

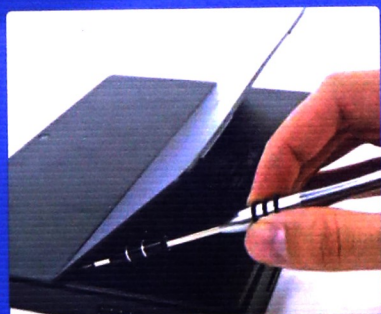
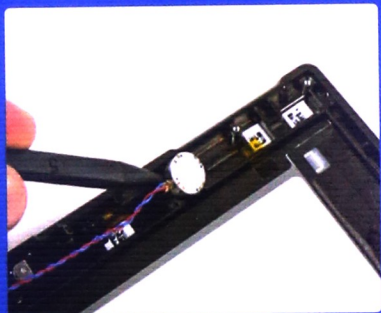


北极光

图解

师彦祥 编著

平板电脑电路 原理和维修



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

图解平板电脑电路原理和维修

师彦祥 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书由从事电子技术工作多年的资深工程师执笔，对平板电脑电路原理和维修进行了系统的讲解，对涉及电路的软件部分也作了简要介绍，内容主要包括平板电脑的电源电路、CPU 电路、NAND 闪存电路、DDR 内存电路、LCD 显示模组电路、触摸屏电路、音频电路、摄像头模组电路、无线模块电路、传感器电路，以及平板电脑的各种接口电路，最后介绍了平板电脑的刷机知识。

本书适合学习平板电脑维修的技术人员，也可用作中职培训教材，还可用作学习智能手机、GPS 导航仪等平板设备维修的参考资料，对平板电脑的设计开发人员也有一定的参考价值。

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

图解平板电脑电路原理和维修 / 师彦祥编著. —北京：电子工业出版社，2014.9

ISBN 978-7-121-24121-5

I. ①图… II. ①师… III. ①移动终端-电子电路-图解 IV. ①TN87-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 191806 号

策划编辑：杨 博

责任编辑：李树林

印 刷：三河市鑫金马印装有限公司

装 订：三河市鑫金马印装有限公司

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：15.25 字数：391 千字

版 次：2014 年 9 月第 1 版

印 次：2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价：39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，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 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

平板电脑以体积小、功能众多、便于携带、方便工作和生活的特点，迅速得到了大家认可。与此同时，平板电脑在使用中会出现各种故障，人们希望有介绍平板电脑维修知识的图书来帮助解决问题。本书是作者利用平板电脑的维修和培训工作中所写讲义整理而成。作者从事电子行业工作多年，对电路分析和软件有一定的了解，在本书的写作中融入了一些个人的独到见解。本书尽量用通俗易懂的语言，简明扼要地把电路原理讲明白，并结合硬件和软件两方面的工作原理，把维修知识讲解得更透彻，使读者更容易理解。本书还对平板电脑的维修方法和步骤，以及检修思路和流程也进行了归纳整理，使本书所介绍知识具有较好的可操作性。在实际维修方面，尽量只使用万用表检测，较少涉及复杂的仪器仪表，具有一定的实用性，力争使读者真正学到这门技能。

本书主要内容为：平板电脑的电源电路、CPU 电路、NAND 闪存电路、DDR 内存电路、LCD 显示模组电路、触摸屏电路、音频电路、摄像头模组电路、无线模块电路、传感器电路，以及平板电脑的各种接口电路的原理和故障检修方法，最后介绍了平板电脑的刷机知识。

另外，为了便于讲授，并与实际操作衔接，对不符合我国国家标准的图形和符号未做改动。在此，特别加以说明。

由于时间仓促，编者水平有限，书中错误及纰漏之处敬请谅解，欢迎读者朋友提出宝贵意见。谨此致谢！联系邮箱：shyx9588@sina.com，QQ：1592806233。

编著者

第 1 章 平板电脑概述..... 1

1.1 平板电脑的功能 1

1.2 平板电脑的操作系统 2

1.2.1 苹果 iOS 操作系统 2

1.2.2 谷歌 Android 操作系统..... 2

1.2.3 微软 Windows 8 操作系统 3

1.3 平板电脑中的关键硬件：CPU 和显示器 3

第 2 章 平板电脑的电路基础..... 4

2.1 电阻 4

2.2 电容 5

2.3 电感 6

2.4 二极管 7

2.5 三极管 8

2.6 集成电路 10

第 3 章 平板电脑的电源电路..... 11

3.1 电源 IC 11

3.1.1 三引脚电源 IC..... 11

3.1.2 四引脚电源 IC..... 12

3.1.3 五引脚电源 IC..... 12

3.1.4 六引脚电源 IC..... 13

3.1.5 八引脚电源 IC..... 14

3.2 其他功能 IC 14

3.2.1 三引脚非电源 IC 的接法 15

3.2.2 四引脚非电源 IC 的接法 15

3.2.3 五引脚非电源 IC 的接法 16

3.2.4 六引脚非电源 IC 的接法 17

3.3 平板电脑电源电路概述 18

3.3.1 开机电路概述 18

3.3.2 平板电脑的启动过程 18

3.3.3 常见的 8 种开机电路 18

3.4 电源管理单元 PMU / PMIC 21

3.4.1 电源管理单元的作用 21

3.4.2	电源管理单元的工作原理	21
3.4.3	电源管理单元的上电时序	22
3.4.4	电源管理单元异常事件的种类	22
3.5	电源中的充电电路	23
3.6	电源电路的维修	27
3.7	常见的 20 种电源电路及说明	30
3.7.1	一种典型的电源电路	30
3.7.2	由 TC4001 和 AP 2953 构成的电源电路	32
3.7.3	由 EUP8207 和 EUP3472 构成的电源电路	34
3.7.4	由 BQ24085 和 RT8008 构成的电源电路	36
3.7.5	由 EUP8054 和 KB3426 构成的电源电路	38
3.7.6	由 MCP73863 构成的电源电路	40
3.7.7	由 TPS54328 和 EUP8202 构成的电源电路	42
3.7.8	由 LM3658 和 RT8010 构成的电源电路	44
3.7.9	由 LTC3455 和 MP2105 构成的电源电路	46
3.7.10	由 BF1282 和 RT9013 构成的电源电路	48
3.7.11	由 ACT3704 和 ACT8796 构成的电源电路	50
3.7.12	由 AXP173 构成的电源电路	52
3.7.13	由 DA9053 构成的电源电路	54
3.7.14	由 AXP209 和 SY8008 构成的电源电路	56
3.7.15	由 AXP209 和 MP1482 构成的电源电路	58
3.7.16	由 TWL6030 和 TL1963 构成的电源电路	60
3.7.17	由 MT6329 构成的电源电路	62
3.7.18	由 WM8326 和 BQ24133 构成的电源电路	64
3.7.19	由 TWL6030 和 TPS54320 构成的电源电路	67
3.7.20	由 PM8058 和 PM8901 构成的电源电路	69
第 4 章	平板电脑的 CPU 电路	72
4.1	CPU 的内部结构	73
4.2	CPU 挂接/连接的外部模块	76
4.3	CPU 引脚信号的说明	76
4.4	CPU 的工作过程	77
4.5	CPU 电路的检修	77
第 5 章	平板电脑的存储电路	79
5.1	内存 DDR 电路	79
5.1.1	DDR 内存控制器	79
5.1.2	DDR 内存的内部结构	81
5.1.3	DDR 电路连接图	82
5.1.4	DDR 芯片各引脚符号说明及引脚作用	82
5.1.5	DDR 电路的工作原理	83

5.1.6	内存 DDR 电路的检修	84
5.2	闪存 NAND 电路	85
5.2.1	闪存控制器	86
5.2.2	闪存内部电路结构	87
5.2.3	闪存电路连接图及引脚符号定义	88
5.2.4	闪存电路的工作原理	89
5.2.5	闪存 NAND 电路检修	90
5.3	串行闪存电路	91
5.4	SSD 固态硬盘电路	93
第 6 章	平板电脑不开机维修	98
6.1	平板电脑的开机流程	98
6.2	不开机检修	100
6.3	不开机检修流程	101
6.4	死机、自动关机、反复重启的检修	102
6.4.1	死机的检修	102
6.4.2	自动关机和反复重启的检修	102
第 7 章	平板电脑的 LCD 显示器模组	103
7.1	LCD 显示器模组工作原理	103
7.2	LCD 模组接口种类及引脚符号定义	104
7.3	液晶模组常用的接口种类	106
7.3.1	TTL 接口	106
7.3.2	LVDS 接口	108
7.3.3	EDP 接口	115
7.4	花屏、白屏及暗屏故障的检修	118
7.4.1	花屏故障的检修	118
7.4.2	白屏故障的检修	119
7.4.3	暗屏故障的检修	119
第 8 章	平板电脑的触摸屏电路	120
8.1	电阻触摸屏电路的电路原理	120
8.2	电容触摸屏电路的工作原理	121
8.3	电磁触摸屏电路的工作原理及检修	122
8.3.1	电磁触摸屏的组成部分及作用	122
8.3.2	电磁触摸屏电路的工作原理	124
8.3.3	电磁触摸屏的维修	125
8.4	触摸屏电路的检修	125
第 9 章	平板电脑的音频编/解码电路	128
9.1	音频编/解码电路基础	128
9.2	音频编/解码电路的工作过程	129
9.3	音频编/解码电路原理	130

9.4 音频编/解码电路的检修 135

第 10 章 平板电脑的摄像头模组 137

10.1 摄像头模组的工作原理 137

10.2 摄像头模组的电路原理 138

10.2.1 30 万像素摄像头 OV7725 图像传感器的电路原理 138

10.2.2 500 万像素摄像头 MT9P 系列图像传感器的电路原理 141

10.2.3 1300 万像素摄像头 OV12830 的电路原理 145

10.3 常见摄像头接口种类及引脚符号定义说明 149

10.4 摄像头模组的检修 150

第 11 章 平板电脑的无线模块电路 153

11.1 WiFi 模块电路 153

11.1.1 WiFi 模块的工作原理 153

11.1.2 WiFi 芯片内部的工作过程 154

11.1.3 WiFi 实际电路的工作原理 154

11.2 GPS 模块电路 156

11.2.1 GPS 的基本工作过程 156

11.2.2 GPS 实际电路工作原理 157

11.2.3 GPS 模组接口引脚符号定义说明 158

11.3 BT 蓝牙模块电路 160

11.4 FM 收音机模块电路 161

11.5 GSM/2G 和 CDMA/3G 模块电路 162

11.6 NFC、RFID、WIDI 及 TV 电路 164

11.7 无线模块的维修 168

第 12 章 平板电脑的接口电路 171

12.1 HDMI 高清显示器接口 171

12.2 USB 及 OTG 电路 172

12.3 TF 卡、SD 卡和 SIM 卡接口电路 174

12.3.1 闪存卡介绍 174

12.3.2 TF 卡、SD 卡和 SIM 卡的区别 175

12.3.3 闪存卡的内部结构 175

12.3.4 闪存卡的工作原理及引脚定义 175

12.3.5 TF 卡和 SD 卡的电路连接 177

12.3.6 闪存卡的维修 178

12.3.7 SIM 卡接口电路 179

12.3.8 SIM 卡的工作原理 179

12.3.9 SIM 卡电路及维修 180

12.4 网卡接口电路 181

12.4.1 电脑之间的网络通信原理 181

12.4.2 网卡电路结构 182

第 13 章	平板电脑的传感器模块	190
13.1	陀螺仪模块电路	190
13.1.1	陀螺仪的原理	190
13.1.2	陀螺仪电路的工作原理	192
13.2	重力加速度计模块电路	193
13.2.1	重力加速度计概述	193
13.2.2	重力加速度计电路的工作原理	194
13.2.3	不同型号的重力加速度计的引脚符号及定义说明	195
13.3	电子罗盘/指南针模块电路	196
13.3.1	电子罗盘/指南针 (Compass) 概述	196
13.3.2	电子罗盘/指南针电路的工作原理	196
13.4	环境/亮度/接近传感器模块电路	197
13.4.1	接近传感器电路	197
13.4.2	亮度传感器电路	197
13.4.3	环境光传感器电路	198
13.4.4	震动马达 Vibrator	199
13.5	传感器模块的检修	199
第 14 章	平板电脑的刷机	201
14.1	什么是刷机？为什么要刷机？	210
14.2	刷机的基础知识	201
14.3	如何刷机	207
14.4	刷机固件的简单修改	208
14.5	刷机注意事项	211
14.6	刷机过程中经常遇到的问题	212
附录	四核 Terga 3 平板电脑电路原理图	213

1.1 平板电脑的功能

平板电脑的雏形在很早以前就有，在 2000 年，微软的比尔·盖茨就预言，平板电脑最终将取代笔记本电脑，直至 2010 年 1 月苹果公司发布 iPad 产品，市场就如同被点燃了导火索，平板电脑开始如火如荼地发展起来。据统计，平板电脑的销量已经和台式机基本持平，并有继续扩大的趋势，这说明平板电脑所具有的一些功能和特点，符合人们的需求。平板电脑的功能和特点，归纳起来如下。

(1) 体积小，质量轻，耗电少，使用方便，便于携带，电池工作时间长。不像笔记本电脑，又厚又重，电池工作时间短。平板电脑是电脑向小型化发展的必然结果。

(2) 用途广泛，现在平板电脑有个人用的平板电脑，工业用的工业平板电脑，医疗用的医用平板电脑，还有教育用的教学平板电脑。随着应用软件的不断增多，平板电脑的功能会越来越多。

(3) 现有个人平板电脑的一些功能：

① 上网。平板电脑可以通过 WiFi 上网，也可以通过 RJ-45 网线进行有线方式上网，也可以通过 3G 模块进行 3G 无线上网，也可以通过 2G 模块 GPRS 进行无线上网（网速较慢），还可以通过 USB 口转 RJ-45 口的有线方式上网。上网方式灵活多样。为人们看新闻、看电视和视频、聊天等提供了极大方便。

② 办公学习。平板电脑同其他电脑一样，都是一个硬件平台，而一些应用功能都需要通过安装软件来实现。安装了什么样的软件，就有什么样的功能。如安装了文字处理软件 Softmart Office、Document Togo，以及金山 WPS 等就可以进行文档处理了，在带有手写笔功能的办公软件上，可以直接手写输入；有的平板电脑甚至可以将小学至高中的课程都安装上，这样就可以作为教育和学习电脑了；也有的将一些课本、图书、资料安装到平板电脑上，需要时可以查阅或阅读。

③ 导航定位。在平板电脑内安装 GPS 芯片，加上定位软件，它就是一台导航仪了。

④ 休闲娱乐。因为平板电脑内有陀螺仪、加速度计等芯片，在游戏中可以通过左右摇摆平板电脑，代替传统游戏手柄中的摇杆或电脑游戏中的键盘操作。这也是笔记本电脑没有的功能。

⑤ 其他功能还有：

- 蓝牙。方便两个或多个带有蓝牙功能的设备间传输数据。
- 二维码扫描识别。这个功能是通过平板电脑的摄像头和软件实现的。
- 触摸屏输入，手写输入，语音识别。这些输入方式替代了键盘，既容易又方便，还有一些如 Alpha Tap 和 Shark 等速记软件可以提高人们的输入速度，当然平板电脑也可外接 USB 键盘或蓝牙键盘，使习惯使用键盘的用户快速输入。
- 语音通话。装有 2G/3G 模块的平板电脑，只要插上 SIM 卡，就和手机一样，能接打电话了。
- 外接 TF 存储卡。TF 存储卡容量可达 64GB，它可以用来存储电影、音乐、照片、电子书等资料。
- 照相，视频聊天。通过平板电脑的摄像头、相关软件，以及接入互联网就可以实现视频聊天和随身相册的功能了。如 QQ、微信等，可以提供视频通话服务。
- 另外，还可以通过 RFID 功能进行身份识别；通过 NFC 功能进行近距离支付；通过 FM 模块收听收音机；通过 TV 模块看电视；将最新的、好玩的、有用的应用程序下载下来运行，以及一些新增加的功能等等，在此不一一枚举。随着科技的发展，功能和特点也会越来越多。

1.2 平板电脑的操作系统

所有的电脑都需要操作系统的支持，只有有了操作系统，应用程序才得以在硬件平台上运行。平板电脑也不例外。平板电脑的操作系统主要有 3 种：iOS、Android 和 Windows 8。还有一些其他平板电脑操作系统，因应用不怎么广泛的，这里不再赘述。

1.2.1 苹果 iOS 操作系统

iOS 安装在苹果手机 iPhone 和平板电脑 iPad 上，源于苹果电脑的 UNIX 操作系统 MacOS。iOS 运行稳定且速度快，功能强大，有几十万个应用程序供下载，但很多实用的应用都收费。iOS 是一个相对封闭、专属于苹果的操作系统。

1.2.2 谷歌 Android 操作系统

Android 操作系统源于开源的操作系统 Linux，由于其免费开源，很多非苹果 Pad 类的平板电脑均采用 Android 系统，像我们熟悉的联想、三星、宏基、华硕等知名品牌以及众多山寨品牌平板电脑基本都采用 Android 操作系统，应用程序也有近 20 万种供平板电脑用户下载，并且 Android 系统的平板电脑销售数量已经超过苹果。但 Android 平台的应用程序由各种水平的人所编写，质量参差不齐，甚至有病毒，需要谨慎下载使用。搭载 Android 操作系统的平板电脑在运行时，会出现一些优化不太好、运行不够快等一些小问题，不过随着 Android 操作系统的不断升级和更新，会越来越好的。

1.2.3 微软 Windows 8 操作系统

Windows 8 分两种，一种是运行在 ARM CPU 上的 Windows 8 RT，另一种是运行在英特尔 i3、i5 处理器上的 Windows 8。运行 Windows 8 RT 的平板电脑，因为应用软件很少，适用范围窄，市场占有率很小。而搭载 Windows 8 操作系统的平板电脑使用和笔记本电脑同一系列的 i3、i5 处理器，大量的现有应用程序都可使用，无论是从应用上还是使用上都非常方便。但从耗电量和体积上，与 ARM 相比还是有些差距。由于 Windows 8 的超大体积，需要强劲的硬件平台支持，所以运行速度也有待进一步提高。

总之，这 3 种操作系统各有优缺点，但总体而言平板电脑所具有的功能，还是受到了人们的喜爱，各个不同的操作系统也在不断地进行更新和升级，相信会让人们更加青睐。

1.3 平板电脑中的关键硬件：CPU 和显示器

平板电脑中的 CPU 和显示器代表着平板电脑的水平，决定着平板电脑硬件性能的好坏（内存越大越好，其他模组质量越高越好，但从重要性和关键性上看，还是这两个部件影响最大，对平板电脑的好坏起决定作用）。如果从平板电脑的整体性能来看，还与软件有关。在同样的硬件条件下，平板电脑的好坏，由软件（即平板电脑的操作系统和应用程序）来决定。

平板电脑中的 CPU 分为两大类：一类是精简指令集的 ARM 系列 CPU，其具体型号和生产厂家也比较多，也是在平板电脑中大量采用的 CPU；另一类是复杂指令集的 X86 系列的 CPU，主要是英特尔生产的 i3、i5 系列的低功耗 CPU。

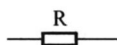
对于 ARM 系列的 CPU，可以从架构上区分性能的高低，从低到高依次为 Cortex A8、Cortex A9、Cortex A15、Cortex A50、Cortex A53（从 Cortex A9 开始支持多核，Cortex A50、Cortex A53 是 64 位的 CPU）。另外还可以从频率上来区分，如 1.2 GHz、1.5 GHz、2.0 GHz、2.5 GHz 等，但主要还是通过架构区分性能高低，另外还有双核、四核等区别。主要厂家有高通、英伟达、三星、德州仪器和苹果等。目前运行 X86 指令集的平板电脑 CPU 只有英特尔的 i3 和 i5，i5 性能比 i3 好。

平板电脑中的显示屏从材料上可以分为 TFT 屏和 IPS 屏，IPS 屏又分为 EIPS 屏和 IPS 屏，IPS 屏的质量最好，TFT 屏稍差。从分辨率上来分，大致分为 800×480、1024×768、1280×800、1920×1200、1960×1080、2048×1536、2560×1600。一般最低的分辨率也应为 1024×768，有的山寨机则配 800×480 的屏，明显会看到像素点，外接至其他显示器，画面更是粗糙。国内稍好点的应在 1960×1080 这个级别。而苹果和谷歌的平板电脑显示屏的分辨率更高，显示图像色彩逼真、细腻，同时也代表着平板电脑的发展水平。

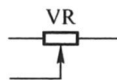
2.1 电阻

电阻起阻碍电流的作用，通过电阻后电流将变小。在电路中，多用电阻来调整电流大小和电压大小。

电阻的符号如图 2-1 所示。



(a) 普通电阻，用字母“R”表示



(b) 可调电阻，用字母“VR”表示

图 2-1 电阻符号

电阻与电流和电压的关系

在电路中，如果需要某个电流值或某个电压值，常通过以下公式（即欧姆定律）来计算：

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = I \cdot R$$

其中，电流 I 的单位是安培（A），电压 U 的单位是伏特（V），电阻 R 的单位是欧姆（ Ω ）。

如果想获得特定大小的电流，可以通过调整电压和电阻来达到，如电压增大，电流相应增大，电压减小，电流相应减小；增大电阻，电流会减小，减小电阻，电流会增大。

电阻的单位是欧姆，更大的单位是千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）。 $1000\Omega=1k\Omega$ ， $1000k\Omega=1M\Omega$ ，阻值的表示方法：

$$102=1000\Omega$$

其中，前两位数字是有效数字，第 3 位数是“0”的个数。如果是 4 位数字，前 3 位是有效数字，后一位（第 4 位）是 0 的个数，如：

$$7503=750\ 000=750k\Omega$$

$$3303=330\ 000=330k\Omega$$

$$472=4700=4.7k\Omega$$

有时也用字母 R 表示欧姆，如：

$$2R2=2.2\Omega \quad 2R49=2.49\Omega$$

电阻（平板电脑中几乎全部是贴片元器件，所以指的都是贴片元器件）的封装尺寸（即外形大小），在选择替换电阻时，要选择封装一致的，否则安装不到电路板上。

常见的封装尺寸有 0402、0805 和 1206，单位为英寸。前两位数字是长度，后两位是宽度。例如，0402 表示：长 0.04 英寸，宽 0.02 英寸。

电阻在电路中的作用如下：

- 限制电流，保护电阻后面的元器件。
- 在数字电路中，用作上拉电阻或下拉电阻。
- 用作负载（电阻）。
- 阻抗匹配，降低电磁干扰，常用于串联到数字信号中。
- 分压。为电路提供合适的偏置电源，给下一级提供合适的电源。

电阻的主要参数如下：

- 阻值。阻值的大小一定要合适，可以用万用表来测量。
- 功率。电阻的功率有 1/8W、1/4W、1/2W、1W 等多种规格，另外还有一些其他的参数，如频率、噪声系数等，用于要求较高的电路。

还有一些特殊电阻，如压敏电阻、光敏电阻、热敏电阻等，这些电阻的阻值会随着电压的大小、光照的明暗、温度的高低而变化，在平板电脑中较少用到。

电阻好坏的测量：通过使用万用表测量电阻的阻值，便可知电阻的好坏。一般情况下用万用表测出的阻值应在电阻的标称阻值上下范围 20%以内（高精度电阻除外），即认为正常，超出此范围的电阻，说明电阻已坏，需更换。

2.2 电容

电容的特性是通交流、隔直流，所通过的交流信号与交流频率的大小有关。频率越高，信号越容易通过，即通高频；频率较低时，信号则会有一定衰减，即阻低频。电容在电路中的符号如图 2-2 所示。



图 2-2 电容符号

电容的外形及封装：常见的封装为 0402、0805。

电容的单位：

$$1 \text{ 法拉 (F)} = 1000 \text{ 毫法 (mF)} = 1000 \text{ 000 微法 } (\mu\text{F})$$

$$1 \text{ 微法 } (\mu\text{F}) = 1000 \text{ 纳法 (nF)} = 1000 \text{ 000 皮法 (pF)}$$

电容的表示方法：前两位是有效数字，第 3 位是 0 的个数。示例如下：

$$104=100 \text{ 000 (PF)} = 100(\text{nF})=0.1(\mu\text{F})$$

$$106=10 \text{ 000 000(PF)}=10 \text{ 000(nF)}=10(\mu\text{F})$$

电容在电路中的作用如下：

- 耦合，让交流信号通过，隔断直流（直流不通过）。
- 滤波，滤除杂波、谐波以及干扰信号。
- 退耦，不让某些信号通过，把这些信号滤掉。
- 旁路，使某些信号经电容通过，而不走其他电路支路。
- 分压，对交流信号进行分压。

电容的主要参数如下：

- 容量。电容的容量很重要，容量不同，对交流信号的衰减程度也不同。也就是说，有的交流信号通过，有的交流信号不能通过，这与电容容量有关。
- 耐压。电容的耐压值要合适，电容的耐压值太低时，如果用到电压高的电路，就会把电容击穿，形成短路。
- 频率特性。电容的频率特性是指对不同频率的信号衰减的大小，即使是同一容量的电容，如果质量不好，衰减大，信号同样不能通过，所以频率特性必须好。
- 极性。有的贴片电容，虽没有标出极性，但也有正负之分。

下面补充几点与电容有关的内容。

(1) 为什么在大电容旁还并联有小电容？

因为较大的电容有一定的电感成分存在，反而不能滤掉高频率的杂波信号，这时并联一个小电容后，一些高频杂波就会被滤掉。

(2) 在数字电路中，见到有许多电容并联在一起，为什么不用一个，而是用多个并联呢？

一是单个的电容容量小，需多个并联。

二是负载（如 CPU 端等大的集成电路旁）电流变化率太大，即负载电流波动很大，可能是 1A 的电流，也可能是几十安的电流，这时需要多个并联，才能达到要求。

电容好坏的测量：用数字万用表的电容挡可以直接测量容量大小，一般误差在 20% 以内均属正常（精度要求高的除外），如果容量差别较大，说明电容有问题；也可用万用表的电阻挡进行测量，正常情况下，阻值会有一个从小到大的变化过程，再把表笔反过来测量，同样也会有一个阻值从小到大的变化过程，如果电容容量较小，则需变换万用表到合适的电阻挡位，如果电容量很小，电阻法测量就不太准确，最好用万用表的电容挡进行测量。

2.3 电感

电感的特性是通直流、隔交流，频率较低的信号容易通过（通低频），频率较高的交流信号不易通过，衰减很大（阻高频）。

电感在电路中的符号如图 2-3 所示。



图 2-3 电感符号

电感在电路中的作用是谐振、耦合、延迟、滤波、扼流、陷波、抗干扰等。电感的封装及外形除了有 0402、0805 外，还有圆形和方形，其外壳是磁性材料做成的，内部是线圈，贴片电感是使用特殊工艺制成的，如果用万用表测量这些电感，阻值几乎全部为 0。

电感的单位：亨利。电感的符号：H。

1 亨利 (H) = 1000 毫亨 (mH)

1 毫亨 (mH) = 1000 微亨 (μ H)

许多贴片电感上面没有标出电感量，一些方形和圆形电感则采用直标的方法。直标法：

100=100 μ H

4.7=4.7 μ H

电感的主要参数如下：

- 电感量。电感量的大小与通过的交流信号频率或所抑制的谐波频率有关，所以电感量是一个主要参数。
- 电流，即通过电感的额定电流的大小。如果电流太大，同样容易烧毁电感。

电感的测量：用万用表电阻挡测量电感，正常时阻值接近 0 欧姆，如果电感比较大，则阻值会稍大些，从几欧姆到几十欧姆不等，只要有阻值，一般说明是好的，如果阻值为无穷大，则表示电感开路了。

2.4 二极管

二极管的特性：正向导通、反向截止，有正负极之分。对于正向导通的阻值，高频管在 120~150 Ω 之间，低频管在 360~700 Ω 之间。反向阻值为无穷大（用万用表测量）。

高频管一般指肖特基二极管、快恢复二极管等，可以工作在较高的工作频率，尤其是现在，很多电源都是开关电源，工作频率较高，普通二极管不能胜任，所以在选择、替换二极管时，应注意。

二极管的符号如图 2-4 所示，用字母 D 表示二极管。本书为了方便讲解维修知识，未按国标改动，依旧采用 D 表示。



图 2-4 二极管的符号

二极管的封装常见的有 0805、1206，还有体积更大一些的。

二极管的作用有整流、隔离、稳压、限幅、检波、保护、开关等。

二极管的主要参数如下：

- 最大工作电流，超过此值二极管易被烧坏。
- 最大反向工作电压，超过此反向电压值，会将二极管击穿。
- 工作频率，超过二极管的工作频率会失去二极管的单向导电性，从而变成直通。

二极管好坏的测量：用万用表的电阻挡测量二极管，正向阻值在 100 欧姆左右，反向阻值为无穷大，正、反向阻值相差越大越好，如果测量后发现正、反向阻值基本相等，则说

明二极管已击穿损坏, 如果测量后正、反向阻值都为无穷大, 则表明二极管已断路损坏。

2.5 三极管

三极管的特性是小电流控制大电流(晶体三极管)和小电压控制大电流(场效应三极管)。

三极管的封装及外形: 三极管常见的封装是 SOT-23, 还有一些是 DPAK 封装。三极管的符号如图 2-5 所示, 通常用字母 Q (或 VT) 表示三极管。但是为了维修方便, 本书未按国标改动, 依旧采用 Q 表示。

场效应三极管的符号如图 2-6 所示。

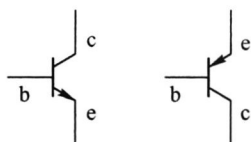


图 2-5 三极管的符号

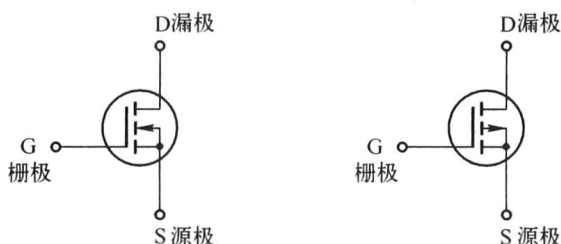


图 2-6 场效应三极管的符号

有的场效应管, 在 DS 间并有二极管, 有的没有此二极管。常见引脚排列如图 2-7 和图 2-8 所示(并非全都如此, 大部分是此排列)。

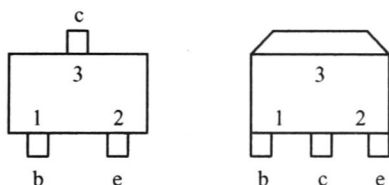


图 2-7 常见三极管引脚排列

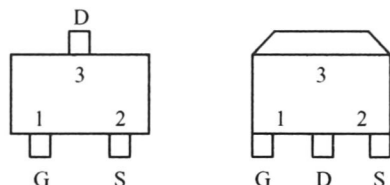


图 2-8 常见场效应管引脚排列

其中, b 是基极; c 是集电极; e 是发射极; G 是栅极; D 是漏极; S 是源极。

三极管和场效应管的工作原理

基极 b 较小电流的变化会引起集电极 c、发射极 e 之间电流的较大变化, 所以 b 极较小的电流, 可以控制 ce 间的大电流。同样, 栅极 G 电压的较小变化, 可以引起漏极 D 和源极 S 间电流的较大变化, 即 G 极较小的电压, 可控制 DS 间较大的电流。

三极管在电路中的作用主要是信号放大和通断开关, 另外还能起到自激振荡、调制、解调、混频、差分等作用。

如何判断三极管是工作在放大、导通, 还是截止状态? 以 NPN 三极管为例 (PNP 管与此相反):

- V_{be} 在 $0.6 \sim 0.7 \text{ V}$ 之间, 表明三极管处于放大状态。
- V_{be} 在 0.7 V 以上, 则表明三极管处于导通饱和状态, 此时 V_{ce} 很小。
- V_{be} 在 0.3 V 以下, 表明三极管处于截止状态, V_{ce} 很大。
- V_{be} 在 $-0.4 \sim -0.1 \text{ V}$ 之间, 表明三极管处于振荡状态。