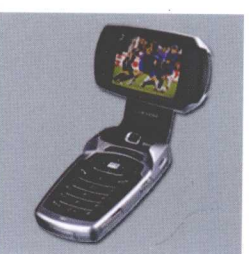
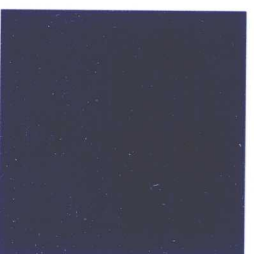
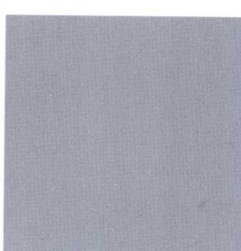
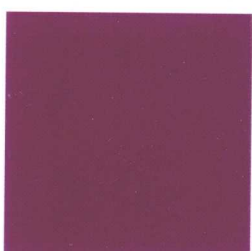
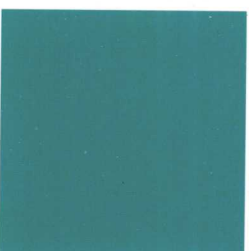
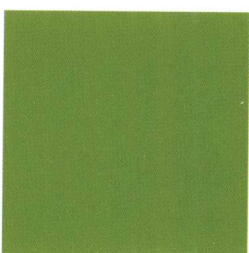
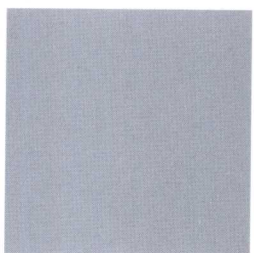
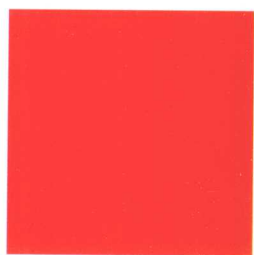


短期培训 ★ 职业院校教学 ★ 个人自学用书

手机维修 技能培训

教程

侯海亭 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

手机维修技能培训教程

侯海亭 编



机械工业出版社

本书主要包括通信电子技术基础、移动通信网络系统、GSM 手机基本工作原理、CDMA 手机基本工作原理、手机维修设备实习操作、手机维修技法、诺基亚 N96 型手机原理与维修技术、三星 W579 型手机原理及维修技术、MTK 芯片组手机原理与维修技术、酷派 7360 型双模双待智能手机原理与维修技术。重点介绍了目前流行的新机型的维修方法和基本思路,并提供了大量的案例说明。

维修者和初学者最关心的就是手机维修方法,本着“授人以渔”的原则,本书着重介绍了手机维修的方法和技巧、手机检修的步骤和流程、手机故障的特点及分类。对初学者特别是自学者,本书详细地介绍了常用维修工具的使用和仪器的使用技巧。本书可作为初学者和刚入门的手机维修人员参考用书,也可作为短期手机维修班的培训教材,还可以作为职业院校的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

手机维修技能培训教程/侯海亭编. —北京:机械工业出版社,2009.11
ISBN 978 - 7 - 111 - 28673 - 8

I. 手… II. 侯… III. 移动通信 - 携带电话机 - 维修 - 技术培训 - 教材 IV. TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 193567 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:陈玉芝 责任编辑:赵磊磊 版式设计:霍永明
封面设计:陈 沛 责任校对:姜 婷 责任印制:洪汉军
北京四季青印刷厂印刷 (三河市杨庄镇环伟装订厂装订)

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14.75 印张 · 1 插页 · 371 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 28673 - 8

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

手机维修技能培训教程编委会名单

主任 孙福军 殷宪岭

委员 张维生 孙建亮 李海龙 肖家保 文 龙
司振华 杨向伟 钟小军 齐穗东 梁 亮

前 言

为了适应社会发展对移动通信维修人才的巨大需求和人才结构性调整的需要，我们组织在通信行业和职业教育领域拥有丰富经验的工程师编写了本书。

本书力求通俗易懂，实用好用，指导初学者快速入门、步步提高、逐渐精通，继而成为通信行业的行家里手。本书在撰写时，既考虑了初学者的“入门”，又照顾了一般维修人员的“提高”，还兼顾了中等层次维修人员的“精通”。因此，指导性和实用性成为本书的两大特征。

随着3G时代和融合通信时代的来临，一个以移动通信为主导的融合IT、传媒、娱乐等复杂的社会生态系统开始浮出水面。针对目前社会上有关3G、智能手机维修资料缺乏的这一现状，本书融汇了一些新技术、新功能的介绍。

理论与实践紧密结合是本书的一大特点，对于维修人员来讲，不讲理论的维修是提高不了技能的，但关键是所讲的理论知识要看得懂、用得上。注重方法和思路、注重技巧与操作是本书的第二特征。手机维修是一项操作性和技巧性都比较强的工作，很多方法和技巧在传统的教材中是无法获取的。

本书由济南市首席技师、高级技师、国家职业技能鉴定考评员侯海亭编写。在本书的编写过程中得到了济南市电子产品维修行业协会、济南市消费者协会电子产品投诉站、济南市电子产品维修行业协会职业技能鉴定所领导的大力支持，同时也得到了国内手机维修行业专家的大力支持和指导，其中包括济南第六职业中等专业学校信息技术教学研发中心主任梁亮、山东凯文科技职业学院高级技师殷宪岭、河南商丘网龙科技总经理孙福军、湖南长沙家保科技技术有限公司总经理肖家保、山东鲁大职业培训学校校长张维生、苏州忠天通信手机维修培训基地校长钟小军、深圳兰德通信设备维修培训学校校长文龙、郑州方圆手机维修培训学校校长司振华等，在此表示感谢。

衷心希望本书能够对手机初学者和维修人员有所帮助，更希望业内专家、学者及广大读者提出宝贵意见和建议。本书部分内容引自网络，由于无法联系到相关作者，请与本书编者联系，联系方式：houhaiting@126.com。

编 者

目 录

前言

第一章 通信电子技术基础	1
第一节 电子电路知识	1
一、电荷	1
二、电流	1
三、导体和绝缘体	2
四、电路和电路图	2
五、串联电路和并联电路	3
第二节 电阻器、电容器和电感器	3
一、电阻器	3
二、电容器	5
三、电感器	7
第三节 半导体器件	8
一、PN 结基本原理	8
二、二极管	8
三、晶体管	10
四、场效应晶体管	12
第四节 手机常用电子元器件	13
一、电子开关元器件	13
二、电声和电动器件	14
三、滤波器	15
四、晶振和压控振荡器	16
五、天线和地线	17
六、EL 发光板	18
七、液晶显示屏	18
八、SIM 卡卡座	18
九、触摸屏	18
十、摄像头	19
第五节 手机常用集成电路	19
一、供电稳压电路	19
二、集成电路	19
第二章 移动通信网络系统	21
第一节 全球移动通信系统	21
一、GSM 的组成	21
二、工作频段的分配	22
三、多址技术	23
四、编号计划	23
五、SIM 卡简介	26

六、呼叫处理	27
第二节 CDMA 移动通信系统	28
一、CDMA 的基本概念	28
二、CDMA 蜂窝移动通信网的特点	28
三、CDMA 移动通信系统的关键技术	29
四、CDMA 个人通信系统的关键技术	30
五、网络参考模型	32
六、无线网络规划	33
第三节 第三代移动通信系统	34
一、第三代移动通信系统的应用	35
二、第三代移动通信系统的关键技术	36
三、第三代移动通信系统的无线 传输技术	38
第三章 GSM 手机基本工作原理	40
第一节 GSM 手机整机系统结构	40
一、GSM 手机整机系统框图	40
二、零中频接收技术	40
第二节 GSM 手机射频接收单元电路	41
一、天线电路	41
二、低噪声放大电路	42
三、混频电路	42
四、中频放大电路	42
五、解调电路	43
六、振荡电路	44
七、频率合成器	45
第三节 GSM 手机射频发射电路	47
一、射频发射电路分析	47
二、调制电路	48
三、发射变换电路	49
四、TX VCO 电路	49
五、发射上变频电路	49
六、功率放大电路	49
七、功率控制电路	50
第四节 GSM 手机逻辑电路	51
一、控制器的组成	51
二、中央处理器	52
三、存储器	52
四、输入/输出接口	52

五、定时器/计数器	53	五、手机 BGA 芯片的拆卸和焊接	81
六、时钟系统	53	第三节 数字式万用表的使用操作方法	84
七、中央处理器工作过程简介	53	一、电压的测量	85
第五节 逻辑音频电路	54	二、电流的测量	85
一、逻辑音频处理	54	三、电阻的测量	85
二、接收音频电路	54	四、二极管的测量	85
三、发射音频电路	55	五、晶体管的测量	85
第六节 GSM 手机电源管理电路	56	六、场效应晶体管的测量	86
一、开机信号电压	57	第四节 频率计的使用方法	86
二、逻辑电路供电电压	57	一、频率计基本性能参数	86
三、射频电路供电电压	57	二、面板控制键的作用	86
四、SIM 卡电路供电电压	57	第五节 示波器的使用方法	87
五、显示电路供电电压	57	一、示波器的基本结构	87
六、其他电路供电电压	57	二、示波器的示波原理	87
七、电源电路分析	58	三、COS5020B 型示波器控制键介绍	89
第四章 CDMA 手机基本工作原理	61	四、示波器开机基本操作	91
第一节 CDMA 手机射频接收电路	61	五、示波器的基本使用方法	91
一、射频接收电路	61	第六节 R3131A 型频谱分析仪的 使用方法	94
二、频率合成电路	63	一、R3131A 型频谱仪简介	94
第二节 CDMA 手机射频发射电路	66	二、一般操作步骤	95
一、射频发射电路框图	66	三、设置操作实例	96
二、射频发射电路	66	第七节 综合测试仪器的使用方法	97
第三节 CDMA 手机音频电路	69	一、面板功能键介绍	97
一、振铃电路	69	二、基本功能操作	98
二、受话电路	70	第六章 手机维修技法	99
三、发话电路	70	第一节 手机维修基本流程	99
四、耳机电路	70	一、手机维修常识	99
第四节 CDMA 手机电源管理电路	71	二、常见手机元器件的故障特点	100
一、电源管理电路	71	三、故障维修的基本步骤	101
二、开关机控制电路	71	四、手机维修的一般流程	101
第五节 CDMA 手机接口电路	73	五、手机维修的注意事项	102
一、背光电路	73	第二节 手机常见故障及维修方法	103
二、振动器电路	74	一、常见维修方法	103
三、显示电路	74	二、手机常见故障维修	105
四、UIM 卡电路	74	第三节 手机漏电故障维修技法	107
第五章 手机维修设备实习操作	76	一、漏电原因分析	107
第一节 恒温防静电电烙铁的使用方法	76	二、漏电电流分析	107
一、电烙铁的分类	76	三、漏电故障维修办法	107
二、电烙铁的选择和使用	76	第四节 手机进水故障维修技法	108
第二节 热风枪的使用方法	78	一、进水原因分析	108
一、热风枪使用操作方法	78	二、进水故障维修方法	108
二、使用热风枪拆装元器件	79	第五节 手机不开机故障维修技法	109
三、手机小元器件的拆卸和焊接	79	一、不开机故障的原因分析	109
四、手机贴片集成电路的拆卸和焊接	80		

二、不开机故障的维修技法	110	理与维修技术	128
三、不开机故障维修的“三电”、 “三点三线”	113	第一节 电源电路原理分析	128
第六节 手机充电故障维修技法	114	一、电池接口电路原理	128
一、充电状态判别方法	114	二、电池电压滤波电路原理分析	129
二、MTK 芯片组手机充电故障维修	114	三、开机电路原理分析	129
第七节 自动关机故障维修技法	115	四、主电源供电电路原理 分析及相关测试点	130
一、不定时自动关机维修技法	115	五、开关机工作原理分析	131
二、按键关机维修技法	115	第二节 时钟电路原理分析	133
三、来电关机维修技法	115	一、32.768kHz 实时时钟电路	133
四、开机后关机维修技法	115	二、38.4MHz 系统时钟电路	133
五、不能维持开机维修技法	116	三、时钟电路相关测试点	134
六、合盖关机维修技法	116	第三节 逻辑电路原理分析	134
七、发射关机维修技法	116	一、主 CPU 核心供电电路原理分析	134
第八节 手机射频故障维修技法	116	二、复位电路原理分析	135
一、不入网故障的定位	117	三、存储器电路原理分析	135
二、射频故障维修前的准备	117	第四节 射频接收电路、本振锁相 环电路和相关测试点	137
三、不入网故障的原因分析 及维修方法	117	一、射频接收电路原理分析	137
四、“一信三环”在射频部分故障 维修中的应用	120	二、本振锁相环电路原理分析	139
第九节 手机液晶电路故障维修技法	121	三、射频接收相关测试点	139
一、液晶显示器工作原理	121	第五节 射频发射电路原理分析	139
二、液晶显示器电路工作条件	121	一、射频发射电路	139
三、“单元三步法”在手机液晶显示电路故 障维修中的应用	122	二、GSM 功率放大及控 制电路原理分析	141
第十节 手机卡电路故障维修技法	122	三、W - CDMA 功率放大及控制 电路原理分析	141
一、用户识别卡 (SIM) 的内容 及其密码	122	四、射频发射电路相关测试点	141
二、常见手机卡电路的分析与维修	123	五、不发射故障维修	142
第十一节 手机音频电路故障维修技法	124	第八章 三星 W579 型手机 原理与维修技术	144
一、受话电路的维修技法	124	第一节 概述	144
二、送话电路的维修技法	124	第二节 射频电路原理与维修	144
三、振铃电路的维修技法	124	一、CDMA 部分射频电路原理	144
第十二节 人机接口电路故障维修技法	124	二、GSM 部分射频电路原理	148
一、振子电路的维修技法	124	三、射频电路检修流程图	150
二、LCD 背景灯和键盘 灯电路的维修技法	125	第三节 逻辑音频电路原理与维修	155
三、键盘电路的维修技法	125	一、扬声器输出电路	155
第十三节 手机软件故障维修技法	125	二、送话器电路	155
一、手机的码片和字库简介	125	三、受话器电路	157
二、手机字库分类和故障分析	126	第四节 电源管理电路原理与维修	158
三、手机软件故障的常用维修方法	127	一、电路原理分析	158
第七章 诺基亚 N96 型手机原		二、电源电路故障维修方法	159
		第五节 接口电路原理与维修	160

一、显示屏接口电路	160	五、耳机模式检测与维修	191
二、按键电路	160	第六节 MTK 芯片组接	
三、键盘灯电路	160	口电路原理与维修	191
四、SIM 卡、UIM 卡接口电路	160	一、键盘灯控制电路	191
五、振子电路	166	二、屏背景灯控制电路	192
六、照相机电路	167	三、SIM 卡电路	193
七、触摸屏电路	168	四、键盘电路	195
第九章 MTK 芯片组手机原		五、MTK 触摸屏电路	196
理与维修技术	170	六、内存卡电路	198
第一节 MTK 芯片组手机介绍	170	七、摄像头电路	198
一、MTK 平台发展及各芯片功能介绍	170	第十章 酷派 7360 型双模双待智能手	
二、MTK 芯片组手机主板原理框图	170	机原理与维修技术	200
三、MTK 芯片组手机维修示意图	170	第一节 双模智能手机概述	200
第二节 MTK 芯片组电源管理		一、硬件框架结构	200
电路原理与维修	171	二、主板元器件位置	200
一、电源管理芯片	171	第二节 电源管理电路原理与维修	201
二、充电及电量检测电路	176	一、LTC3455 电源管理芯片	201
三、MTK 芯片组电源管理		二、开机类故障分析	202
故障维修方法	177	第三节 GSM 射频电路原理与维修	203
第三节 MTK 芯片组射频电路		一、SKYWORKS 平台	203
原理与维修	179	二、SKYWORKS 平台射频电路分析	203
一、射频部分原理框图	179	三、GSM 网络故障维修	204
二、射频接收电路分析	179	第四节 CDMA 射频电路原理与维修	206
三、射频发射电路分析	182	一、CDMA 射频电路分析	206
四、功率放大器	182	二、CDMA 射频故障维修	210
五、频率合成器电路	183	第五节 接口电路原理与维修	210
六、时钟电路	183	一、音频电路	210
七、射频电路检测与维修	183	二、显示电路	213
第四节 MTK 芯片组逻辑		三、SIM/UIM 卡、内存卡电路	214
电路原理与维修	187	四、蓝牙电路	215
一、基带概述	187	五、GPS 电路	215
二、基带部分故障处理	188	六、手机摄像电路	218
第五节 MTK 芯片组音		七、应用接口问题	218
频电路原理与维修	188	第六节 WIN CE 手机软件升级方法	220
一、MTK 芯片组音频电路工作原理	188	一、主程序升级	220
二、MTK 受话器电路	188	二、升级步骤	220
三、送话器电路	189	三、具体升级方法	223
四、MTK 芯片组音乐放大集成电路	189	参考文献	225

第一章 通信电子技术基础

第一节 电子电路知识

一、电荷

首先来做个实验，用丝绸、毛皮或尼龙布料在玻璃棒、橡胶棒或塑料棒上摩擦几下，然后把棒靠近纸屑、头发、羽毛等轻小物体，会看到摩擦过的玻璃棒、橡胶棒或塑料棒，能够吸引轻小物体。摩擦过的物体有了吸引轻小物体的性质，就说物体带了电，或者说带了电荷。

用摩擦的方法使物体带电，叫做摩擦起电。摩擦起电的现象在日常生活中也可以看到，在空气干燥的时候，用塑料梳子梳头发，头发会随着梳子飘起来，就是因为梳子带了电而吸引头发的缘故。

研究发现：用丝绸摩擦过的两根玻璃棒互相排斥，用毛皮摩擦过的两根橡胶棒也互相排斥；但是用丝绸摩擦过的玻璃棒与用毛皮摩擦过的橡胶棒互相吸引。这个现象说明，用丝绸摩擦过的玻璃棒上带的电跟用毛皮摩擦过的橡胶棒上带的电是不同的。

用摩擦起电的方法可以使各种各样的物体带电，实验发现带电后的物体凡是与丝绸摩擦过的玻璃棒互相吸引的，必定与毛皮摩擦过的橡胶棒互相排斥；凡是与毛皮摩擦过的橡胶棒互相吸引的，必定与丝绸摩擦过的玻璃棒互相排斥。这些事实使人们认识到自然界中只有两种电荷，人们把用丝绸摩擦过的玻璃棒上带的电荷叫做正电荷，用毛皮摩擦过的橡胶棒上带的电荷叫做负电荷。

二、电流

水在水管中沿着一定方向流动，水管中就有了水流。电荷在电路中沿着一定方向移动，电路中就有了电流。电荷的定向移动形成电流。

如图 1-1 所示，把小灯泡与干电池连接起来。合上开关，小灯泡就持续发光，断开开关，小灯泡就熄灭了。

小灯泡持续发光，表示有持续电流通过小灯泡的灯丝。这个持续电流是由干电池提供的，像干电池这样能够提供持续电流的装置叫做电源。干电池是电源，实验室里用的蓄电池也是电源。电源有两个极：一个正极，一个负极。电源的作用是在电源内部不断地使正极聚集正电荷，负极聚集负电荷，以持续对外供电。摩擦起电是用摩擦的方法使正负电荷分开的。干电池和蓄电池是用化学的方法使正负电荷分开的。

水流有方向，那就是水的流动方向，电流的方向又是怎样的呢？电荷有两种，电路中有电流时，发生定向移动的电荷可能是正电荷，也可能是负电荷，还可能是正负电荷同时向相反方向发生定向移动。在 19 世纪初，物理学家刚刚开始研究电流时，并不清楚在不同的情况下究竟是什么电荷在移动，当时就把正电荷移动的方向规定为电流的方向，这一规定一直

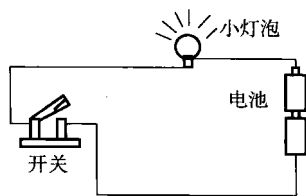


图 1-1 电流通路

沿用至今。

按照这个规定,在电源外部,电流的方向是从电源的正极流向负极。

三、导体和绝缘体

如图1-2所示,在开关和小灯泡之间连着两个金属夹A和B,在金属夹之间分别接入硬币、铅笔芯、橡皮、塑料尺,观察小灯泡是否发光。

有的物体容易导电,有的物体不容易导电。硬币、铅笔芯容易导电,接入硬币、铅笔芯时,小灯泡灯丝中有电流通过,小灯泡发光。橡皮、塑料尺不容易导电,接入橡皮、塑料尺时,小灯泡灯丝中没有电流或者电流很小,小灯泡不发光。

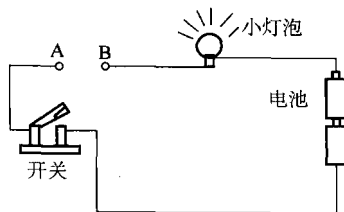


图1-2 绝缘体试验

容易导电的物体叫做导体。金属、石墨、人体、大地以及酸、碱、盐的水溶液等都是导体。不容易导电的物体叫做绝缘体。橡胶、玻璃、陶瓷、塑料、油等都是绝缘体。

导体和绝缘体之间并没有绝对的界限,而且在一般情况下不容易导电的物体,当条件改变时就可能导电。例如,玻璃是相当好的绝缘体,但如果给玻璃加热,使它达到红炽状态,它就变成导体了。

为什么导体容易导电,绝缘体不容易导电呢?在绝缘体中,电荷几乎都束缚在原子的范围之内,不能自由移动,也就是说,电荷不能从绝缘体的一个地方移动到另外的地方,所以绝缘体不容易导电。相反,导体中有能够自由移动的电荷,电荷能从导体的一个地方移动到另外的地方,所以导体容易导电。

金属是最重要的导体。在金属导体中,部分电子可以脱离原子核的束缚而在金属内部自由移动,这种电子叫做自由电子。金属导电,靠的就是自由电子。金属中的电流是带负电的自由电子发生定向移动形成的。根据电流方向的规定知道,金属中的电流方向跟自由电子的移动方向相反。

四、电路和电路图

什么是电路?电灯、电铃、电风扇、电视机等用电来工作的设备,都叫做用电器,怎样才能使用电器工作呢?

合上开关,电灯就亮了,电铃就响了,电风扇的叶片就转起来了,电视机显示屏上的画面就显示出来了,这些都需要学习连接电路的知识。

在前面的实验中,已经连成一个最简单的电路。一般的电路,都要比它复杂。但是,不论简单和复杂,组成电路总离不开电源、用电器、开关和导线。所谓电路,就是把电源、用电器、开关用导线连接起来组成的电流的路径。

电路首先必须有电源,没有电源,电路中不会有持续电流,用导线把用电器与电源连接起来,用电器就能工作。但是,电灯不能总是亮着,电铃不能一直响着,为了能够控制用电器的工作,电路还要安装开关。合上开关,电路接通,电路中就有了电流,接通的电路叫做通路。如果电路中某处断开了,如打开开关,电路中就没有电流了,断开的电路叫做开路。直接把导线接在电源上,电路中会有很大的电流,可能把电源烧坏(这是不允许的),这种情况叫做短路。

假设一种门铃的电路,电铃装在室内,电源装在地板下面,门铃开关装在门外。这个电路中各个元器件是怎样连接的,初学者往往不容易看出来。可是,如果用符号把电路的连接情况表示出来,那么即使是初学者,也易于认识电路中的各个元器件是如何连接的。用符号

表示电路连接的图,叫做电路图。电路图中用统一规定的符号来代表电路中的各种元器件,如图1-3所示。

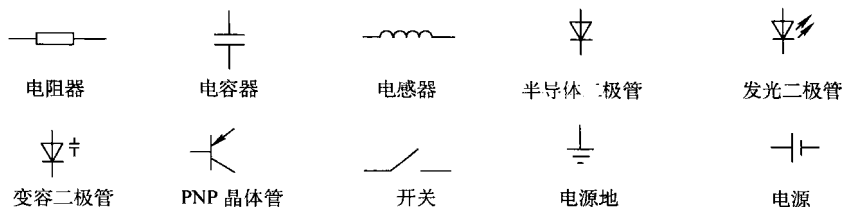


图1-3 常用图形符号

电路图可以方便地画出,而且使人们比较容易地看清电路中各个元器件的连接情况,在电工学及有关技术资料中的使用很广泛。我们应该学会看电路图,还要学会根据电路图来连接实际电路。

五、串联电路和并联电路

如图1-4所示,把两只小灯泡顺次连接在电路里,一只灯泡亮时另一只也亮。像这样把元器件逐个顺次连接起来,就组成了串联电路。在串联电路中通过一个元器件的电流同时也通过另一个。

要求两只灯泡可以各自开和关,互不影响,可以按图1-5所示把两只灯泡并列接在电路中,并各自安装一个开关。像这样把元器件并列连接起来,就组成了并联电路。图1-5所示的并联电路中,干路的电流在分支处分成两部分,一部分电流流过第一条支路中的灯泡,另一部分电流过第二条支路中的灯泡。

串联电路和并联电路是最基本的电路,它们的实际应用非常普遍。市场上出售的一种装饰用小彩灯,经常用来装饰店堂、居室,用于烘托出一种欢乐的气氛,其中的彩色小灯泡就是串联的。

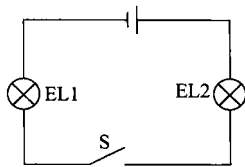


图1-4 串联电路

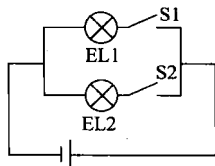


图1-5 并联电路

第二节 电阻器、电容器和电感器

一、电阻器

电阻器是在电子产品维修中应用最广泛的电子元器件之一,在日常维修工作中,通常所讲的“电阻”实际上是指一个个的电阻器(简称电阻)，“电阻”的含义是指物体对电流的阻力。

任何物质对电流都有阻力,只不过不同的物质对电流的阻力大小不同而已,导体对电流的阻力较小,如铁和铜等。绝缘体对电流的阻力较大,如木头和橡胶等。从实际维修的角度出发,初学者应掌握如下几个方面的内容。

1. 图形符号

在电路图中,各种电子元器件都有它们特定的表达方式,即元器件的图形符号。电阻器的图形符号如图1-6所示。

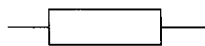


图1-6 一般电阻器的图形符号

2. 文字符号

电阻器的英文名称为 Resistance,通常缩写为 R,它是导体的一种基本性质,与导体的

尺寸、材料、温度有关。在欧姆定律中, $I = U/R$, 那么 $R = U/I$ 。有这样的定义: 导体上加上 1V 电压时, 产生 1A 电流所对应的阻值。电阻器的主要作用就是阻碍电流通过。

电阻器在电路中一般用字母“R”表示，但电路中会有许多电阻器，单用字母“R”不能准确地描述每一个电阻器。为此，通常在字母“R”的后面加数字来表示电路中的电阻器，以方便对电路进行描述。就好像人的名字一样，字母“R”是电阻器的姓，“R”后面的数字就是每一个电阻器的名。

在图 1-7 所示的电路中, R663、R664 就表示了两个不同的电阻器。这种表示方式对于后面将要讲到的电容器、电感器、二极管、晶体管 and 集成电路等都是适用的。

3. 单位

电阻器都有一定的阻值，它代表这个电阻器对电流流动“阻力”的大小，电阻的单位是欧姆，用符号 Ω 表示，常用的还有 $k\Omega$ （千欧）、 $M\Omega$ （兆欧），它们之间的换算关系如下： $1M\Omega = 1000k\Omega$ ， $1k\Omega = 1000\Omega$ 。

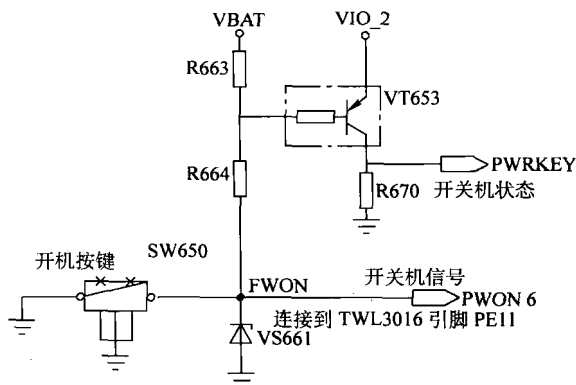


图 1-7 元器件在电路图中的字母

电阻器上阻值的表示通常用色环法与数字法，但我们所接触到的手机中的电阻器一般都是贴片元件，很少被标上阻值，通常是通过电路图或对正常机器中相同位置处电阻的测量来获得该电阻器的阻值。

4. 特性

电阻器的主要物理特性是变电能为热能，是一个耗能元件，电流经过它时会产生热能。对信号来说，交流与直流信号都可以通过电阻器，但会有一定的衰减。

5. 电阻器的串联和并联

电阻器通常以串联或并联的形式在电路中出现。并联电阻分流，串联电阻分压，即在并联电阻电路中，每个电阻器两端的电压一样，但流过每个电阻器的电流一般不同；在串联电阻电路中，经过每个电阻器的电流一样，但每个电阻器两端的电压不同。

两个电阻器首尾相接就是电阻器的串联，如图1-8所示。电阻器串联后的总电阻值增大（A、B间的电阻值）， $R = R_1 + R_2$ 。

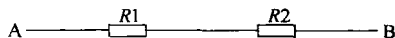


图 1-8 电阻器的串联

但两个或两个以上电阻器的连接方式如图 1-9 所示, 则为电阻器的并联, 并联电阻器的总电阻值减小 (A、B 间的电阻值), $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ 。

在实际电路中，电阻器的并联与串联有时是同时存在的，如图 1-10 所示。

4 个电阻器的关系是： R_2 和 R_3 并联，并联后再与 R_1 、 R_4 串联。

6. 电阻器的识别

表面贴片安装的电阻元件多呈薄片形状，引脚在元件的两端。电阻器一般为黑色，两端为银白色，手机中的电阻器大多未标出其阻值，个别体积稍大的电阻器在其表面一般用三位数表示其阻值的大小，三位数的前两位数是有效数字，第三位数是 10 的指数。如 100 表示 10Ω ，102 表示 1000Ω ，即 $1k\Omega$ 。当阻值小于 10Ω 时，以 *R* 表示，将 R 看作小数点，如

5R1 表示 5.1Ω 。

个别手机采用了组合电阻器,如在诺基亚手机中就采用了很多组合电阻器(或称为排阻)。图 1-11 所示是贴片电阻器的外形。

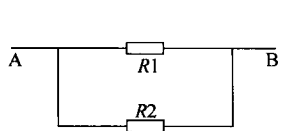


图 1-9 电阻器的并联

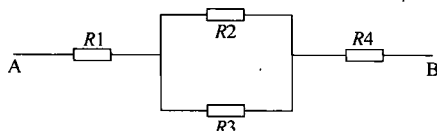


图 1-10 电阻的混联

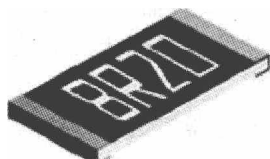


图 1-11 贴片电阻器

7. 电阻的测量

电阻器若损坏,可能会出现这样几种情况:一是电阻的阻值变大;二是电阻开路,电阻的阻值变为无穷大;三是电阻的阻值变小。第三种情况出现较少,但电阻器被串联到电路中,如不拆下来直接在手机主板上测量,一般要比实际阻值稍小一些。检查电阻器时,可用万用表的欧姆挡来检测。

二、电容器

除电阻器外,电容器是第二种最常用的元件,电子电路中经过会用到各种各样的电容器,它们在电路中分别起着不同的作用。与电阻器相似,通常简称其为电容,用字母 C 表示。

1. 图形符号

电容器的图形符号如图 1-12 所示,注意一般电容器和极性电容器的区分,极性电容器用“+”表示电容器的正极。

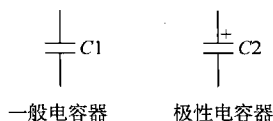


图 1-12 电容器的图形符号

2. 文字符号

无论哪一种电容器,在电路中都是以字母“C”来表示的,在字母“C”后加不同数字来表示不同位置的电容器,以便于对电路进行描述。

3. 单位

电容的单位用法拉用符号 F 来表示,但法拉(F)的单位太大,通常使用微法(μF)和皮法(pF),它们的关系是: $1\text{F} = 1000000\mu\text{F}$, $1\mu\text{F} = 1000\text{nF} = 1000000\text{pF}$ 。

4. 特性

与电阻器相比,电容器的性质相对复杂一些,在电子电路中,电容器用来通过交流而阻隔直流,也用来存储和释放电荷以充当滤波器,平滑输出脉动信号。小容量的电容器,通常在高频电路中使用,如收音机、发射机和振荡器中。大容量的电容器往往用于滤波和存储电荷。

电子电路中,只有在电容器的充放电过程中,才有电流流过,充电过程结束后,电容器是不能通过直流电的,在电路中起着“隔直流”的作用。电路中,电容器常被用作耦合、旁路、滤波等,都是利用它“通交流,隔直流”的特性。交流电不仅方向往复改变,它的大小也在按规律变化。电容器接在交流电源上,电容器连续地充电、放电,电路中就会流过与交流电变化规律一致的充电电流和放电电流。

在手机维修入门阶段,应注意以下几个特点:

1) 电容器两端的电压不能突变。向电容器中存储电荷就像给一个容器装水一样, 我们把它称为给电容器“充电”; 而电容器中的电荷消失, 就像将容器中的水倒掉一样, 我们把这个过程称为“放电”。

2) 电容器通交流, 隔直流 (直流信号不能经电容器到其他电路中去); 通高频信号, 阻低频信号 (对于交流信号, 频率高的信号比频率低的信号更容易通过电容器到其他电路中去)。

电容器对信号也有阻力, 我们把它称为容抗。信号通过电容器后, 其幅度会发生变化, 即电容器输出端的信号幅度比输入端的小。

3) 电容器的容抗随信号频率的升高而减小, 随信号频率的降低而增大。

4) 电容器可分为极性电容器与无极性电容器, 电解电容器是有极性的, 其正负极通常有明显的标志, 更换该类型元件时应注意元件的方向, 方向错误会导致电路出现故障或其他更严重的影响。

5. 电容器的串、并联

在电路中, 电容器也有串联与并联, 两个电容器首尾相接就是串联, 如图 1-13 所示。两个电容器首首相连、尾尾相连则是电容器的并联, 如图 1-14 所示。

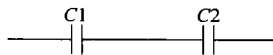


图 1-13 电容器串联

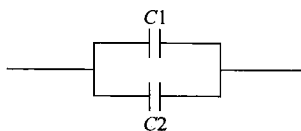


图 1-14 电容器并联

但电容器的串、并联与电阻器的串、并联不同: 电容器的串联使电容器的总电容减少; 并联使总电容增大。串联电容的计算为 $1/C_{\text{总}} = 1/C_1 + 1/C_2$; 并联电容的计算为 $C_{\text{总}} = C_1 + C_2$ 。

6. 电容器的识别

手机电路中大部分固定电容的外观与电阻器的外观有一点相似, 两端都为银白色, 只不过中间部分通常为灰色或黄色, 如图 1-15 所示。

贴片电解电容器的正负极辨认很容易, 通常电解电容器的外观是长方体, 颜色以黄色和黑色最为常见, 电容器的正极一端有一条色带, 如图 1-16 所示 (黄色电容器的色带通常是深黄色, 黑色电解电容器的色带通常是白色)。

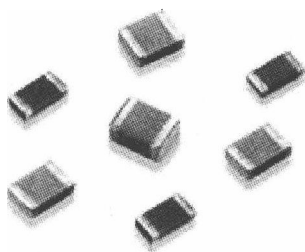


图 1-15 固定电容器

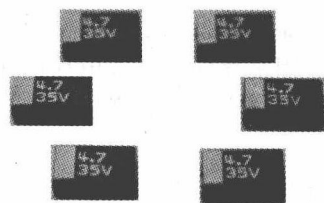


图 1-16 电解电容器

7. 电容器的检测

用万用表的欧姆挡可以检查电容器是否击穿短路。在手机电路中, 通常还需要检查电容

器是否断裂（特别是灰色的固定电容器）、脱焊等。在电路中，用示波器检测发现交流通道中的电容器两端的信号相差太大，则应更换该电容器。

三、电感器

电感器是一个电抗元件，它在电子电路中也经常使用。将一根导线绕在铁心或磁心上，或一个空心线圈就是一个电感器。在手机电路中，一条特殊的印制微带线即构成一个电感器，在一定条件下，我们又称其为微带线。电感器的主要物理特性是将电能转换为磁能，并储存起来，因此，可以说它是一个储存磁能的元件。电感器是利用电磁感应的原理进行工作的，当有电流流过某一根导线的时候，就会在这根导线的周围产生一定的电磁场，而这个电磁场又会处在这个电磁场范围内的导线产生感应作用。

手机上就有不少电感线圈，几乎都是用漆包线绕成的空心线圈或在骨架磁心、铁心上绕制而成的，一般都是升压线圈。

1. 图形符号

电感器的图形符号如图 1-17 所示，分别是不带铁心的电感器与带铁心的电感器，图 1-17a 所示的电感器符号是最常用的。



图 1-17 电感器图形符号

a) 不带铁心的电感器 b) 带铁心的电感器

图 1-18 所示的图形符号在手机电路中也较常用，通常被用来进行平衡—不平衡转换。平衡—不平衡转换通常是指将一个信号分离成两个相位相差 90° 的信号，常见于手机的射频电路中。

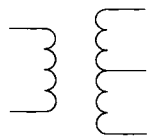


图 1-18 变压器图形符号

2. 文字符号

电感字母“L”表示，在字母“L”后面加数字表示不同的电感器，以方便对电路进行描述。

3. 单位

电感的单位是亨，用符号 H 来表示。常用的有毫亨（mH）、微毫（ μH ），它们的关系是： $1\text{H} = 1000\text{mH}$ ， $1\text{mH} = 1000\mu\text{H}$ 。

4. 特性

电感器在电路中有一些特殊的性质，与电容器相反：

1) 电感器通低频，阻高频；通直流，阻交流。但若电感器断开（开路），则交流、直流信号都不能通过。电感器对信号也有阻力，我们把它称为感抗。

2) 电感器的感抗随信号频率的升高而增大，随信号频率的降低而减小。

5. 电感器的识别

与电阻器、电容器不同的是，手机电路中电感器的外观形状多种多样，有的电感很大，从外观上很容易判断，但有些电感器的外观形状和电阻器、电容器相差无几，很难判断，用万用表的欧姆挡才可以检查电感器是否开路。

手机电路中的电感器一般是两端为银白色、中间为白色或两端为白色、中间为蓝色。有的电感器是线绕的，很容易识别。通常，手机电源电路中的电感器体积比较大，容易辨认。图 1-19 所示的都是电感器。

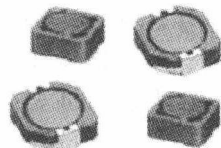


图 1-19 电感器实物

6. 电感的检测

在手机电路中,电感器若损坏,则通常是电感开路,可以用万用表的欧姆挡进行检测。正常情况下,电感器的电阻很小。若检测到电感器的电阻很大,则应更换电感器。通常来说,手机中的电感器主要出现在射频电路中,在手机的 LCD 背光升压电路中也使用了电感器。

第三节 半导体器件

一、PN 结基本原理

1. PN 结的定义

将一块 P 型半导体和一块 N 型半导体紧密地结合在一起时,交界面两侧的那部分区域被称为 PN 结,如图 1-20 所示。

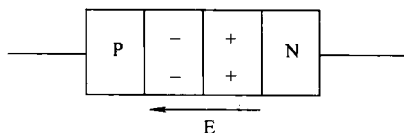


图 1-20 PN 结

2. PN 结的结构

P 型半导体:由单晶硅通过特殊工艺掺入少量的三价元素组成,会在半导体内部形成带正电的空穴。

N 型半导体:由单晶硅通过特殊工艺掺入少量的五价元素组成,会在半导体内部形成带负电的自由电子。

二、二极管

1. 构成与符号

二极管的两个电极分别称为正极(阳极)和负极(阴极)。一般二极管的图形符号如图 1-21 所示,正向电流从二极管的正极流入,负极流出。图 1-22 所示是二极管的实物。

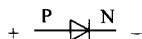


图 1-21 二极管

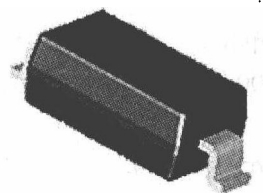


图 1-22 二极管实物图

2. 二极管特性

(1) **正向特性** 正向电压较小时,正向电流几乎为 0——死区。当正向电压超过某一门限电压时,二极管导通,电流随电压的增加呈指数级增大。门限电压(导通电压):硅二极管是 0.5~0.7V,锗二极管是 0.1~0.2V。

(2) **反向特性** 当外加电压小于反向击穿电压时,反向电流几乎不随电压变化。当外加电压大于反向击穿电压时,反向电流随电压急剧增大(击穿)。

3. 二极管的简易测试方法

二极管的极性通常在管壳上注有标记,如无标记,可用万用表的电阻挡测量其正反向电阻来判断(一般用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档)。具体方法见表 1-1。