

► 笔记本电脑维修课堂

笔记本电 脑 维修实用教程

Practical Course of
Notebook Computer Repair



◎ 张兴伟 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

笔记本电脑维修课堂

笔记本电脑维修实用教程

张兴伟 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了笔记本电脑内的各单元电路,以及笔记本电脑故障的检修方法。全书共分10章,分别介绍了与笔记本电路及其故障检修相关的电子基础知识、手工操作基础、电路识图基础、测试仪器基础,以及笔记本电脑的电路与检修方法,包括电源管理单元、CPU单元、北桥与显卡单元、南桥与外设单元、音频系统、故障检修方法等。本书选取了大量典型的笔记本电脑实际电路,对笔记本电脑各电路原理与故障检修方法进行了深入浅出的叙述,使读者更易于掌握笔记本电脑的维修技能。

本书适用于从事电脑维修、电脑技术支持的技术人员,也适用于高等院校电子与计算机相关专业的学生、对笔记本电脑电路感兴趣的电子爱好者。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

笔记本电脑维修实用教程/张兴伟等编著. —北京:电子工业出版社,2012.4
ISBN 978-7-121-16540-5

I. ①笔… II. ①张… III. ①笔记本计算机—维修—教材 IV. ①TP368.320.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第046466号

责任编辑:柴 燕(chaiy@phei.com.cn)

印 刷: 北京京科印刷有限公司
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开 本:787×1092 1/16 印张:19.25 字数:492.8千字

印 次:2012年4月第1次印刷

印 数:4000册 定价:48.00元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

F O R E W O R D

前 言

随着技术与市场的发展，笔记本电脑与当初的手机一样，开始大量进入寻常人家。笔记本电脑用户日益增多，由此带动了笔记本电脑维修市场的蓬勃发展，许多人开始关注、进入笔记本电脑维修行业。

由于笔记本电脑的移动性、电路与机械结构的特殊性，笔记本电脑比台式计算机容易出现故障。市面上关于笔记本电脑维修的资料很多，但便于初学者理解的、较为深入系统的硬件电路分析资料较为少见。因此，笔者决定编写一本关于笔记本电脑硬件电路检修的书。

为此，笔者收集整理、查阅分析了大量的笔记本电脑电路资料，并对其总结，力图为相关人员提供更具指导性、实用性的笔记本电脑维修资料，使笔记本电脑维修人员或其他电子技术人员能通过这些资料迅速地了解笔记本电脑的电路。

本书使用了大量的原始电路资料，本书实用性、资料性强，具有很强的实践指导性。

本书从实用及快速技能培训的立场出发，对笔记本电脑维修的基础知识、笔记本电脑电路原理及其检修方法作了适当的讲述。

本书共分 10 章，分别介绍了笔记本电脑电路基础、手工操作基础、电路识图基础、测试仪器基础，以及笔记本电脑硬件电路等各方面的知识。为方便广大维修从业人员阅读本书，书中的电路图大都采用习惯画法，未进行标准化处理。

本书适用于广大与笔记本电脑技术支持相关的从业人员，以及广大的电子技术爱好者。由于专业水平、条件与时间的限制，书中难免有不妥之处，敬请指正。

除署名作者外，参与本书编写的人员还有钟云、林庆位、张积慧、钟晓、郭小军、张素蓉、钟钦、游炜燕、梁钊焕等。

编著者
2012. 3



第 1 章 绪论	1	3.4.1 castw	26
1.1 关于学习	2	3.4.2 Allegro Free Physical Viewer	28
1.2 学习的重点	3	3.4.3 BoardViewR4	32
1.3 如何获取相关资料	4	3.4.4 BoartView	33
1.4 黑盒子学习法	4	第 4 章 电源管理单元	35
第 2 章 维修基础	6	4.1 基本概念	36
2.1 基础电子元件	7	4.2 供电路径	42
2.1.1 电阻	7	4.2.1 电池供电	42
2.1.2 电容	9	4.2.2 AC 供电	46
2.1.3 电感	10	4.2.3 电池与 AC 电源	49
2.1.4 磁珠	11	4.3 电源产生的方式	50
2.2 晶体管	12	4.3.1 LDO	50
2.2.1 二极管	12	4.3.2 开关	52
2.2.2 三极管	13	4.3.3 Regulator	54
2.2.3 场效应管	15	4.4 实时时钟	56
2.3 运算放大器	17	4.4.1 实时时钟电源	56
2.3.1 电压比较器	17	4.4.2 实时时钟电路	58
2.3.2 电压跟随器与信号放大器	18	4.5 待机、休眠与运行电源	59
2.3.3 电源调整	19	4.5.1 待机电源	59
第 3 章 维修操作基础	20	4.5.2 休眠电源	62
3.1 拆机训练	21	4.5.3 运行电源	63
3.1.1 拆机工具	21	4.6 电源电路	63
3.1.2 拆机注意事项	21	4.6.1 3V 与 5V 电源	63
3.2 焊接训练	22	4.6.2 负载开关电路	80
3.2.1 焊接工具	22	4.6.3 其他电源	83
3.2.2 训练内容与步骤	22	4.6.4 放电电路	87
3.2.3 注意事项	23	4.6.5 检修 PWM 降压器电路	88
3.3 关于电路识图	23	4.7 充电电路	90
3.3.1 笔记本电路识图的知识点	23	4.7.1 概述	90
3.3.2 电路图中文的英文标注	25	4.7.2 三星 N220 笔记本电脑的充电 电路	92
3.3.3 芯片的脚位	26	4.7.3 联想 G530 笔记本电脑的充电 电路	94
3.4 点位图软件	26	4.7.4 宏基 Aspire 6920 笔记本电脑的	



充电电路	98	第 6 章 北桥与显卡	153
4.7.5 联想 ThinkPad T60 笔记本 电脑的充电电路	101	6.1 北桥芯片	154
4.7.6 检修充电电路	106	6.1.1 北桥的电源端口	154
第 5 章 CPU 与时钟合成器	109	6.1.2 北桥的显示接口	156
5.1 CPU 电路	113	6.1.3 存储器插槽电路	158
5.1.1 概述	113	6.2 显卡电路单元	160
5.1.2 内核与 I/O 电源	115	6.2.1 显卡概述	160
5.1.3 CPU 的端口	116	6.2.2 GPU 的端口	161
5.1.4 关于 CPU 电路的检修	117	6.3 独立显卡电路	167
5.2 温度检测电路	117	6.3.1 GPU 电路	167
5.2.1 联想 ThinkPad T60 笔记本 电脑的 CPU 温度检测电路	118	6.3.2 显示电源	171
5.2.2 惠普 6910P 笔记本电脑的 CPU 温度检测电路	120	6.3.3 LCD 接口电路	173
5.2.3 戴尔 N5010 笔记本电脑的 CPU 温度检测电路	121	6.3.4 VGA 接口电路	176
5.2.4 检修温度检测电路	126	6.4 集成显卡电路	177
5.3 风扇电路	126	6.4.1 T60 集成显卡电路	178
5.3.1 联想 ThinkPad T60 笔记本电 脑的风扇电路	126	6.4.2 东芝 L500 集成显卡电路	180
5.3.2 惠普 6910P 笔记本电脑的风 扇电路	127	6.5 其他显示相关电路	182
5.3.3 联想昭阳 E43A 笔记本电脑 的风扇电路	127	6.5.1 视频输出	182
5.3.4 戴尔 D610 笔记本电脑的 风扇电路	128	6.5.2 S - Video 接口电路	185
5.3.5 海尔 C600 笔记本电脑的 风扇电路	128	6.5.3 HDMI 接口	187
5.3.6 检修风扇电路	129	6.6 关于北桥与显卡的检查	191
5.4 CPU 电源	130	第 7 章 南桥与外设	193
5.4.1 联想 ThinkPad T60 笔记本 电脑的 CPU 电源电路	130	7.1 关于南桥	194
5.4.2 联想 Z360 笔记本电脑的 CPU 电源电路	135	7.1.1 概述	194
5.4.3 单相 CPU 电源电路	138	7.1.2 实时时钟电路	196
5.4.4 检修 CPU 电源电路	140	7.1.3 PCI 与 PCI - E 接口	198
5.5 时钟合成器	141	7.2 PCI 与 PCI - E 外设	200
5.5.1 时钟合成器 SLG8SP413	141	7.2.1 PCMCIA 卡	200
5.5.2 时钟合成器 ICS9LPRS355	145	7.2.2 1394 接口	205
5.5.3 时钟合成器 ICS9LPRS480	148	7.2.3 读卡器接口	205
5.5.4 检修时钟合成器电路	152	7.2.4 RJ45 网卡	209
		7.2.5 Mini Card 接口	213
		7.2.6 New Card 接口	215
		7.2.7 卡接口故障	219
		7.3 USB	219
		7.3.1 USB 接口	219
		7.3.2 USB 蓝牙接口	222
		7.3.3 其他接口	224
		7.4 键盘控制器	226
		7.4.1 概述	226

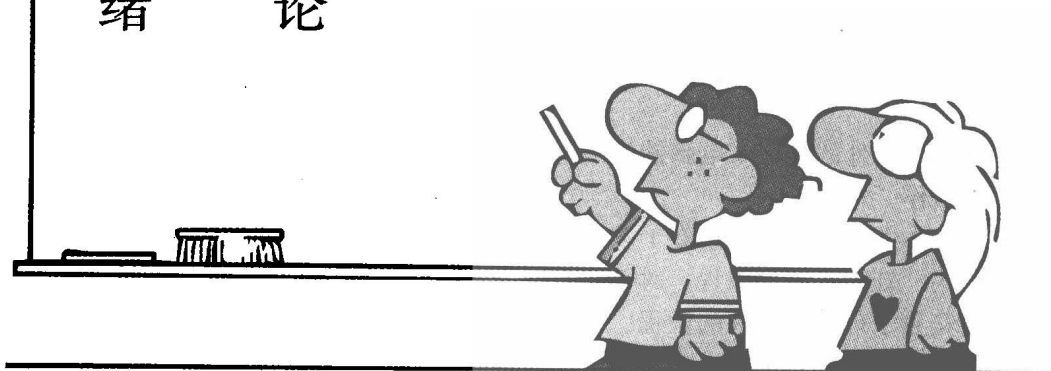




7.4.2	键盘控制器 KBC1070	228	8.3.2	扬声器放大电路	271
7.4.3	键盘控制器 KB926	234	8.3.3	内置送话器电路	272
7.4.4	键盘控制器 IT8512E	238	8.3.4	外部送话器电路	273
7.4.5	键盘控制器 H8S2116	241	8.3.5	耳机接口电路	273
7.5	其他接口电路	245	8.3.6	MDC 接口	274
7.5.1	超级 IO	245	8.4	音频故障	275
7.5.2	IDE、ATA 与 SATA	248	8.4.1	检修音频编/译码器电路	275
7.5.3	安全芯片电路	251	8.4.2	检修 6910P 的音频故障	276
7.5.4	BIOS 存储器	252	8.4.3	检修 N220 的音频故障	278
第 8 章	音频系统	257	第 9 章	故障分析检修方法	279
8.1	惠普 6910P 笔记本电脑的音频单元	259	9.1	概述	280
8.1.1	音频编/译码器	259	9.1.1	笔记本电脑的故障	280
8.1.2	扬声器放大电路	261	9.1.2	检查方法	280
8.1.3	内置送话器电路	261	9.1.3	故障检修分析方法	285
8.1.4	外部送话器接口电路	262	9.2	开机类故障	288
8.1.5	耳机接口电路	263	9.2.1	开机的过程	288
8.2	三星 N220 笔记本电脑的音频单元	264	9.2.2	硬启动与软启动	290
8.2.1	音频编/译码器	264	9.2.3	检修故障	291
8.2.2	内置送话器电路	267	9.3	显示类故障	294
8.2.3	低音炮电路	267	9.3.1	黑屏	294
8.2.4	外部送话器接口电路	268	9.3.2	白屏与暗屏	295
8.2.5	耳机接口电路	269	9.3.3	花屏与蓝屏	296
8.3	戴尔 D620 笔记本电脑的音频单元	269	9.4	其他故障	296
8.3.1	音频编/译码器	269	9.4.1	不认硬盘或光驱	296
			9.4.2	不能上网	298
			9.4.3	灯电路故障	298

第1章

绪论



这一单元的部分内容本来是准备放在前言中的，但考虑到相当多的读者会跳过前言，而这些内容又比较重要，因此将其单独作为一章，以示其重要性。

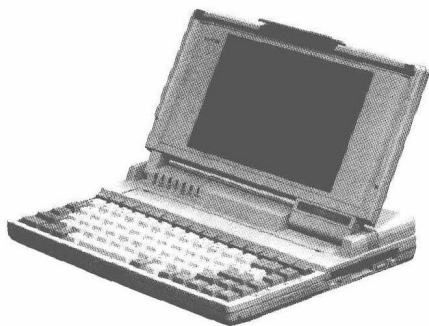


图 1.1 笔记本电脑东芝 T1000

在英文中，笔记本电脑被称为 Notebook (computer) 或 Laptop。如果按“膝上型轻便电脑”、“手提电脑”之意，世界上第一台笔记本电脑应该是东芝公司发明的。东芝于 1985 年推出的笔记本电脑 T1000 约重 2.9 千克，大多数人认可这就是世界上第一台笔记本电脑。

早期的笔记本电脑属于高端消费产品，随着技术与市场的发展，笔记本电脑逐渐融入普通消费者的生活。根据国外调查公司 Gartner 透露，仅 2010 年第一季度期间全球笔记本电脑销量就达到 4940 万台。

大量保修期之外的笔记本电脑催生了笔记本电脑维修行业，许多人打算或正在从事笔记本电脑维修工作。

虽然笔记本电脑维修行业已有十多年，但毕竟还是一个新生的行业，还没有多少正规院校开设相关的、较为系统的课程。对于许多维修人员，特别是对于初学者来说，还不能找到多少实用而又易于理解与掌握的教程。即使如此，笔记本电脑维修技术在众多从业者的不断探索、交流、总结下也有了相当大的进步。

1.1 关于学习

“电”具有一定的抽象性，它不能被触摸、看、听或闻到。在一定程度上，人们需要利用一些仪器，如万用表、示波器等来观察它。从许多方面来看，讲解电路是抽象的、数学化的、纯理论性质的，但我们努力将数学与纯理论性质的讨论降到最低程度，以培养读者对笔记本电脑电路阅读与分析的直觉意识与理解。

本书的读者，大都希望通过学习后能掌握一定程度的拓展职业生涯的技能。而这里所说的技能就是利用相关领域的基础知识解决实际问题的能力。注意，对于通常的电子维修工作来说，最常运用的也是简单的基础知识。

那么，如何发展并增强这样的技能呢？

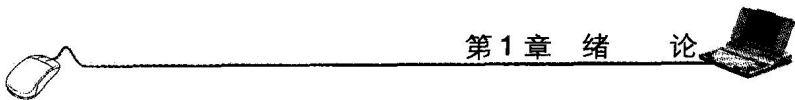
最佳的方法当然是理论学习与实践相结合。

然而，要想真正掌握这样的技能，就必须利用相当的时间来学习、阅读、理解笔记本电脑电路。你会惊异地发现，你所求解的大部分问题都会利用到简单的基础知识。

在学习之初，建议对基础理论知识（知识点）记忆掌握，而不是对基础理论知识问为什么？

例如，在后面第 2 章中会讲到：以 N 沟道增强型绝缘栅场效应管来说，它与 NPN 型三极管类似：当栅极无电压时，漏极与源极之间基本上无电流；当栅极电压远大于源极电压时，漏极与源极间导通（相当于开关闭合，漏极与源极间电阻非常小）。

那么，我们就记住这个知识点，在分析类似图 2.30 中的场效应管（Q38、Q39）电路时，就用以上知识来进行电路分析。而无须问：为什么 N 沟道增强型绝缘栅场效应管的栅极为高电平时，其漏极与源极通道会导通？类似这样的问题不是当前学习阶段要解决的问题，这也不是本书编写的目的。若读者需要深入探究，可参阅其他相关的书籍。



要掌握好笔记本电脑维修所必需的电路基础知识，应：

- ① 掌握基本的概念。
- ② 掌握基本电路。
- ③ 掌握基本分析方法。

可以说，基本概念是不变的。但它的应用是灵活的，万变不离其宗。

掌握基本电路。掌握基本电路的构成、正常工作的条件、电路的功用，等等。复杂的电路都是在基本电路的基础上演变来的。基本电路的组成原则是不变的，但其电路形式各不相同、千变万化。如果记忆的仅仅是一个个孤立的电路，要真正学好技术是比较难的。

从维修技术层面来看，基本分析方法所涉及的是一种简单的逻辑思维、推理方法。其实，绝大多数人都具有这种推理的潜在意识，只是说能不能把它运用到电路与故障分析中来。图 1.2 所示的就是一个典型的生活中的例子，相信大家能对其心领神会。每个人的思维方式都有自己独特的一面，所以在进行以上类似的推理时，实际步骤可能是各不相同的。我们不需要千篇一律地去考虑问题，关键在于是否能熟练运用这种推理方法，达到殊途同归的目的。

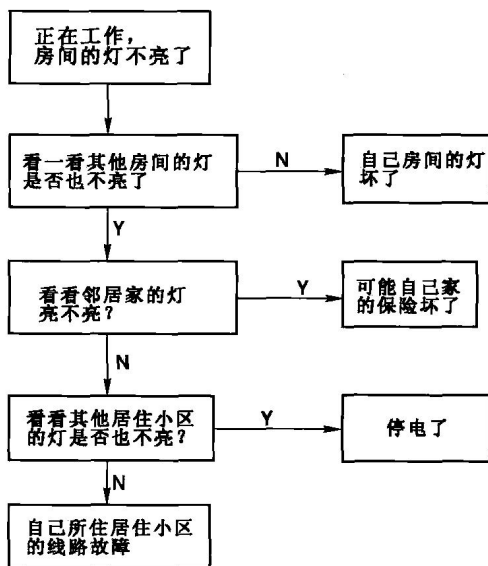


图 1.2 生活小事的推理示意图

学习基础知识的过程，初看是非常乏味的，然而，这一过程非常必要，随着工作的深入、知识的增加，这一过程会变得越来越容易。

随着时间推移，会发现求解问题很快。花时间阅读、理解电路图最终会为你节省大量的时间，同时避免失败。

1.2 学习的重点

从当前的情况来看，学习笔记本电脑维修技术有如下的几个重点。

- ① BGA 焊接技术。这是首要的，否则无法实施维修作业。
- ② 必要的理论基础。虽然如今的笔记本电脑电路相对简单，但也需要维修人员具备一



定的理论知识，否则，维修人员至多是从事换件作业，而不是维修。

③ 善于阅读相关的技术资料，并能灵活应用。

1.3 如何获取相关资料

如何获取笔记本电脑维修的资料？这是维修人员非常关心的问题。

维修人员之间相互交流、从相关设备商处购买都是获取资料的渠道。如今的网络资讯发达，通过 Baidu、Google 等搜索引擎可以查找与笔记本电脑维修相关的资料，许多资料都可通过互联网上免费（或付费）下载获取。

用于笔记本电脑维修的资料主要为两个方面——硬件资料和软件资料。

硬件资料主要是笔记本电脑的电路图、PCB Layout 电子文档（通常被称为点位图）、拆卸手册，维修人员通过它们可以深入细致地检修笔记本电脑故障。

1.4 黑盒子学习法

笔记本电脑电路由多个不同的单元电路组成。笔记本电脑维修工作最终其实是检修处理单元电路及其电路元件。

如果要单从电路理论上讨论笔记本电脑中单元电路及其故障检修是复杂的，单是放大器的讨论就可以有厚厚的一本书。这些方面不是本书所要探讨的内容，本书的目的在于希望读者通过本书所述的内容能快速掌握一定的维修实用方法，即由一些基本的电路知识、经验准则与大量的实际操作技巧相结合而来的简捷方法。



对于初学者来说，无论是学习笔记本电脑电路还是检修笔记本电脑电路，无需关注其具体电路为何如此构成？工作原理、电路参数为什么是这样的？对于初学者而言，可简单地将单元电路看做一个电路“黑盒子”，如图 1.3 所示。

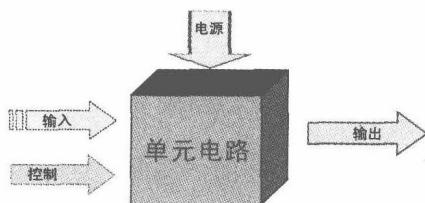


图 1.3 可将单元电路看做一个电路“黑盒子”

“黑盒子”方法几乎适用于所有的单元电路。“黑盒子”学习法可以使初学者快速理解基本单元电路的特征与要点，有利于快速分析电路及其故障。

对于电路“黑盒子”，不必关注盒子里到底有些什么，而是需要了解以下 3 点。

① 任何一个单元电路，首先是电路元器件正常、电路的工作电源正常，电路才可能正常工作。

② 在第①正常的前提下，除振荡电路外，笔记本电脑中的其他单元电路基本上都要输入正常，输出才可能正常。



③ 如果单元电路有外来的控制信号，须控制信号正常，单元电路才可能正常工作。



不论是输入、输出，还是控制与电源端口，应了解在正常情况下该端口信号是什么样的信号？如输入的电压值正常是多少？输入的控制信号是高电平还是低电平？时钟信号是什么频率、幅度？等等。在检修故障时，实际上就是对一些电路信号的检测、判断的操作。



假使要检修这个电路“黑盒子”，也很简单。

① 检查其输出信号是否正常？若输出正常，说明“黑盒子”及其输入端的电路都正常。若“黑盒子”的输出不正常，继续下面②的检修。

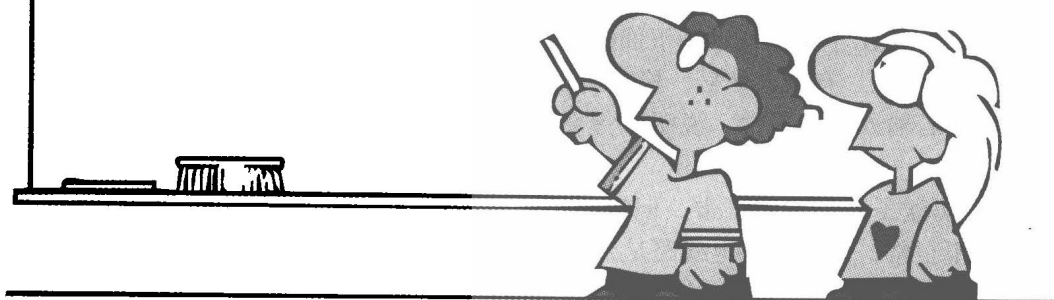
② 若“黑盒子”有输入信号，检查输入信号是否正常？若输入信号不正常，检查其输入端的电路。若输入信号正常，说明“黑盒子”所代表的单元电路工作不正常，可参照第③继续。

③ 若“黑盒子”的输入正常，但输出不正常，检查“黑盒子”的工作电源是否正常？若工作电源不正常，检查其供电线路是否良好？检查其电源产生电路。若电路没有外来的控制信号，说明问题在“黑盒子”电路本身，检查更换“黑盒子”所代表单元电路的电路元器件。

④ 若“黑盒子”有外来的控制信号，检查控制信号是否正常？若控制信号不正常，检查控制信号传输线路，检查控制信号产生电路。若控制信号正常，说明问题在“黑盒子”电路本身，检查更换“黑盒子”所代表单元电路的电路元器件。

第2章

维修基础



良好的电子基础是深入维修之本。这一章有选择地介绍一些与笔记本电脑维修相关的、必要的电子基础知识。但本书的主要目的不在此。若想更进一步了解相关的电子基础知识，读者可继续关注电子工业出版社即将出版的《笔记本电脑维修之电路分析基础》一书。



2.1 基础电子元件

2.1.1 电阻

在电路中，电阻通常用图 2.1 (a) 或图 2.1 (b) 的图形符号来表示。原始的笔记本电脑电路图中，通常采用图 2.1 (b) 所示的电阻符号来标识。

电路中，字母“R”标示电阻，字母“R”加数字则标示某一具体的电阻。如在图 2.2 所示的电路中，R11、R3、R6、R16、R9 就分别表示了 5 个不同的电阻。这种表示方法对于电容、电感、二极管、三极管、集成电路等都是适用的。

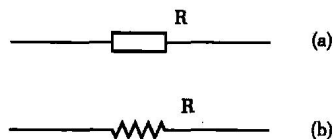


图 2.1 电阻的电路图形符号

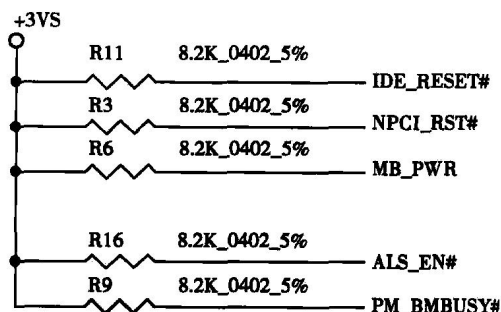


图 2.2 HP6910P 笔记本电脑的部分电路

电阻器都有一定的阻值，它代表这个电阻对电流流动阻挡力的大小。电阻的单位是欧姆，用符号“ Ω ”表示。常用的还包括 $k\Omega$ （千欧）、 $M\Omega$ （兆欧）。其换算关系为

$$1k\Omega = 1000\Omega \quad 1M\Omega = 1000k\Omega$$

在笔记本电脑的电路板中，由于电阻体积通常较小，大多数电阻都没有标出其参数。在一些体积较大的电阻上，通常通过数码标识法来标示电阻的阻值，如图 2.6 中的排电阻。

数码标识法是用三位阿拉伯数字表示的，前两位数字表示阻值的有效数，第三位数字表示有效数后面零的个数。单位为欧姆（ Ω ）。

例如：

$$101 = 100\Omega \quad 102 = 1k\Omega \quad 103 = 10k\Omega$$

$$104 = 100k\Omega \quad 105 = 1M\Omega \quad 106 = 10M\Omega$$

当阻值小于 10Ω 时，常以“* R *”表示，将 R 看做小数点，如 3R3 为 3.3Ω 。



若几个电阻首尾相接，如图 2.3 所示，就是电阻的串联。两个电阻串联后， $R_{\text{总}} = R_1 + R_2$ 。因此，利用电阻的串联，可得到一个阻值较大的电阻。串联电阻电路有这样一个特点：在串联电阻电路中，流过每个电阻的电流一样；但每个电阻两端的电压不同（串联电阻分压）。

若两个或几个电阻以头接头、尾接尾的方式连接，如图 2.4 所示，则为电阻的并联。

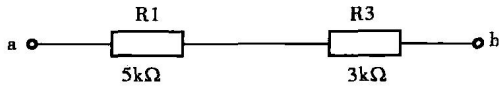


图 2.3 电阻的串联

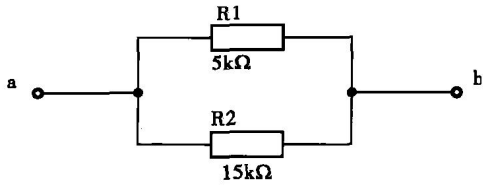


图 2.4 电阻的并联

电阻并联后，其总电阻阻值减小（a、b 间的电阻），其阻值的计算公式为

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \text{ 或 } R_{\text{总}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

并联电阻电路有这样一个特点：在并联电阻电路中，每个电阻器两端的电压一样；但流过每个电阻器的电流不同（并联电阻分流）。



笔记本电脑中的电阻基本上都是表面贴装的电阻（也被称为 SMD 电阻）。SMD 电阻的封装尺寸有多种，如 0402、1206、2010、0805、0603 等。在图 2.2 中，电阻标识“8.2K_0402_5%”中的“0402”就是指该电阻的尺寸。

图 2.5 所示的就是几个实际的 SMD 电阻。笔记本电脑中的电阻基本上都是两端为银白色，这是电阻的焊接点，中间大部为黑色。图 2.5 中右边图中所示的是几个采用数码法标识的 SMD 电阻。

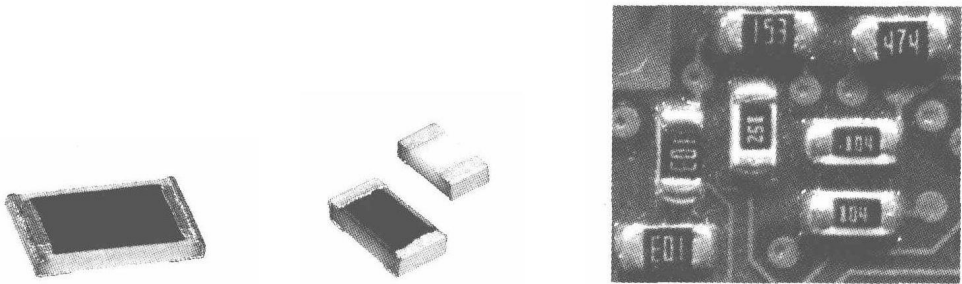


图 2.5 SMD 电阻

在笔记本电脑电路板中，常常会见到一些电阻被制作在一起。这些电阻器组件被称为电阻阵列或电阻网络（也有被其为“排电阻”的）。图 2.6 中的 RP59 就是 HP6910 笔记本电脑中的一个 SMD 电阻器阵列，图中展示了 RP59 的实物图及其电路图形符号。

在电路图中，电阻器阵列采用一个标号。如在图 2.6 所示的电路中，RP59 就是一个电

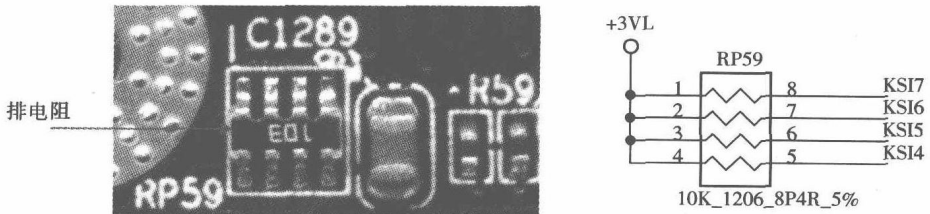


图 2.6 RP59 的实物图及其电路图形符号



阻阵列（排电阻），它包含4个独立的电阻器。

2.1.2 电容

笔记本电脑中的电容主要起到滤波（旁路）与耦合（传输信号）的作用。

电容在电路中用字母“C”标识。在电路中，电容通常用图2.7所示的图形符号来表示。固定电容没有极性之分，电解电容有正极、负极之分。

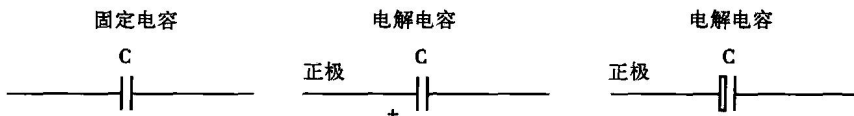


图2.7 电容的电路图形符号

电容器存储电荷的能力用电容量来表示。电容容量的基本单位用法拉（F）表示，其他单位还有：毫法（mF）、微法（ μF ）、皮法（pF）、纳法（nF）。常用的是微法（ μF ）、皮法（pF）。它们之间的换算关系是：

$$\begin{aligned} 1\text{F} (\text{法拉}) &= 1000\text{mF} (\text{毫法}) & 1\text{mF} (\text{毫法}) &= 1000\mu\text{F} (\text{微法}) \\ 1\mu\text{F} (\text{微法}) &= 1000\text{nF} (\text{纳法}) & 1\text{nF} (\text{纳法}) &= 1000\text{pF} (\text{皮法}) \end{aligned}$$



电容器有两个重要的特性：电容两端的电压不能突变；电容通交流，隔直流。

对于交流信号，电容还有通高频、阻低频的特性——即面对同一个电容，频率高的信号比频率低的信号容易通过（电容对高频信号的阻力小，对低频信号的阻力大），如图2.8所示。

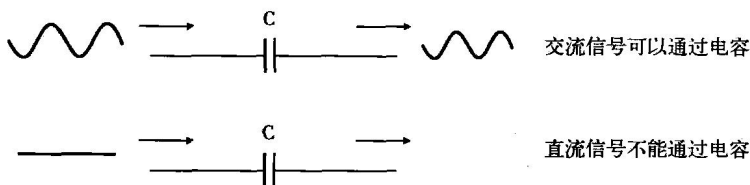


图2.8 电容通交流，隔直流

若几个电容首尾相接，就是电容的串联，如图2.9所示。电容串联后，其总电容容值减小。若两个或几个电容以头接头、尾接尾的方式连接，如图2.10所示，则为电容的并联。电容并联后，其总电容容值增大。

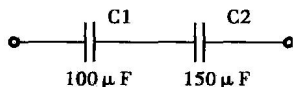


图2.9 电容的串联

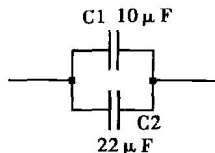


图2.10 电容的并联

在笔记本电脑中，通常采用片式封装的薄膜电容，称为SMD电容。图2.11所示的就是



一些 SMD 电容。图 2.12 所示的则是 SMD 电解电容。

笔记本电脑电路中的电容外观与电阻的外观有一点相似，即两端的焊接点为银白色，但电容的中间大部通常为灰色或者是黄色、褐色。SMD 电解电容的正负极很容易辨认，通常电解电容的外观都是长方体，颜色以黄色和黑色最常见。电容的正极一端有一条色带，如图 2.12 所示。

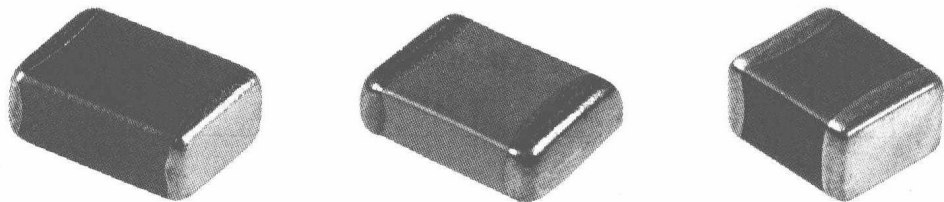


图 2.11 SMD 电容

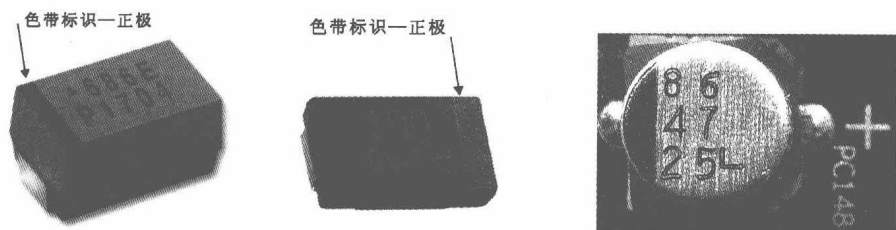


图 2.12 SMD 电解电容

在电容的实际应用中，常常会采用一些电容器组件，这些电容器组件是多个电容器以不同的连接方式被集成在一起，得到被称为电容阵列或电容网络的器件。图 2.13 左图所示的是电容阵列的实物图。



图 2.13 电容阵列

2.1.3 电感

电感器是一种利用磁场来存储能量的无源器件，是电子电路常用的元件之一。通常用图 2.14 所示的符号来表示电感器。



图 2.14 电感器的电路图形符号

电感是表示电感能力的物理量，用字母 L 表示。电感的单位是 H (亨)。常用的电感量单位还有毫亨 (mH)、微亨 (μH)、纳亨 (nH)，其换算关系是：

$$\begin{aligned} 1\text{H} &= 1000\text{mH} \\ 1\text{mH} &= 1000\mu\text{H} \\ 1\mu\text{H} &= 1000\text{nH} \end{aligned}$$