握工艺文件的种类、作用、编号和格式

技能目标

- 初步掌握识读方框图、电路原理图、印制电路板图的技巧等
- 能读懂电子产品的一般装接工艺文件
- 能根据实际电路板绘制印制电路板图和电路原理图

1.1 电子产品的生产工艺流程

1.1.1 装配工艺的一般流程

电子产品的装配过程是先将零件、元器件组装成部件,再将部件组装成整机。电子产品装配的工序因设备的种类、规模不同,其构成也有所不同,但基本工序并没有什么变化,其过程大致可分为装配准备、印制电路板装配、整机装配和调试、整机检验、产品包装等几个阶段,一般整机装配工艺的具体操作流程如图 1.1 所示,据此就可以制订出制造电子产品最有效的工序来。

1. 装配准备

(1) 技术文件准备:准备齐全必要的技术图纸等,编制工艺文件。

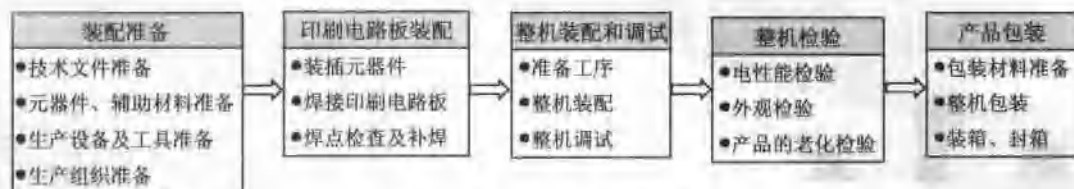


图 1.1 电子产品的装配工艺流程

(2) 生产材料准备: 按照产品的材料工艺文件进行购料、领料和备料, 并对元器件进行质量抽检、引脚成形与搪锡处理, 导线的线头加工等。

(3) 生产设备及工具准备: 准备电子产品装配需要使用一些工具和设备, 主要包括常用的五金工具、焊接工具和常用的专用设备等。

(4) 生产组织准备: 根据工艺文件, 确定生产工艺步骤和装配方法, 进行流水线作业安排、人员配备等。

2. 印制电路板装配

印制电路板装配是指将元器件按要求插装在电路板上, 并采用焊接工艺把元器件固定的过程 (详述见第 4、5 章)。

3. 整机装配

整机装配是指将加工好的电路板、相关部件、机壳等组装成为一个完整的产品, 整机装配完后还需进行调试 (详述见第 6 章)。

4. 整机检验

整机检验是指检验生产出来的产品的性能质量是否达到合格标准。整机检验主要分为: 电性能检验、外观检验和产品的老化检验 (详述见第 7 章)。

5. 产品包装

产品包装是电子产品生产过程的最后一道工序, 为保护产品、方便储运和促进销售, 电子产品要有外包装。产品包装工艺过程主要有: 包装材料准备、整机包装、装箱和封箱 (详述见第 7 章)。

1.1.2 流水线的工作方式

目前, 电视机、录音机、收音机等印制电路板的组装生产可以划分为手工装配方式和自动装配方式两大类。

1. 手工装配方式

个体的手工装配是由操作者独自完成作品的组装工作。首先将元器件进行引脚整形, 按规定插件, 剪掉多余的引线, 进行手工焊接。这种操作方式, 每个操作者要从头装到结束, 速度慢, 效率低, 而且容易出错, 因此这类手工装配方式一般只在产品的样机试制阶段或小批量试生产时应用。

对于设计稳定, 大批量生产的产品, 宜采用流水线装配, 这种方式可大大提高生产效率, 减小差错, 提高产品合格率。流水线操作是把电子产品的组装工作分成若干道简单的工序, 装配的部件在流水线上移动 (一般是用传送带进行传送), 每个操作者在自己的工位上、在规定的时间内完成对产品的加工工序。流水线的手工装配一般工序是: 手工插件→浸锡焊接→



剪脚→二次浸锡焊接→人工补焊。

2. 自动装配方式

手工装配虽然对加工设备要求不高,设备投入较低,但加工速度慢,易出差错,不适应现代化大批量生产的需要。自动装配一般使用自动插件机、波峰焊接机等设备,可极大地提高生产效率,节省劳力,产品合格率也大大提高。印制电路板自动装配的工艺流程框图如图1.2所示。

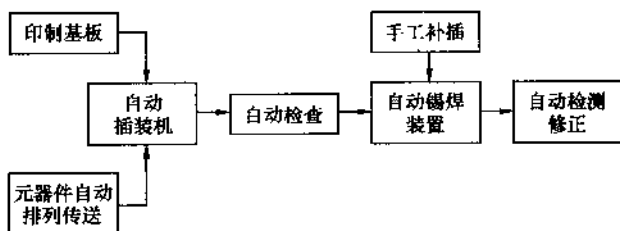


图 1.2 印制电路板自动装配工艺流程图

由插件机自动完成元器件切断引脚、引脚成形,元器件插入印制电路基板的对应位置,并完成引脚弯角等动作。印制电路板靠传送带自动送到下一个台插件机,继续插装其他元器件,当元器件全部插装完毕,通过传输线送到波峰焊接机完成自动焊接。焊接后的电路板个别不合格部分由人工进行补焊、修理。



想一想

1. 简述电子产品生产的一般工艺流程。
2. 说明印制电路板手工装配方式与自动装配方式的不同。
3. 试画出印制电路板手工装配工艺流程图。
4. 电子产品采用流水线装配的好处是什么?
5. 通过互联网查找电子产品手工装配线上使用的设备“手浸锡炉”、“电路板剪脚机”的图片与相关资料。

1.2 技术文件

技术文件是产品生产、检验、使用和维修的依据。从事电子产品设计、生产和使用的人员总是要和各种各样的电气图、文字表格、说明书等打交道,这些图、文、表统称为技术文件,了解技术文件的组成、要求及特性,准确识别,正确绘制,灵活运用是从事电子产品生产工作的基本要求。

本节主要介绍设计文件和工艺文件的基本知识。

1.2.1 技术文件的特点

技术文件是产品研究、设计、试制与生产实践经验积累所形成的一种技术资料,它主要



包括设计文件、工艺文件两大类。

1. 标准化

标准化是电子产品技术文件的基本要求，电子产品技术文件要求全面，严格执行国家标准或企业标准。企业标准是国家标准的补充和延伸，不能与国家标准相违背，或低于国家标准要求。标准化主要体现为产品技术文件的完整性、正确性和一致性。

① 完整性：是指成套性和签署完整性，即产品技术文件以明细表为单位齐全且符合有关标准化规定，签署齐全。

② 正确性：是指编制方法正确、符合有关标准，贯彻实施标准内容正确，贯彻实施相关标准准确，不能“张冠李戴”。

③ 一致性：是指填写一致性、引证一致性和文物一致性，即同一个项目在所有生产的技术文件中填写方法、引证方法均一致，产品所有技术文件与产品实物和产品生产实际一致。

2. 管理严格

电子产品技术文件是由企业技术管理部门进行管理的，涉及文件的审核、签署、更改等方面，这一切都需要按技术管理标准来操作。技术文件一旦通过审核签署，生产部门必须完全按相关的技术文件进行工作，操作者不能随便更改，使技术文件的完备性、权威性和一致性得以体现。

应用提示

- 作为生产企业的员工应妥善保管好电子产品的技术文件，不能丢失。
- 要保持技术文件的清洁，不要在图纸上乱写乱画。
- 对于企业的技术文件未经允许，不能对外交流，要注意做好文件保密工作。

1.2.2 设计文件

设计文件是产品从设计、试制、鉴定到生产的各个阶段的实践过程中形成的图样及技术资料，例如产品标准、技术条件、明细表、电路原理图、方框图、零件图、印制电路板图、技术说明书等。设计文件规定了产品的组成、形式、结构尺寸、原理、程序以及在制造、验收、流通、使用和维修时所必需的技术数据和说明。

1. 设计文件的作用

设计文件是能反映产品全貌的技术文件，主要作用如下。

(1) 用来组织和指导企业内部的产品生产。生产部门的工程技术人员是依据设计文件给出的产品信息，编制指导生产的工艺文件，如工艺流程、材料定额、工时定额、设计工装夹具、编制岗位作业指导书等文件。

(2) 产品的制造、维修和检测需要查阅设计文件中的图纸和数据。

(3) 产品使用人员和维修人员根据设计文件提供的技术说明和使用说明，便于对产品进行安装、使用和维修，无须设计人员或生产技术人员亲自到场。

2. 设计文件的种类

设计文件的种类很多，按文件的样式可将设计文件分为三大类：文字性文件、表格性文件和工程图。不同的产品其设计文件的种类也不尽相同。文件的多少以能完整地表达所需意义而定。





(1) 文字性设计文件

① 产品标准或技术条件：是对产品性能、技术参数、试验方法和检验要求等所做的规定。产品标准是反映产品技术水平的文件。有些产品标准是国家标准或行业标准做了明确规定的，文件可以引用，国家标准和行业标准未包括的内容文件应补充进去。通常，企业制定的产品标准不能低于国家标准和行业标准。

② 技术说明：是供研究、使用和维修产品用的，对产品的性能、工作原理、结构特点应说明清楚，其主要内容应包括产品技术参数、结构特点、工作原理、安装调试和维修等内容。

③ 使用说明：是供使用者正确使用产品而编写的，其主要内容是说明产品性能、基本工作原理、安装方法、使用方法和注意事项。

(2) 表格性设计文件

① 明细表：是构成产品（或某部分）的所有零部件、元器件和材料的汇总表，也叫物料清单。从明细表可以查到组成该产品的零部件、元器件及材料。

② 软件清单：是记录软件程序的清单。

③ 接线表：是用表格形式表述电子产品两部分之间的接线关系的文件，用于指导生产时该两部分的连接。

(3) 电子工程图

电子产品在设计开发和生产中的设计文件和工艺文件也离不开电子工程图，例如电路原理图、方框图、装配图、印制电路板图、逻辑图等。

① 电路原理图：也叫电路图，如图 1.3 所示，是用电气制图的图形符号画出产品各元器件之间、各部分之间的连接关系，用以说明产品的工作原理。它是电子产品设计文件中最基本的图纸。

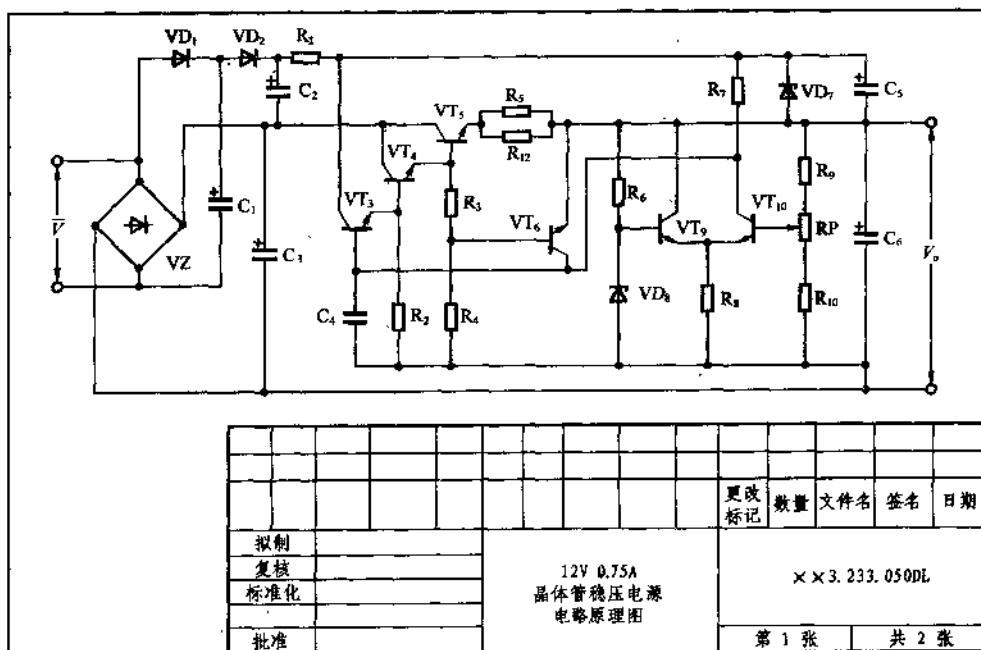


图 1.3 稳压电源电路原理图



② 方框图：是用一个个方框表示电子产品的各个部件或功能模块，用连线表示它们之间的连接，进而说明其组成结构和工作原理，具有简单明确、一目了然的特点，是原理图的简化示意图。图 1.4 所示为普通超外差式收音机的方框图，它能让我们一眼就看出电路的全貌、主要组成部分及各级电路的功能。

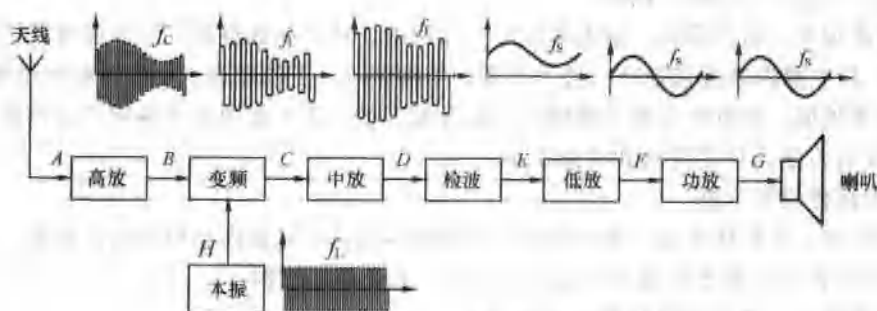


图 1.4 普通超外差式收音机方框图

③ 印制电路板图：是用于指导工人装配焊接印制电路板的工艺图。印制电路板图一般分成两类：画出印制导线的和不画出印制导线的印制电路板图。

画出印制导线的印制电路板图如图 1.5 所示。在这张图里，印制导线按照印制电路板的实物画出，并在安装位置上画出了元器件。

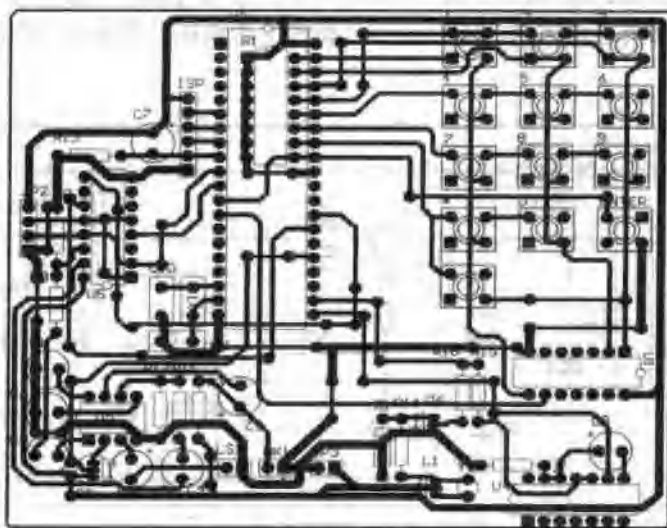


图 1.5 印制电路板装配图一

在另一种印制电路板图上，并未画出印制导线，而是把安装元器件的板面作为正面，画出元器件的图形符号及其位置，用于指导装配焊接，如图 1.6 所示。这类印制电路板的电路一般是数字电路，元器件的排列和在板上的安装孔位很有规律，对照电路板的标注层图纸装配不会发生误解。

④ 实物装配图：是工艺图中最简单的图，它以实际元器件的形状及其相对位置为基础，画出产品的装配关系，这种图一般在产品生产装配中使用。例如，图 1.7 所示的某仪器中

