

Mc
Graw
Hill
Education

电子检修 那点事儿

HOW TO DIAGNOSE AND FIX EVERYTHING ELECTRONIC



- 自己动手检修电子元器件，
享受乐趣，节约开支
- 学会如何使用测试设备，
包括示波器
- 看大师级工程师如何快速
找出电路故障

[美] Michael Jay Geier 著
沈雅琴 译

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



电子检修 那点事儿

HOW TO DIAGNOSE AND FIX
EVERYTHING
ELECTRONIC

[美] Michael Jay Geier 著
沈雅琴 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

电子检修那点事儿 / (美) 盖尔 (Geier, M. J.) 著 ;
沈雅琴译. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2013. 8
ISBN 978-7-115-32230-2

I. ①电… II. ①盖… ②沈… III. ①电子设备—检
修 IV. ①TN07

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第127562号

版 权 声 明

Michael Jay Geier

How to Diagnose and Fix Everything Electronic

978-0071744225

Copyright © 2011 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and POSTS & TELECOM PRESS. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2013 by McGraw-Hill Education (Singapore) PTE.LTD. and POSTS & TELECOM PRESS.

版权所有。未经出版人事先书面许可, 对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播, 包括但不限于复印、录制、录音, 或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和人民邮电出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)销售。

版权© 2013 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与人民邮电出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

-
- ◆ 著 [美] Michael Jay Geier
 - 译 沈雅琴
 - 责任编辑 宁 茜
 - 执行编辑 魏勇俊
 - 责任印制 彭志环 焦志炜
 - ◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
 - 印张: 18.75
 - 字数: 397千字 2013年8月第1版
 - 印数: 1—3500册 2013年8月河北第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2013-0779 号

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)67132837 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

内容提要

本书汇集了众多电子检修专家的宝贵经验，教你用最科学的方式检修和保养电子器件。本书的一大特色在于循序渐进，带领你从如何建立一个科学的电子器件检修平台开始，到电子设备和测试仪器的保养以及个人安全的注意事项，正确理解电路，正确使用测试仪器，然后才开始指导你如何排除电路板故障，找出问题，进而进行元器件的替换，电子器件的拆卸以及重装。本书系统性非常强，同时图文并茂，100%解决你学不会的苦恼。本书基于真实的维修流程，整理了多个实用维修范例，提供详细故障判断规则和维修流程，可亲自操作练习。本书毫无保留揭秘电子器件的结构、原理、检测方法、好坏判断标准、焊接难点等独家秘技，让你在短短几个月内学到从业人员十余年的维修经验。无论是电子初学者，电子爱好者，还是深资电子工程师，都能从本书中得到所需要的知识。

序

对于那些有可能需要花费很多钱进行维修或者在其没有达到使用寿命时就被回收的电子产品，如果我们自己动手修好，就能够获得非常强烈的个人成就感。Michael Jay Geier 从他的童年时代就了解这一乐趣。现在，他第一次将自己的秘诀以书面的方式与大家分享，非常实用。

我已经认识 Michael 30 多年了，我们一起度过了许多时光、一起解决了几十个娱乐与技术项目以及咨询项目。Michael 将电子产品看作是由各种器件、专用部件在出厂之后一起和谐工作而构成的歌曲或者交响乐。

然而，电子产品会由于老化、错误使用或者器件故障而不能正常工作。此时，Michael 就像一个受过专业训练所成就的非常有激情的交响乐团指挥一样，能够快速确定出一个损坏的电子产品的哪个部件出现了问题，采用许多技能以及设备来找到与测量那些超出人类视觉与听觉范围的问题，这些技能他将在本书中传授给读者。维修并延长我们所喜爱的产品的寿命，包括那些不再生产的产品，而对于这些产品，没有现成的替换部件，这样的技能是非常有用的，值得我们去开发与培养。

音乐家能够很好地理解乐谱，并将他们的艺术传送给更多的观众。Michael 在对消费类电子产品进行故障查找方面的专业技能是无人可比的。在本书中，他将自己能够很容易就想到的那些模式分享给更多的读者，这些读者希望能够更长时间地使用他们的消费类电子产品，他们不能负担传统的维修费用，害怕在维修店里他们所喜爱的不可替代的小产品可能会丢失或者会被二次损坏，或者希望能够让一些产品依然使用，当这些已经很古老，或者已经过时，维修店没有资源进行维修。

我在大学时代一直在维修消费类电子产品与娱乐产品。当我第一次遇到 Michael 时，就知道 Michael 具有故障查找方面的天赋，其故障查找的速度比我快得多。当我看到他在交流技巧方面的自信与专业程度，以及他喜欢分享他的洞察力与技巧时，我的嫉妒很快就消退了。

许多电视机、摄像机与视频播放器生产厂商都采用了由 Michael 的维修店所学到的专业知识来改进其下一代产品，使得这些产品能够更加耐用和可靠。Michael 在 20 多年里一直在改进产品设计方面很出名。

我认识几个消费类电子产品维修店员工，他们不愿意 Michael 离开。然而，没有一个人否认 Michael 在店里工作期间以及他的分享他的专业技能使得整个维修店的维修水平提高，并且能够更快地将为客户维修的产品返还客户，被维修的产品具有更高的可靠性，出现再次损坏的机会较少。

在本书中，Michael 分享了他的直觉、技巧与洞察力，任何专业读者都能够吸收与应用。你学会了维修你自己的设备，享受随之而来的这一满足感吧。请传播这一信息——这本书如你所愿既绿色又为你节约成本！

Richard Doherty
The Envisioneering Group
研究经理
纽约 Seaford
2010年7月

引言

每一类电子产品，这个词我几乎不想用在标题里。有没有一本书能够真正覆盖某个标题的“每一类”？既有又没有。有，指的是你所学到的原理与技能能够被应用于维修目前所生产或者在不久的将来会在市场上销售的每一种消费类电子产品；没有，指的是不可能在一本书内涉及全世界几千种类型的设备以及无数种小器件中的每一个。深度详细地涉及到全部这些设备与小器件需要一个图书馆，并且是一个规模比较大的图书馆。

这本书针对当今你最有可能遇到的电子产品（大部分是数字产品）的各种问题。在当今现代化的数字产品时代，与过去的模拟产品时代相比，看起来好像没有多少需要维修的东西。密密麻麻的电路板上布满一排排的芯片，芯片的管脚太密集了，以致于采用测试探头来查找故障好像也不是很好的维修选择，是不是？幸运的是，这些区域不是大部分故障发生的区域，还有大量的易于接入的电路能够进行工作！实际上，当今各种器件中一些常见的故障很少或者没有出现在早期的技术中，这些故障是能够修复的。

本书中不涉及外来的和过时的设备以及相关的产品。电子管，曾经是所有电子产品的主要器件，现在几乎消失了，因此，我们不会花费时间来讨论电子管的特性及其特定的故障查找方法。如果你希望修理一个电子管类型的吉他放大器，你可以去查阅专门涉及电子管方面的书。同样地，我们不会讨论微波炉，这些微波炉也含有二极管，或者业余无线电爱好者所使用的那种发射机放大器；我们也不会花大量时间来讨论阴极射线管（CRT，即显像管）型的电视机与显示器，只是简单地一带而过。阴极射线管（CRT）存在了很长一段时间，由 20 世纪 40 年代一直到仅仅几年前，但是，这一技术是一个过时的技术，已经被平板显示器所取代。维修电子射线管非常危险，因此，如果你对这类产品有兴趣，例如，维修古董电视机，请参考专门讨论电子射线管的书。本书所涉及的是相关的问题，但是对此话题的讨论不够全面，不足以使你能够安全地处理这些高压设备。

一些过时的技术仍然在使用，并且可能会一直持续几年，因此，我们会讨论这些技术。磁带型录像技术在一些数字摄像机中仍然在使用。录像机，随着高清电视（HDTV）的发展而过时，正在迅速消失，然而，它可能是恢复珍贵的家庭录像并转化到数字媒体上的唯一方法。真正的音频爱好者非常珍惜他们的模拟磁带录音机与电唱机，永远也不会用 CD 播放器或 MP3 播放器来代替它们。我们不会花太多时间来讨论过去的形式，但是，本书中所涉及的故障查找技术适用于这些技术设备的维修。

当今大部分数字设备的音频或视频输出、话筒输入、稳压电路等仍然包含模拟电路。家庭影院接收机采用模拟放大器，许多家庭影院接收机中还带有老式的线性电源，因为这些电源比新式的脉冲驱动式设计电源具有更低的电子噪声电平。实际上，最好的高保真音响爱好者级别

的立体声装置大部分都是模拟的，并且有可能会一直如此。即使是数字收音机和电视接收机在数字解码器分离数据之前也是采用模拟电路来放大和分离输入信号。因此，对于模拟电路的故障查找技术还远没有过时，这些技术在我们的数字时代将继续发挥作用。

在本书中，假设你曾经打开过一个电子设备并检查过保险丝。当你看见一个电阻时，你可能了解它，你可能甚至已经焊过电阻，或者做过一些基本的故障查找。即使这样，我们仍然需要从头开始，确保你在跳入深水之前是一个非常完美的游泳者。开始时检查一下你将需要的工具，我们将探讨建立你自己的家庭工作间。我们将讨论最好类型的工作台和台灯，以及在哪里放置你的装置与工具。我们将详细讨论最有用的测试仪表，到哪里去讨价还价，以及如何操作这些设备。熟练了解示波器对于成为一个优秀级的技师很重要，因此，我们将逐个按钮地详细讨论示波器的操作。

使用其他测试设备，如数字电压表与欧姆表对于有效的维修也很重要。我们将关注常用的测试器具，不会花大量的时间来讨论你可能永远也不会拥有的非常昂贵的、进口的测试仪表。我们将研究如何拆开一个产品、找出它出现的问题、更换零部件并将它再组装回去。最后，我们将讨论对于特定设备的提示与技巧，这些设备包括光盘播放器、视频播放器与接收机。下面是每一章内容的快速分解。

第1章 准备开始：检修是一种乐趣！

- 为什么维修东西？这涉及环境与经济、学习、乐趣、保护稀有与过时的技术、潜在的收益等因素。
- 当一个产品值得修理时，最好在什么时候把它打开？

第2章 需要准备的工具

- 必须配备的物品，由手工工具到测试仪表，以及如何购买这些工具与仪表。必须配备的物品、最好配备的，以及希望配备的昂贵的工具与仪表。
- 如何制作一个好的工作台，工作台的位置选择以及如何搭建。

第3章 危险！注意安全

- 在修理电子产品时如何避免受伤：电击、物理伤害、眼睛与耳朵的保护。
- 如何不损坏你所维修的设备：引起电气或物理损坏。
- 产品维修之后确保用户安全。

第4章 故障诊断的基本原理

- 故障查找通用原理：设备为什么能工作？它们为什么不能工作了。
- 常见错误以及如何避免这些错误。
- 现代化设备的结构：微处理器大脑、神经系统、肌肉与感官。
- 电子“艺术”的一面：生产厂商特定的怪癖与问题。
- 什么东西损坏频率最高，为什么。
- 出现故障的历史以及它如何帮助你诊断故障。
- 基于现象分析得出的初步诊断：无信号、信号模糊与几乎能正常工作。

第5章 命名：重要术语、概念与组成部件

- 电气单位：伏特、安培、电阻、电容等。
- 电路概念：器件是如何连接在一起的，电流是如何通过这些器件流动的，串联与并联。
- 信号概念：电压的变化代表了什么信息、波形、模拟与数字表示。
- 构成单元：许多产品中所使用的常见电路，放大器、振荡器、频率合成器以及电源。

第6章 使用测试设备

- 数字万用表：测量电压、电流与电阻。
- 示波器：详细讨论，逐个按钮的操作，包括延时扫描测量。
- 交流与直流信号器件，滚降以及影响测量方案的其他问题。
- 焊接与拆焊技术。
- 工作台电源：电压与电流的考虑，直流插座的极性。
- 晶体管测试仪。
- 电容表。
- 信号发生器。
- 频率计数器。
- 模拟测试仪：什么时候使用模拟测试仪，解释弯曲的测试仪探针，采用数字仪表不能实现的测试。
- 接点清洗剂：用于哪些地方，不能用于哪些地方。
- 器件冷却剂：解决间歇热效应，安全使用方面的考虑。

第7章 小发明是由什么构成的：器件

- 常用部件：电容器、时钟振荡器、晶体、二极管、保险丝、电感线圈与变压器、集成电路、运算放大器、电阻器、电位计、继电器、开关、晶体管、稳压器和稳压二极管。
- 每种部件的各种类型。
- 符号、标记与图片。
- 使用：在电路中器件的作用。
- 什么原因使得这些器件损坏。
- 如何对这些器件进行离线测试。

第8章 路标与街道标示：电路图

- 电路结构图、电路原理图与实物电路图。
- 学会如何像读故事一样读电路图：信号流、每一级的结构。
- 符号与编目号码。
- 良好的、不错的与糟糕的电路图。
- 对于每一级及其功能的每个部分分析，以放大器为例。
- 大设备的结构，以开关电源为例。
- 实用的阅读方法：在无线电收音机与 DVD 播放器中查找级与结构。
- 没有电路图的情况下如何工作。
- 没有原理图的情况下对一台液晶显示器（LCD）电视机进行故障查找的实例。

第9章 不破坏进入：进入内部

- 打开箱子：难以发现的锁扣。
- 取下带状电缆。
- 对于每一层：按顺序拆开，使用数码照相机与嵌套的杯子。
- 对常见产品进行拆卸的提示：接收机、录像机、DVD 播放器、平板电视机、电唱机、视频投影仪、MP3 播放器、掌上电脑（PDA）、移动电话、摄像机、数码相机以及便携式计算机。

第10章 这究竟是什么？识别主要特性

- 电路的各个部分都是什么样子的：描述与照片。

- 由特定功能的器件来识别不同部分：电感线圈、功率晶体管等。
- 电源：线性电源与开关电源。
- 背景光逆变器。
- 信号处理区域，模拟电路与数字电路。
- 数字控制部分。
- 输出部分：分立式晶体管与集成模块。
- 机械部分：视频磁头鼓、主导轴电机、激光头以及数字激光打印机（DLP）的色环。
- 危险点。

第 11 章 信号跟踪与诊断

- 由哪里开始，根据我们所观察到的现象来决定。
- 无信号、信号变弱或者疯狂、信号活跃但是无反应。
- 间歇现象：热学与机械故障，损坏的焊接点、电路板裂开、位置敏感与振动敏感。
- 在不同的电路级之间向前或向后查找：哪个技术更适合。
- 不同的电路级与测试点，确认你处于正确的位置。
- 对于坏器件的校正。
- 测试方法：逐一代替法、电流爆破法以及 LAP 法。

第 12 章 快速更换：电路板与更换器件？

- 拆焊通孔与表面安装器件。
- 选择替代器件：新器件、来自储藏室或者部件机的器件。
- 当你不能找到精确的替代品时采用的类似替代品：电容器、二极管、电阻器、晶体管与稳压二极管所必须满足或者超过的重要特性，以及可允许的误差。
- 安装新器件：通孔与表面安装器件、安装功率晶体管。
- 找到器件：标准化的、专用的、本地的、邮购的、新的与剩余的。
- 挽救被损坏的电路板：接上被损坏的导线与损坏的各层之间的相互连接。
- 在高密度集成电路芯片上软熔焊锡。

第 13 章 打包方法：反向组装

- 常见的重新组装错误。
- 在电路板与机箱上确保良好的接地连接。
- 引线封装：电线与电缆的布线，物理危险与热学危险，电磁干扰。

- 重新连接带状电缆。
- 维修损坏的带状插孔。
- 将电路层与杯子的顺序反转。
- 重新连接塑料夹子。
- 重新插入螺丝钉：应力与正确的放置。
- 最终测试。

第 14 章 独家秘诀：特定产品的提示与技巧

- 这些产品是如何工作的，哪些部分可能会出现故障，什么情况下维修是值得的，内部的危险，以及如何解决。
- 开关电源、接收机、光盘播放器与录音机、平板显示器、硬盘驱动器、便携式计算机、MP3 播放器、录像机（VCR）、摄像机以及视频投影仪。

无论你是否已经着手接触一些电子设备，本书都将引导你由“可能是由于保险丝损坏”这一水平达到“哦，输出电路的偏压二极管开路了”这样的水平。这本书将帮助你通过逻辑思维来提高你的检测能力，帮助你对于设备如何工作打下坚实的基础。至少，这本书能够让你对于你所喜爱的器具内部结构的每一点都产生极大的兴趣，并且急于解决出现在你面前的每个问题。

致谢

谨将此书献给我的父母，他们的小儿子将房子里的每一件东西都拆开，即使这样做他们曾被吓得魂飞魄散，他们也一直能够容忍这种行为；献给我的哥哥，他一直为我提供损坏了的东西让我修，并且鼓励我将这些东西修好；献给 Greg，我们分享了无数欢乐的少年时光，一起鼓捣电路、方案和对讲机等；献给 Rick，他一直都很相信并推介我的才能；献给表哥 Jerry，在早期为我在电路探索方面提供指导；献给 Alvin Fernald 和 Tom Swift Jr.，他们那非凡的技术探索使得我的童年的大部分时间都痴迷于此，并且使我相信，只要你拥有几个晶体管以及让这些晶体管工作起来的知识，一切皆有可能。

献给 Neil Salkind、Roger Stewart、Joya Anthony 以及 McGraw-Hill 公司其他优秀的员工，非常感谢他们发现这本书的价值并指导这本书成形。实现一个想法需要一个团队。你们是一个伟大的团队，我为能成为其中的一员感到非常荣幸。

作者简介

Micheal Jay Geier 从 6 岁开始就是一个电子技师、电子设计师和发明家。他将他能够拿到的每一件东西拆开，并且很快发现学会将这些东西再组合到一起是一件更加有趣的事。到 8 岁时，他经营了一家社区电子维修店，此店在迈阿密新闻（*The Miami News*）上曾有报道。他后来在迈阿密、波士顿和西雅图的许多家服务中心工作过，经常作为“处理很难查找故障的大牛（touch dog）”技术人员，这种技术人员的任务是解决那些其他技术人员无法解决的问题。同时，Micheal 在增强型通信系统领域是一位开拓者，他帮助波士顿一个著名的诊所开发出用于脑瘫儿童的计算机语音系统。他还发明并销售了一种业余无线电设备，在个人计算机时代的早期就开始写出软件并进行营销。

Micheal 持有 FCC 特级业余无线电执照。他参与了业余无线电爱好者网站（ham radio）活动，这使得他开始他的写作生涯。开始时为一个无线电爱好者期刊写文章，然后为电子工程专辑（*Electronic Engineering Times*）、计算机工程（*Desktop Engineering*）、IEEE 频谱（*IEEE Spectrum*）以及 *Envisioneering* 通信（*The Envisioneering Newsletter*）等期刊写文章。他在数字版权管理方面的工作已经在几个专利中被引用。Micheal 拥有波士顿音乐学院作曲专业的学位，受过专业的指挥培训，并且是一名杰出的古典音乐、爵士音乐和流行音乐方面的钢琴演奏家，一位著作颇丰的歌曲作家。同时他还能够搭建和维修电路。他喜欢乒乓球、修摩托车、滑冰、在厨房的大键琴上弹奏爵士乐。

目录

第 1 章 准备开始：检修是一种乐趣！	1
1.1 维修：为什么这么做？	2
1.2 总是那么值得吗？	3
第 2 章 需要准备的工具	5
2.1 必需配备的工具	5
2.1.1 好的工作地点	5
2.1.2 数字万用表	7
2.1.3 示波器	8
2.1.4 模拟示波器	8
2.1.5 数字示波器	9
2.1.6 带有光标测试的模拟示波器	11
2.1.7 带有存储功能的模拟示波器	11
2.1.8 基于个人计算机的示波器	12
2.1.9 购买一台示波器	12
2.1.10 电烙铁	13
2.1.11 熔塑电烙铁	14
2.1.12 焊锡	14
2.1.13 拆焊工具	15
2.1.14 手工工具	16
2.1.15 放大镜	18
2.1.16 鳄鱼夹	18
2.1.17 棉签	18
2.1.18 接点清洗剂	19
2.1.19 酒精	19

2.1.20	石脑油	19
2.1.21	热沉油脂	19
2.1.22	热缩管	20
2.1.22	电工胶带	20
2.1.23	小杯子	20
2.1.24	互联网接入	20
2.2	最好配备的工具	20
2.2.1	数码照相机	20
2.2.2	电源	21
2.2.3	晶体管测试仪	21
2.2.4	电容表	21
2.2.5	信号发生器	22
2.2.6	频率计数器	22
2.2.7	模拟测试仪	22
2.2.8	绝缘变压器	23
2.2.9	立体显微镜	24
2.2.10	木工台老虎钳	24
2.2.11	热熔胶枪	24
2.2.12	木棍上的磁铁	24
2.2.13	氰基丙烯酸盐粘合剂	25
2.2.14	器件冷却剂	25
2.2.15	数据手册	25
2.2.16	各类零部件	25
2.2.17	提供零部件的废料板	26
2.3	希望配备的工具	27
2.3.1	电感表	27
2.3.2	逻辑分析仪	27
2.3.3	SMT（表面安装技术）器件维修工作台	27
2.3.4	频谱分析仪	28
第3章	危险！注意安全	29
3.1	电击	29
3.2	物理伤害	31
3.3	你可能对设备造成的损害	32
3.3.1	电气伤害	32
3.3.2	物理伤害	34
3.4	你修好了它，它安全吗？	35

第4章 故障诊断的基本原理	37
4.1 首先,东西为什么会工作	37
4.2 产品如艺术	38
4.3 只要它有一个大脑	39
4.4 好的、坏的和粗心的	39
4.5 初学者会犯的错误	40
4.5.1 调整以掩盖真正的故障	40
4.5.2 使数据满足理论	41
4.5.3 原地转圈	41
4.6 事情如此发展	41
4.6.1 早期失效	42
4.6.2 机械磨损	42
4.6.3 连接	42
4.6.4 焊接点	43
4.6.5 热应力	44
4.6.6 电应力	44
4.6.7 物理应力	46
4.6.8 电容器大丑闻	47
4.7 历史教训	48
4.8 初始评估	49
4.9 分析与思考	50
第5章 命名:重要术语、概念与组成部件	57
5.1 电气概念	57
5.2 电路概念	59
5.3 信号概念	60
5.4 组成部件	63
第6章 使用测试设备	67
6.1 数字万用表	67
6.1.1 概述	67
6.1.2 直流电压	68
6.1.3 交流电压	69
6.1.4 电阻	69

6.1.5	连通性	70
6.1.6	直流电流	70
6.1.7	二极管测试	71
6.2	示波器	72
6.2.1	概述	72
6.2.2	显示器设置	73
6.2.3	垂直设置	73
6.2.4	水平设置	74
6.2.5	触发设置	74
6.2.6	观测一个实际信号	74
6.2.7	这些旋钮都是干什么的	75
6.2.8	数字示波器的差异	90
6.3	电烙铁	91
6.4	拆焊工具	95
6.4.1	蜡烛芯	95
6.4.2	吸锡器	96
6.4.3	维修工作台	96
6.5	电源	96
6.5.1	连接器	96
6.5.2	电压	98
6.5.3	电流	99
6.6	晶体管测试仪	99
6.7	电容表	100
6.8	信号发生器	100
6.9	频率计数器	101
6.10	模拟测试仪	102
6.11	接点清洗剂	103
6.12	器件冷却剂	104
第7章	小发明是由什么构成的：器件	105
7.1	电容器	105
7.1.1	标记	105
7.1.2	使用	107
7.1.3	是什么原因使得这些器件损坏	107
7.1.4	离线测试	108