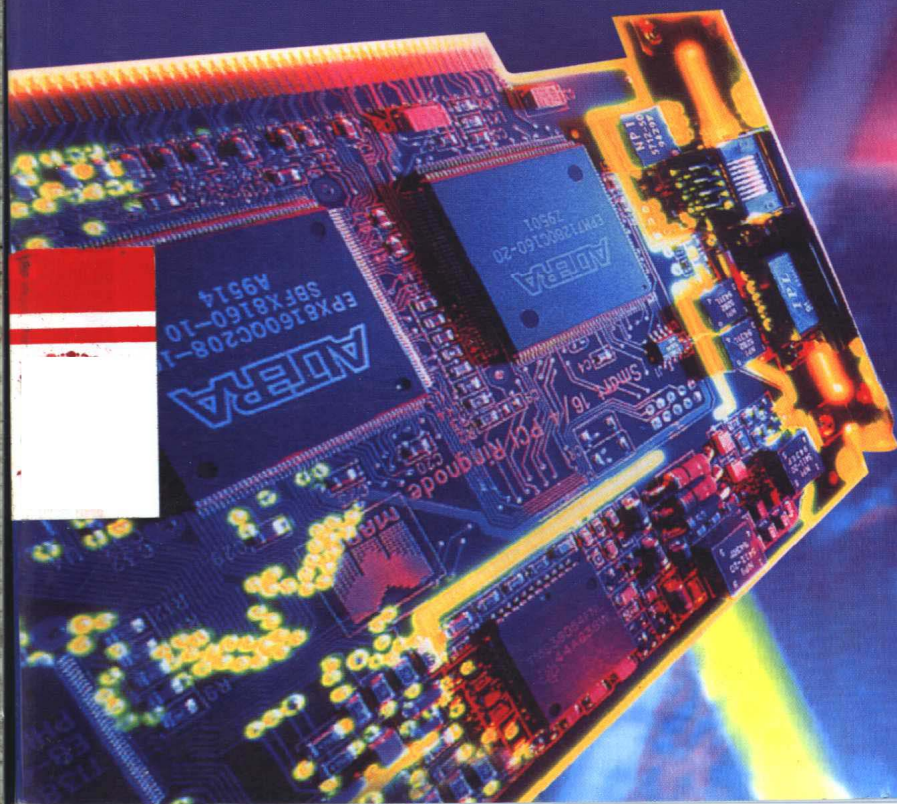


现代电子

工艺技术指南

高维堃 史先武 王秀山 编著

科学技术文献出版社



现代电子工艺技术指南

高维堃
史先武 编著
王秀山

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

现代电子工艺技术指南/高维堃,史先武,王秀山编著.-北京:科学技术文献出版社,2001.2

ISBN 7-5023-3601-X

I. 现… II. ①高… ②史… ③王… III. 电子技术-指南 IV. TN-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 37263 号

出 版 者:科学技术文献出版社

图 书 发 行 部:北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

图 书 编 务 部:北京市西苑南一院东 8 号楼(颐和园西苑公汽站)/100091

邮 购 部 电 话:(010)68515544-2953, (010)68515544-2172

图书编务部电话:(010)62878310, (010)62878317(传真)

图书发行部电话:(010)68514009, (010)68514035(传真)

E-mail:stdph@istic.ac.cn; stdph@public.sti.ac.cn

策 划 编 辑:李 洁

责 任 编 辑:陈家显

责 任 校 对:李正德

责 任 出 版:周永京

发 行 者:科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者:三河市富华印刷包装有限公司

版 (印) 次:2001 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

开 本:787×1092 16 开

字 数:790 千

印 张:33.75

印 数:1~4000 册

定 价:49.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书是作者根据多年的科研与生产的实际经验,站在电子产品和机电产品生产的第一线,搜集了大量的实用数据,列举了大量国内外现行工艺实例,并作了简要的理论分析与探讨。全书共分电子元器件的测试与筛选、电子电路的装联工艺、电子机的屏蔽与接地工艺设计、印刷电路板设计与制造工艺,以及绕制元器件的实施工艺五大部分。

本书适用于从事电子机产品生产的生产人员、管理人员,以及电子专业师生阅读。

我们所有的努力都是为了使您增长知识和才干

科学技术文献出版社是国家科学技术部所属的综合性出版机构,主要出版科技政策、科技管理、信息科学、农业、医学、电子技术、实用技术、培训教材、教辅读物类图书。

序 言

近代科学技术昌明以前,在那漫长的历史时期里,人类的生产活动,主要是靠技巧和经验。技巧和经验的进一步发展,上升到理论阶段,便构成了现代的“工艺学”。过去、现在和将来都可以这样说:“工艺学”是组织、指导产品生产和保证产品质量的不可缺少的理论依据和实施手段。

“工艺”和“设计”是相互紧密关联的两个阶段。在设计方案的实施过程中,“工艺”反而显得更加重要。这就是说,一个产品的设计到样品完成,只不过相当于一个婴儿由十月怀胎到一朝分娩,而工艺的实施过程才是相当于保育成材的摇篮。

“电子工艺技术”也同样是经历了漫长的形成过程,而且还在不断地、飞速地发展着。因此,在“电子世界”里,“电子工艺”将会成为引人入胜的学科。长期的实践证明,半导体电子器件的发展,大规模集成电路的问世,以及许多高、精、尖电子机的制造成功,一步也离不开工艺技术的实施和指导。

电子工艺技术是一门范围广泛,理论性和实践性都较强的新学科,而本书只在有限的范围内作一般实用性的探讨与介绍。由于我们才疏学浅,时间比较仓促,书中不尽不妥之处在所难免,诚望有识之士多加指教。

本书在编写过程中,得到了各界有识之士的帮助和指导,特别是高金铃同志作了大量的誊写和图表绘制工作,在此一并致谢。

总 目 录

第一部分	电子元器件的测试与筛选	· · · · · (一)
第二部分	电子电路装联工艺	· · · · · (二二五)
第三部分	电子机的屏蔽与接地工艺设计	· · · · · (三〇三)
第四部分	印刷电路板设计与制造工艺	· · · · · (三七三)
第五部分	绕制元器件实施工艺	· · · · · (四二七)

第一部分

电子元器件的测试与筛选

目 录

概述	(8)
第一章 电阻器的测试	(11)
第一节 固定电阻器的测试	(11)
一、用万用表测量固定电阻器	(11)
二、用电桥测量电阻器	(11)
第二节 可变电阻器的测试	(12)
一、用万用表测试电位器	(13)
二、用示波器观测电位器的电噪声	(13)
三、电位器滑动噪声指标的测量	(14)
四、同轴电位器的测试	(15)
第三节 热敏电阻器的测量	(15)
一、判定正负温度系数	(15)
二、用特性曲线来判定质量优劣	(16)
第二章 电容器的测试	(17)
第一节 用万用表测试电容器	(17)
一、用万用表的 Ω 挡来判断电容器的电容有无和大小	(17)
二、用万用表 Ω 挡来判断电容器的漏电现象	(17)
三、用万用表 Ω 挡测量电容器的漏电阻	(18)
四、用万用表 Ω 挡判断电解电容器的极性	(18)
第二节 用万用表测量电容器容量	(18)
一、利用表头指针摆幅来估计电容量	(19)
二、用万用表交流电压挡测量电容量	(19)

三、用万用表 Ω 挡测试双连可变电容器	(20)
第三节 用专用仪器测量电容器	(20)
一、用万用电桥测量电容器容量	(20)
二、用高频 Q 表测量电容量	(21)
三、用 DY1 型多用表测量电容量	(22)
第四节 Q 值的测量	(22)
一、Q 表的基本原理	(22)
二、电感线圈 Q 值的测量	(23)
三、电容器 Q 值和损耗系数 $\text{tg}\delta$ 的测量	(24)
第三章 磁性元器件的测试	(25)
第一节 各种磁性体的识别	(25)
一、直观法	(25)
二、用万用表测量电阻来判断	(26)
第二节 用示波器观测磁体特性曲线	(26)
第三节 电感器的测试	(27)
一、各种测量方法的原理	(27)
二、用万用表测量电感	(28)
三、用电桥测量电感	(28)
四、用高频 Q 表测量电感	(29)
第四节 互感的测试	(30)
一、用电压-电流法测量互感	(30)
二、用电感法测量互感	(31)
三、用补偿法测量互感	(31)
四、互感器的测试	(31)
第五节 变压器的测试	(33)
一、变比的测试	(34)
二、电源变压器的空载试验	(34)
三、变压器绝缘电阻的测量	(34)
四、变压器效率的测试	(35)
五、变压器频响的测试	(35)
六、变压器电感量的测量	(36)
七、变压器平衡绕组的测试	(36)
八、变压器相位的测定	(37)
第六节 中频变压器及调谐线圈的测试	(37)
一、用 Q 表测量空载 Q 值	(38)
二、用 Q 表测试中频变压器电感及可调范围	(38)

三、中频变压器及可调线圈(调谐线圈)电压比的测量·····	(38)
第七节 录音机磁头的测试·····	(39)
一、如何判别几种常用磁头·····	(39)
二、录放磁头阻抗的测量·····	(39)
三、磁头主要的性能参数·····	(40)
第八节 扬声器的测试·····	(40)
一、用万用表判断扬声器的好坏·····	(40)
二、用万用表判断扬声器的相位·····	(40)
三、扬声器电声参数的测量·····	(41)
第九节 耳机的测试·····	(42)
第十节 话筒的测试·····	(42)
一、动圈式话筒的测试·····	(42)
二、驻极体电容话筒的测试·····	(43)
第十一节 继电器的测试·····	(44)
一、直流电阻的测量·····	(45)
二、吸合电流和释放电流的测量·····	(45)
三、额定工作电压的测量·····	(46)
四、用长余辉示波器观测继电器动作时间·····	(46)
第十二节 干簧管的测试·····	(47)
 第四章 电指示类元器件的测试·····	(48)
第一节 表头内阻的测试·····	(48)
第二节 电平指示器的测试·····	(48)
一、测量范围的测试·····	(49)
二、灵敏度的测试·····	(49)
三、输入阻抗的测试·····	(49)
四、电源功耗的测试·····	(50)
第三节 液晶显示器的测试·····	(50)
一、用感应法检查液晶显示情况·····	(50)
二、用万用表检查液晶显示屏·····	(50)
三、液晶显示器驱动电流的测量·····	(50)
 第五章 电真空器件的测试·····	(52)
第一节 电子管的测试·····	(52)
一、用万用表测试电子管·····	(52)
二、电子管混极的测试·····	(52)
三、电子管屏流的测试·····	(53)

四、电子管的放射试验·····	(53)
五、电子管跨导的测量·····	(53)
六、电子管整流管的测量·····	(54)
七、闸流管的动作试验·····	(54)
八、调谐指示管的动作试验·····	(54)
第二节 黑白显像管的测试·····	(54)
一、黑白显像管的结构·····	(54)
二、黑白显像管的性能参数·····	(55)
三、黑白显像管常见故障分析·····	(56)
四、用电阻法测量显像管·····	(57)
五、显像管阴极活性和阴极发射电流的测量·····	(58)
第三节 彩色显像管的测试·····	(58)
第四节 荧光、辉光数码管的测试·····	(66)
一、用万用表检查荧光数码管的好坏·····	(66)
二、辉光数码管的检查·····	(66)
第五节 氖管的测试·····	(67)
第六章 半导体二极管的测试·····	(69)
一、二极管的类型及结构特点·····	(69)
二、二极管的主要性能参数·····	(70)
三、国产半导体二、三极管型号命名方法·····	(70)
第一节 普通二极管的测试·····	(71)
一、用万用表判断普通二极管的好坏·····	(71)
二、整流二极管的测试·····	(71)
三、开关二极管的测试·····	(72)
四、用晶体管图示仪观测普通二极管的特性曲线·····	(73)
第二节 稳压管的测试·····	(74)
一、稳定电压的测试·····	(75)
二、动态电阻 R_Z 的测试·····	(75)
三、温度系数 K_Z 的测试·····	(75)
四、电压漂移 ΔV_Z 的测试·····	(76)
五、用晶体管图示仪观测稳压管特性曲线·····	(76)
第三节 发光二极管的测试·····	(77)
一、用万用表判别发光二极管·····	(77)
二、测试发光二极管的工作电流·····	(77)
三、变色发光二极管的测试·····	(78)
第四节 隧道二极管的测试·····	(80)

一、用万用表测试隧道二极管·····	(80)
二、用晶体管特性图示仪观测隧道二极管的特性·····	(81)
第五节 双基极二极管的测试·····	(82)
一、基极电阻 r_{BB} 的测试·····	(82)
二、峰点电流 I_P 的测试·····	(82)
三、谷点电压 V_V 和谷点电流 I_V 的测试·····	(82)
四、饱和压降 V_{ES} 的测试·····	(83)
五、调制电流 $I_{B2}(\text{mod})$ 的测试·····	(83)
六、峰值电压 V_P 和分压比 η 的测试·····	(83)
第六节 半导体数码管的测试·····	(84)
一、发光二极管(LED)数码管的构造与特点·····	(86)
二、半导体数码管的测试·····	(86)
第七节 光电二极管的测试·····	(86)
第八节 光电耦合器的测试·····	(87)
第七章 半导体三极管的测试·····	(91)
第一节 普通三极管的测试·····	(91)
一、直流参数的测试·····	(91)
二、低频 h 参数的测试·····	(93)
三、特征频率 f_T 的测试·····	(96)
四、开关三极管开关时间的测试·····	(97)
五、用 JT-1 型晶体管特性图示仪观测特性曲线·····	(99)
第二节 高阻抗复合管的测试·····	(104)
一、用万用表判别复合管的好坏·····	(104)
二、电压传输系数 K 及最大输入信号电压的测试·····	(105)
第三节 场效应管的测试·····	(105)
一、饱和源极电流 I_{DSS} 的测试·····	(106)
二、夹断电压 V_P 的测试·····	(106)
三、开启电压 V_i 的测试·····	(107)
四、栅源绝缘电阻 R_{GS} 的测试·····	(107)
五、共源小信号低频跨导 G_m 的测试·····	(107)
六、用晶体管特性图示仪观测场效应管的特性曲线·····	(108)
第八章 集成电路的测试·····	(112)
第一节 线性集成电路的测试·····	(113)
一、集成稳压器的测试·····	(113)
二、运算放大器的测试·····	(121)

三、音响集成电路的测试	(125)
四、电视机集成电路的测试	(132)
五、线性集成电路使用与测试注意事项	(135)
六、无线电调试工艺基础	(135)
第二节 数字集成电路的测试	(140)
一、门电路的测试	(140)
二、TTL 触发器的测试	(147)
三、MOS 类数字集成电路的测试	(149)
四、脉冲数字电路的调试和抗干扰措施	(162)
第九章 新型测试设备简介	(165)
第一节 半导体二极管及可控硅测试仪	(165)
一、XH2038 型二极管正向参数特性测试仪	(165)
二、XH2039 型二极管反向特性测试仪	(165)
三、SCRC-1 型可控硅综合参数测试仪	(166)
第二节 综合、通用、多能类半导体器件测试仪	(166)
一、XH2012 型半导体器件多用仪	(166)
二、XH2014 型逻辑电路综合测试仪	(168)
第三节 自动化测试系统	(169)
一、OMEGA 动态模拟/数字混合电路测试系统	(169)
二、SK3150 半导体器件参数测试系统	(170)
三、美国 LMO 500 型大规模集成电路测试系统	(172)
四、美国 UTL 在线测试系统	(175)
第十章 电子元器件的筛选	(179)
第一节 电子元器件的失效规律	(179)
一、按产品寿命特征分类的失效	(179)
二、按失效物理模型分类	(180)
第二节 电子产品的质量与可靠性	(180)
一、电子产品的可靠性和影响可靠性的因素	(180)
二、产品质量	(180)
三、可靠性与质量的关系	(180)
第三节 电子产品可靠性与筛选	(181)
一、什么是筛选和可靠性筛选	(181)
二、筛选与可靠性关系	(181)
三、筛选方法	(181)
四、可靠性筛选条件的选择	(183)

五、国内外电子元器件筛选条件示例	(183)
第四节 老化测试方法是最好的筛选方法——在动态老化过程中测试	(187)
一、使器件故障加速出现	(187)
二、早期检测不可少	(188)
三、静态老化测试	(189)
四、动态老化测试	(190)
五、在动态老化过程中测试	(191)
六、在动态老化过程中测试的优点	(191)
第五节 新型老化筛选设备简介	(192)
一、JTH 系列晶体管老化台	(192)
二、AMT200 优化系列老化测试系统	(193)
三、T-2500 精密高低温测试系统	(194)
四、SK3000 分立器件测试系统	(195)
五、SK6000 数字集成电路测试系统	(196)
六、SK7000 线性/数字集成电路测试系统	(197)
七、各种新型示波器及其他设备	(198)
附录	(201)
I. 测量仪器误差的表示方法	(201)
II. 常用分贝表	(203)
III. 晶体管收音机(调幅)中周常用类型与参数	(206)
IV. 晶体管收音机(调频)中周常用类型与参数	(208)
V. 晶体管收音机变压器耦合的推挽电路常用输出输入变压器	(209)
VI. 收音机常用陶瓷滤波器的参数	(210)
VII. 部分大口径纸盒扬声器与号筒式高频单元性能参数	(210)
参考资料	(213)

概 述

电子元器件在制造过程中,需经过多次测试和筛选,这是为了提高产品的稳定性、可靠性和规范参数的合格率,即为了保证元器件本身的质量。这种测试和筛选通常称为工艺性筛选。我们这里所讲的“电子元器件的测试与筛选”主要是针对整机生产厂家,为了保证整机的电气性能、可靠性和使用寿命,根据具体需要,有选择地、有所侧重地进行参数的测试和分挡(挑选),对元器件的可靠性和使用寿命进行必要的考核,以便剔除那些有“早逝”缺陷潜在的“个体”(元器件),确保整机的优秀品质和期望寿命。

电子元器件的供求双方,为了履行各自职责,往往要做产品的交收实验,那就是说,整机厂家买来的整批元器件是符合标准的。虽然如此,但并不能保证百分之百的满足整机设计要求,特别是高、精、尖、军类的产品,会有更高的或特殊的要求。因此,整机厂再对进厂的元器件进行测试和筛选是必要的,不能看作是一种不必要的重复,应当看作是更进一步的、更具有针对性的、更有现实意义的工作。对实现整机的功能,确保整机质量,会收到事半功倍的效果。

筛选工作(高温存储、高低温循环、电老化等),对整机厂家来说,并不是各元器件都必须做的。根据实践经验,一般作法是,对批量大的,对整机有重要影响的,或对某种元器件的质量有疑义的,要重点考虑,而对一般的用量少、对整机质量影响非至关重要的元器件,只作测试挑选就可以了。

测试工作,对要装机的元器件来说,是要百分之百地进行的。当然,测试的精确程度也有区别,例如振荡回路的某些电阻,电容要精确测量和挑选,否则,会达不到设计效果。至于要精确到何种程度,要由该产品的工艺文件决定。

测试也是筛选手段之一,而且伴随着从元器件生产到整机装调完成全过程,不可一时离开。因此,电子测量技术是从业人员必须熟悉和掌握的。

从便于测试和筛选起见,我们把常用的电子元器件归类,列于表 1-1,然后从每类中,抽一些代表性的元器件,介绍一下实用的测量方法,所用的仪表、设备也尽量选择普通型、实用型。最后,为满足电子技术发展需要,也尽力介绍一些新工艺、新设备供读者选择。

表 1-1 常用电子元器件分类

类别	常用型举例 结构形式	代表性元器件名称	说明
电阻器	固定式电阻器	碳膜电阻器(RT) 金属膜电阻器(RJ) 线绕电阻器(RX)	
	可变式电阻器	电位器 可变电阻器 微调电阻器	
	特殊用途电阻器	热敏电阻器 保险丝电阻器(彩电用)	
电容器	固定式电容器	电解电容器 金属膜纸介电容器 陶片电容器 瓷介电容器 云母电容器 涤纶电容器	
	可变电容器	单连电容器 双连电容器 三连电容器 微调电容器	
	特殊用途电容器	穿心电容器	
半导体 元 器 件	二极管	整流二极管 稳压二极管 检波二极管 发光二极管 光电二极管 隧道二极管 双基极二极管 半导体数码管	
	三极管	PNP 型三极管 NPN 型三极管	
	集成电路	数字集成电路 线性集成电路	
	电力半导体器件	晶闸管 大功率组件 模块	

续表

类别	常用型举例 结构形式	代表性元器件名称	说 明
电真空 元 器 件		黑白显像管(电视机用) 彩色显像管(电视机用) 电子管 荧光、辉光数码管 白炽灯泡 氖管	
磁性元 器件 (绕制元 器件)	变压器	电源变压器 输出变压器 输入变压器 行输出变压器(电视机用) 中频变压器(中周) 高压包(电视机用)	
	电感器	滤波电感线圈 互感器(电压、电流) 振荡线圈 天线线圈	
	继电器	普通继电容 干簧继电器	
	音响元器件	动圈式扬声器 动圈话筒 耳机 磁头(录音机用)	
电指示类 器 件	(表头) (液晶)	电压表 电流表 电平指示器 液晶显示器	

第一章 电阻器的测试

电阻器品种繁杂,形式多样,各具特点,用途有别。但从测试角度来看,可分为固定电阻器、可变电阻器和敏感性电阻器等。

第一节 固定电阻器的测试

这一类电阻器规格品种很多,如碳膜固定电阻器、金属膜固定电阻器、线绕固定的电阻器等。

测量电阻常用仪表是万用表、电桥,还可以用晶体管特性图示仪。当然,还有专用仪器。

一、用万用表测量固定电阻器

万用表有指针式的,也有直读式的。

使用指针式万用来测量电阻值,在测量前,要先将万用表进行对零。方法是把旋钮置于“ Ω ”位置欲用挡上,如 $R \times 1k\Omega$,再将两支表棒短接,旋动调零旋钮,使指针对准“0” Ω 刻度线。然后,分开表棒,分别去接触被测固定电阻器的两条引出线,此时,表上指针偏转的指示值如为“10”,那么,被测电阻值即是 $10 \times 1k\Omega = 10k\Omega$ 。

若使用直读式万用表来测固定电阻值,那就很方便了。只需要:(1)量程开关拨到“ Ω ”位置;(2)黑表棒插入“COM”孔内,红表棒插入“V- Ω ”孔内;(3)电源开关拨到“ON”;(4)两支表棒分别去接触固定电阻的两条引出线。这样,便可从表的显示屏上直读电阻值。

不论使用指针式还是直读式万用表测量电阻值,都必须注意两点:(1)选挡要合适,即挡值要略大于被测电阻的标称值。如果没有标称值,可以先用较高挡试测,逐步逼近正确挡次;(2)测量时不可用两手同时抓住被测电阻两端引出线,因为那样会把人身电阻和被测电阻并联起来,使测量结果偏小。

二、用电桥测量电阻器

精确测量电阻值,特别是小电阻值,需要用精密专用仪表,例如电阻箱、电桥等。

WQJ-1A 是一种直读式精密万用电桥,其读数部分用数码管显示,有效数字为 4 位,小数点和单位均有指示灯标出,因此,读数十分醒目、方便。

该电桥测量电阻值的范围是 $0.005\Omega \sim 110M\Omega$,其中分 8 挡。操作方法是:

(1)调零。测量前调节平衡指示表的机械零点,接通电源,单位和小数点指示灯均亮。预热 5 分钟。