

职业院校教学用书（通信类专业）

# 手机故障维修 技巧与实例（第2版）

陈学平 编 著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业院校教学用书(通信类专业)

# 手机故障维修技巧与实例

(第2版)

陈学平 编著

電子工業出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以手机维修为线索,按照项目式和任务式的写法来安排全书内容,介绍了手机的常用元器件及结构部件、手机维修仪器及专用工具的使用、GSM 单卡手机的电路分析和维修常识,同时,介绍了现在非常流行的 MT 平台的双卡双待手机和 3G 智能手机(3G 智能手机原理与维修属于选学内容,可到华信教育资源网下载,详见前言)。本书为适应职业教育培养 21 世纪的高素质应用型人才的需要,根据职业教育特点,取材突出了实用性要求。全书 6 个项目都安排了任务实施内容,使读者能够操作训练。本书编写思路清晰、内容翔实、图文并茂、文句流畅、通俗易懂,有利于教学,便于自学。

本书可以作为高职院校、应用本科和中职学校通信专业、电子信息专业的教学用书,可以作为手机专业维修人员、手机售后服务人员的教材和自学读本,也可以作为手机维修短训班学员培训的教材。本教材还配有电子教学参考资料包(包括电子教案、教学指南及习题答案),详见前言。

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

手机故障维修技巧与实例 / 陈学平编著. —2 版. —北京:电子工业出版社,2012.9

职业院校教学用书·通信类专业

ISBN 978 - 7 - 121 - 18020 - 0

I. ①手… II. ①陈… III. ①移动电话机—维修—中等专业学校—教材 IV. ①TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 199048 号

策划编辑:杨宏利 yhl@phei.com.cn

责任编辑:郝黎明 文字编辑:裴杰

印刷:北京京师印务有限公司

装订:北京京师印务有限公司

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:17.75 字数:460.8 千字

印次:2012 年 9 月第 1 次印刷

印数:3 000 册 定价:35.00 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 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

# 前 言

根据《面向 21 世纪教育振兴行动计划》提出的实施职业教育课程改革思路和中等职业学校《通信技术专业教学大纲》的要求,为适应中等职业学校人才培养和全面素质教育的需要,配合教育部规划中等职业学校教材的需要,特组织编写《手机故障维修技巧与实例》。自 2005 年第 1 版出版以来,已经印刷了多次,但是,由于手机是一种技术含量非常高的通信终端产品,第 1 版的内容有些已经显得过时,因此,特编写出版《手机故障维修技巧与实例(第 2 版)》。

《手机故障维修技巧与实例(第 2 版)》是按照三种手机类型来进行介绍的:GSM 单卡单待手机、MT 平台的双卡双待手机、3G 智能手机。在介绍 GSM 单卡单待手机时,重点介绍了手机的元件和器件、手机工具的使用,并且为另外两种类型的手机打下基础。在介绍另外两种手机时,对于实例手机给出了详细的电路原理分析及故障分析,可以让读者能够快速读懂电路原理图,快速掌握新型手机的电路原理与维修思路。

本书的主要特点如下:

(1) 在编写中力求体现以素质教育为基础、以能力为本位的教学指导思想,切实为中等或高等职业学校培养目标服务,有利于培养学生的职业道德、创新精神和实践能力。

(2) 教材在内容编排上把握了“必需”和“够用”这两个“度”。根据中职或高职学生的特点和培养目标,精选了“必需”的内容,但没有偏深、偏难,同时做到了“够用”。维修分析深入浅出、浅显易懂。

(3) 教材突出了实用性和专业性。教材每个项目都包含任务分析、知识链接、任务实施等内容,让学生在掌握理论知识的基础上,不断培养自己的动手能力、适应能力和创造能力。同时,在实训中还紧扣岗位群的需要,引导学生树立创新意识,使学生一进入专业岗位,就能很快进入角色。

(4) 教材注重培养学生的综合素质,特别是能力的培养。教材除了传授基础知识、实用技能和培养学生的职业道德外,还注意引导学生灵活运用所学知识来解决实际问题,从而培养学生的综合能力。例如,培养学生对手机电路的识读能力、检测能力、故障分析及维修能力,使学生树立热爱科学、实事求是的工作作风和创新意识,实现综合素质的提高。

(5) 取材典型实用,内容编排得当,重点突出,实用性强。

(6) 叙述图文并茂,可读性强,非常适合职业院校学生学习。

(7) 教材的可操作性极强,所述机型基于各职业院校能力范围,利于教学。

本教材由重庆电子工程职业学院的陈学平老师编著,参与编写的有张小毅、邹开跃、章

方学、王英、张彪、李杰、邱东、刘颖、张颖、罗静、余永洪、张莲、熊春。本书在编写过程中参考了广州易安电子科技的图纸和电路手册资料，在此表示衷心的感谢，同时重庆电子工程职业学院的周华春、赵阔为本书的编写提出了许多宝贵意见，也得到了电子工业出版社责任编辑的大力支持，在此一并致以衷心的感谢。

由于编写水平和编写时间有限，错误在所难免，敬请广大读者给予批评指正（可以发邮件至 [13108981102@163.com](mailto:13108981102@163.com)，或者登录重庆资讯网站（<http://book.cqhjw.com/>）下载各种教学资料，也可以与作者在线交流 QQ: 41800543）。

为了方便教师教学，本书还配有电子教学指南、电子教案及习题答案（电子版），由于本书中的3G智能手机原理与维修内容，属于选学内容，为避免印刷成本故其内容放在华信教育资源网上，请有此需要的教师登录华信教育资源网（<http://www.hxedu.com.cn>）免费下载或与电子工业出版社联系（E-mail: [yhl@phei.com.cn](mailto:yhl@phei.com.cn)）。

编著者  
2012年9月

# 目 录

<b>项目 1 手机的常用元器件及结构部件</b> .....	1
任务 1.1 手机的常用元器件 .....	1
1.1.1 电阻类 .....	2
1.1.2 电容类 .....	3
1.1.3 电感类 .....	5
1.1.4 二极管和三极管类 .....	5
1.1.5 场效应管 .....	10
任务 1.2 手机的常用结构部件 .....	13
1.2.1 手机的集成电路 IC .....	13
1.2.2 送话器和受话器 .....	14
1.2.3 键盘显示部件 .....	15
1.2.4 SIM 卡 .....	17
1.2.5 滤波器 .....	19
1.2.6 手机翻盖开关 .....	20
1.2.7 滑盖开关 .....	22
思考与练习 1 .....	23
<b>项目 2 手机常用维修仪器的使用</b> .....	24
任务 2.1 手机的测试工具的使用 .....	24
2.1.1 直流稳压电源 .....	24
2.1.2 万用表 .....	25
2.1.3 示波器 .....	31
2.1.4 频率计 .....	36
2.1.5 频谱分析仪 .....	37
任务 2.2 维修焊接工具与耗材 .....	49
2.2.1 热风枪 .....	49
2.2.2 电烙铁 .....	50
2.2.3 其他小工具和耗材 .....	50
2.2.4 小型贴片元件的焊接 .....	53
2.2.5 SOP 小外型封装集成电路的拆焊方法 .....	54
2.2.6 QFP 芯片拆焊方法 .....	54
2.2.7 BGA IC 拆焊方法 .....	55
2.2.8 万用编程器(UP-128) .....	64

思考与练习 2 .....	74
<b>项目 3 手机电路原理与分析 .....</b>	<b>75</b>
任务 3.1 GSM 的工作流程和电路结构 .....	75
3.1.1 GSM 手机的工作流程 .....	75
3.1.2 GSM 手机的基本结构 .....	76
3.1.3 手机电路图的种类 .....	77
3.1.4 手机电路图的识别技巧 .....	78
3.1.5 手机电路识读技巧示例 .....	86
任务 3.2 GSM 手机基本工作原理 .....	89
3.2.1 发射机 .....	89
3.2.2 接收机 .....	94
3.2.3 频率合成器(SYN) .....	98
3.2.4 逻辑控制系统 .....	102
3.2.5 逻辑音频处理电路 .....	108
3.2.6 手机电源电路 .....	109
3.2.7 手机的开机条件分析 .....	111
3.2.8 I/O 接口电路 .....	112
思考与练习 3 .....	114
<b>项目 4 GSM 单卡手机常见故障维修 .....</b>	<b>115</b>
任务 4.1 手机的常规维修及测试 .....	115
4.1.1 手机维修基本知识 .....	115
4.1.2 手机故障原因及故障分类 .....	119
4.1.3 手机常见故障现象 .....	119
4.1.4 手机故障查找与排除 .....	124
任务 4.2 手机电源部分维修与检测 .....	127
4.2.1 手机供电方式介绍 .....	127
4.2.2 手机的电源电路特点 .....	129
4.2.3 手机单板开机 .....	130
思考与练习 4 .....	135
<b>项目 5 MT 双卡双待手机芯片讲解 .....</b>	<b>137</b>
任务 5.1 MT 手机芯片讲解 .....	137
5.1.1 MT6305 电源电路及引脚功能详解 .....	137
5.1.2 MT6318 电路及引脚功能详解 .....	141
5.1.3 中频 IC 电路芯片讲解 .....	147
5.1.4 功放芯片详解 .....	150
5.1.5 收音 IC 芯片详解 .....	154
5.1.6 射频 IC 芯片详解 .....	159
5.1.7 音频 IC 芯片详解 .....	163
任务 5.2 卡电路及其他小电路工作详解 .....	167
5.2.1 卡电路工作详解 .....	167
5.2.2 其他小电路工作详解 .....	169
思考与练习 5 .....	171

<b>项目 6 MT 平台系列手机维修</b> .....	172
<b>任务 6.1 MT 芯片手机通用维修技巧</b> .....	172
6.1.1 MT 芯片手机开机流程分析 .....	172
6.1.2 MT 芯片组不开机维修 .....	175
6.1.3 键盘灯控制电路与维修 .....	177
6.1.4 屏幕背景灯控制电路与维修 .....	178
6.1.5 卡电路故障检测与维修 .....	179
6.1.6 射频电路检测与维修 .....	182
6.1.7 中频供电原理与维修 .....	183
6.1.8 MTK 低电压关机 .....	186
6.1.9 送话器电路维修 .....	187
6.1.10 MTK 听筒电路 .....	187
6.1.11 MTK 芯片组音乐放大 IC .....	188
6.1.12 键盘电路检测与维修经验 .....	190
6.1.13 手机充电电路检测与维修 .....	191
6.1.14 MTK 触摸屏电路与维修 .....	193
6.1.15 储存卡电路与维修 .....	195
6.1.16 摄像头电路与维修 .....	196
<b>任务 6.2 MT 平台手机电路原理分析及故障维修</b> .....	202
6.2.1 MT6305 + MT6205 双芯片双卡双待手机电路原理与维修 .....	202
6.2.2 MT6235 单芯片双卡双待手机电路原理与维修 .....	248
<b>思考与练习 6</b> .....	275



# 项目 1

## 手机的常用元器件及结构部件

### 教学要求

知识要点	能力要求	关联知识
手机常用元器件的识别与检测	(1) 了解手机贴片元件的种类； (2) 掌握手机电阻、电容、电感、晶体管的识别与检测	手机的印制电路板实物、印制板中的贴片元件、万用表的使用
手机中特殊部件与组件	(1) 能够识别并检测手机的受话器、送话器、振铃、振动器； (2) 识别并检测滤波器、霍尔传感器、晶振、VCO、电致发光板、天线开关	各种传声器件及发光板、天线开关、万用表的使用

### 重点难点

- 手机的贴片元件的识别
- 二极管及三极管场效应管的检测与区分
- 各种滤波器的检测
- 各种传声器件的检测、振动和 VCO、晶振的检测

### 任务 1.1 手机的常用元器件

#### 任务分析

手机的常用元器件包含电阻 (R)、电容 (C)、电感 (L)、二极管、三极管；手机的结构部件介绍了集成 IC、送话器、受话器、键盘显示部件、SIM 卡、滤波器、手机霍尔翻盖，以上元件及部件都要求能够掌握检测判断方法。

元器件是手机维修的重点，对于元件不仅要认识，还需要掌握其检测方法，了解工作原理，为分析手机电路原理打下基础。

手机中的电阻、电容、电感均为片状无源元件，只有焊点，没有引线。由于安装时，在 PCB 上不需要打引线孔，两边都可安装元件，再加上这些元件都是  $1\text{mm} \times 2\text{mm}$  左右的小贴片，所以，大大缩小了 PCB 的面积，也就缩小了手机的体积，但同时也给维修带来了很大难度。

## 知识链接

### 1.1.1 电阻类

#### 1. 手机 PCB 上的电阻

手机的电阻是 PCB 上最小的元件, 多为黑色。贴片电阻体积有大有小, 通常有厚膜片状电阻 ( $3.2\text{mm} \times 1.6\text{mm}$ ) 和薄膜贴片电阻 ( $2\text{mm} \times 1\text{mm}$ ) 两种规格, 目前常用的是厚膜电阻。贴片电阻的阻值一般印制在电阻表面。手机贴片电阻外形如图 1-1 所示。

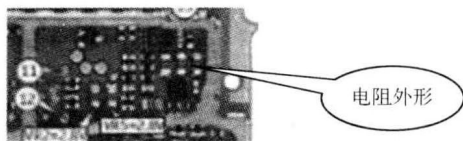


图 1-1 手机贴片电阻外形

按照电路要求不同, 手机的贴片电阻可分为以下几类:

(1) 矩形贴片式电阻。矩形贴片式电阻按照材料可分为金属膜和碳膜电阻。

(2) 跨接线电阻。跨接线电阻的外形与普通贴片电阻相同, 其电阻值为“0”, 作用是在电路

板上连接两部分电路, 检修时可以将跨接线电阻取下, 串入电流表测试电流, 也可以直接测试跨接线电阻的电压。

(3) 充电电流检测电阻。手机中的充电电流检测电阻比较独特, 这类电阻值虽小, 但要求精度比较高, 功率也相对较大。维修时应选择精度高的电阻。

(4) 组合式贴片电阻。组合式贴片电阻在手机中应用较多, 主要排列方式有以下几种。

① 两个电阻组合。

② 三个电阻组合: 三个电阻组合在一起的元件多用在滤波电路中, 这种元件本身不是  $\Pi$  形滤波器。

③ 四个电阻组合: 这种元件在手机的 TXIQ、RXIQ 电路和总线电路中应用较多。

(5) 贴片式热敏电阻。手机里还有一类很重要的电阻, 是热敏电阻。热敏电阻代号为 TH。手机电池在充电时要检测电池温度, 会产生温度检测信号, 用于确定初始充电条件、停止充电条件及充电中断后的再充电条件等, 这时需要感知电池温度, 这就需要热敏电阻。

#### 2. 电阻的读数

由于手机电路中的电阻较小, 大多数都没有标上阻值, 因此, 需要对照电路图或正常机板的测量来获得其阻值, 但是个别体积较大的电阻值也会印制在电阻的表面, 其读数原则为前两位是有效数字, 第三位表示 0 的个数, 例如, 452 表示阻值为  $45 \times 100 = 4\,500\Omega$ 。若阻值小于  $10\Omega$ , 则用“R”表示, 且 R 代表小数点, 如 2R2 即阻值为  $2.2\Omega$ ; R22 即阻值为  $0.22\Omega$ 。

#### 3. 电阻的测量

电阻在电路中的作用比较大, 如分压、分流等, 其阻值若发生变化, 会引起电路中的三极管的静态工作点偏移。在一般情况下, 电阻的故障率比较低, 常见故障有脱焊、烧断、阻值变大或变小。

测量电阻用万用表“ $\Omega$ ”挡即可, 将表笔接到电阻两端 (不分正负), 测量电阻主要有

以下两种方法。

(1) 用数字式万用表测试时, 如果已知阻值, 就将“ $\Omega$ ”挡打到合适的挡位, 就会在显示屏上显示出阻值, 若阻值正常说明电阻没有损坏; 若电阻值为“0”则是短路; 若电阻值为“ $\infty$ ”则是开路。

(2) 如果不知阻值, 就将“ $\Omega$ ”挡打到最大挡, 这时, 测出的阻值虽然不精确, 但可以读出电阻值, 再根据读出的值选择合适的挡位进行测试。

## 1.1.2 电容类

### 1. 符号单位

电容器就其基本结构来说, 都是由两块金属极板间隔以不同的介质所组成的。电容器两端两块极板上会分别聚集起等量的电荷, 同时在介质中建立起电场, 并存有电场能量。

“电容”符号可以用C表示。

在国际单位制中, 电容的单位为法拉, 简称法(F)。手机通常采用的单位为微法( $\mu\text{F}$ )和皮法(pF)。

电容器除了要标明它的电容量外, 还要标明它的额定工作电压。每一个电容器允许承受的电压是有限度的, 如果所加的电压高到某一数值时, 介质就会被击穿, 该电容器也就不能再使用。因此, 使用电容不能超过它的额定工作电压。

### 2. 手机电容

电容是手机中用得最多的电子元件。电容在电路中主要起耦合、滤波、隔直流、旁路等作用。

贴片电容如图1-2所示。

在手机中可以见到的贴片式的电容有瓷介电容、薄膜电容、贴片式钽电解电容、变容二极管电容四种。其中, 瓷介电容和薄膜电容是无极性电容, 贴片式钽电解电容是有极性电容。下面对这四种电容简要介绍一下。

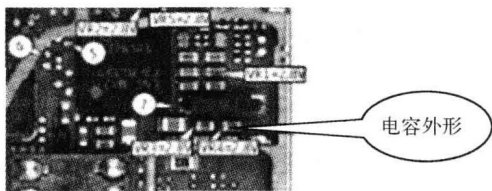


图1-2 贴片电容

(1) 瓷介电容。手机中用得最多的电容是瓷介电容, 几乎在每一部分电路中都存在。

贴片式瓷介电容简称MLC, 外形是无引线矩形结构, 类似于电阻。

瓷介电容电阻低、电路损耗小、电路的高频特性好、耐潮性能好、结构坚固、可靠性高, 并且对环境温度具有优良的稳定性和可靠性。

(2) 薄膜电容。按电容额定电压来分, DC 25V电容量范围为 $0.001 \sim 0.15\mu\text{F}$ ; DC 16V的电容量可做到 $0.22\mu\text{F}$ 。外形尺寸有 $8\text{mm} \times 3\text{mm} \times 1.8\text{mm}$  (长 $\times$ 宽 $\times$ 厚)和 $6.0\text{mm} \times 4.1\text{mm} \times 1.8\text{mm}$ 两种。

(3) 贴片式钽电解电容。钽电解电容单位体积容量较大, 超过 $0.33\mu\text{F}$ 的表面贴装元件通常需要使用钽电解电容。手机中常见的钽电解电容有两种封装形式: 代号为“10”的产品和代号为“8”的产品, 这两种产品都是超小型自动组装的。

(4) 变容二极管电容。变容二极管是采用特殊工艺使 PN 结电容随反向偏压变化比较灵敏的一种特殊二极管。虽然是二极管,但起的是电容作用。二极管的结电容的大小除了与本身结构和工艺有关外,还与外加偏压有关。与一般的二极管不同的是,变容二极管需要反向偏压才能正常工作,即变容二极管的负极接电源的正极,变容二极管的正极接电源的负极。

变容二极管是一个电压控制元件,通常用于振荡电路,与其他元件一起构成 VCO (压控振荡器)。VCO 电路主要利用变容二极管的结电容随反偏压变化的特性。通过改变变容二极管的电压便可以改变二极管电容的大小,从而改变振荡频率。

在一般情况下,在手机电路中,只要看到变容二极管的符号,基本上可以断定这个电路是压控振荡电路。变容二极管是一个电压控制元件,其相关电路有一个电压控制信号,在手机电路中,这个电压控制信号是来自频率合成环路中的鉴相器输出端。

### 3. 手机中电容的识别

(1) 种类识别。从颜色来区分电容有黄色、橘黄色、深棕色及黑色几种,钽电解电容的体积比较大,主要有黄色、橘黄色,棕色大多为瓷介电容;从极性来区分,有极性的多为钽电解电容,无极性的是瓷介电容或薄膜电容。

(2) 容量识别。手机中电容的容量大部分没有标识,有的电容只在其上标出两个字符。一般地,第一个字符是英文字母,代表有效数字;第二个字符是数字,代表 10 的指数,电容单位为 pF。

第一位字母所对应的含义如下所示。

A: 1	B: 1.1	C: 1.2	D: 1.3	E: 1.5	F: 1.6
G: 1.8	H: 2	I: 2.2	K: 2.4	L: 2.7	M: 3
N: 3.3	P: 3.6	Q: 3.9	R: 4,	S: 3	T: 4.7
U: 5.1	V: 5.6	W: 6.2	X: 6.8	Y: 7.5	Z: 8.5
a: 2.5	b: 3.5	c: 4	e: 4.5	f: 5	m: 6
n: 7	t: 8	y: 9			

例如,一个电容器标注 G3,通过查表 G=1.8,3 是 10 的 3 次幂,那么这个电容器的标称  $1.8 \times 1\,000 = 1\,800\text{pF}$ 。

再如,一个电容器标注为 E6,通过查表 E=1.5,其标称值为  $1.5 \times 1\,000\,000\text{pF} = 1.5\mu\text{F}$ 。

### 4. 电容的测量

电容最常见的故障是击穿短路、开路、漏电、容量变小。

如果只是判断电容的好坏(是否变值、漏电大小)可用指针式万用表,测试步骤如下:

(1) 首先将电容短路放电,否则测试时看不到充放电过程或测试不准(电容较大时,容易损坏万用表)。

(2) 将万用表拨到  $R \times 1k$  或  $R \times 10k$  挡。

(3) 将黑表笔接电容正极(指针黑表笔接的是电源正极),红表笔接电容负极。

(4) 观察万用表指针摆动情况,如果指针向右方摆动后,不能回到“ $\infty$ ”,说明电容漏电;如果指针指示为“0”,说明电容内部已经短路。

### 1.1.3 电感类

电感线圈由导线绕制而成，当通有电流时，其周围和内部都会有磁场。绕制线圈的导线会存在一点电阻，所以当有电流通过电感时就要消耗能量，若消耗能量忽略不计，实际的电感线圈可用理想电路元件——电感作为它的模型。国际单位制中电感的单位为亨（H）。

一个实际的电感线圈，除了标明它的电感量外，还应标明它的额定工作电流，电流过大会使线圈损坏。因此，使用电感线圈时不应超过它的额定工作电流。

#### 1. 手机中常用的电感

手机里的电感器（又称电感），也属于贴片元件，它的电路功能和传统的插装式的电感器相同，主要在电路中起着滤波、退耦、调谐、延迟、补偿等作用。与普通的小型电感器相比，贴片式电感器的体积小，与贴片电阻大小差不多。

手机中的电感器也是利用自感应和互感应原理工作的。电感的自感应是指电感线圈在通过电流时会产生自感电动势，自感电动势的大小与通过电感线圈的电流的变化率成正比。

按照电感器的的工作原理，手机中主要用到以下几类电感。

（1）绕线型贴片式电感器。绕线型贴片式电感器的基本结构和制造方法，是在选定的磁芯上绕上线圈，再加上端电极。因此，它实际上是对传统的绕线型电感器进行改进并缩小体积，把引线改为适合表面贴装的端电极结构而制成的。端电极又称外部端子，常使用金属片或金属涂复后烧结而成，取代了传统的插装式引线。

绕线型贴片式电感器的种类很多，主要有工字形结构绕线型贴片式电感器、槽形结构绕线型贴片式电感器、绕线型贴片式电感器和腔体结构绕线型贴片式电感器。

（2）多层片式电感器。这种结构的电感器与多层型陶瓷电容器相似。制造时由铁氧体浆料和导电浆料交叉印刷叠层后，经高温烧结而成。

（3）印制电感。在有的手机中，还常使用印制电路板上的特殊形状的铜皮来构成一个电感，通常把这种电感称为印制电感或微带线。它并不属于独立的电子元件，它在电路中起电感的作用。在手机电路中，微带线一般有两个作用：一是把高频信号进行有效传输；二是微带线与其他固体器件如电感、电容构成匹配网络，使信号输出端与负载很好地匹配。微带线耦合器常用在射频电路中，特别是接收的前级和发射的后级。微带线的始点和终点是相通的，但绝不能将始点和终点短接。

手机电路中的电感的外观形状多种多样，有的电感很大，从外观上很容易判断，有的电感和电阻、电容差别不大，不容易判别。

#### 2. 电感的测量

电感的主要问题是开路、脱焊、短路变形。电感用指针表测试时，电阻值很小，为 $0 \sim 1\Omega$ ，用数字表测试时，会发出蜂鸣声。

### 1.1.4 二极管和三极管类

#### 1. 手机中的二极管

手机中的二极管均是片状，多为黑色的硅管。

(1) 按照二极管封装形式分类。

① 单二极管, 在二极管上一般直接标注有正负极, 有白条纹的为负极。

② 双二极管, 外观像三极管, 需在电路板上识别。双二极管可以用万用表测试。

③ 将几个二极管组合成一个模块构成组合二极管, 组合二极管在三星手机中常用于开机电路中作为开机二极管使用。

单二极管、双二极管、组合二极管如图 1-3、图 1-4 和图 1-5 所示。

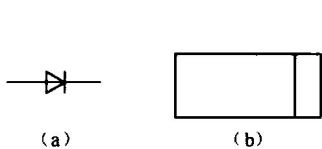


图 1-3 单二极管

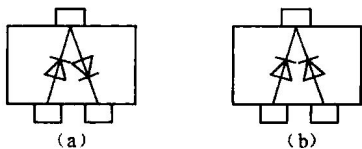


图 1-4 双二极管

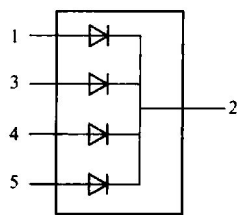


图 1-5 组合二极管

(2) 按照二极管作用分类。

① 普通二极管。普通二极管在电路中起开关、整流, 以及组成简单的与或电路等作用。

② 发光二极管。发光二极管在手机中主要作为键盘背景灯、状态指示灯和显示屏照明灯使用。发光二极管主要有红色、绿色、蓝色、白色等几种, 也有的可以发出双色光、三色光、多色光的发光管, 这实际将两种或三种不同颜色的发光管封装于同一壳体内制成的。在手机中发光二极管电路都会串接一个限流电阻, 以防止大电流损坏发光二极管, 发光二极管只工作在正偏状态, 发光二极管的正极加上电压, 而负极没有接地构成回路, 发光二极管将不会发光。在正常情况下, 发光二极管的正向电压为 1.5 ~ 3V。发光二极管可以用  $R \times 10k$  挡进行测试, 如果能够发光则说明二极管本身正常。发光二极管的符号如图 1-6 所示。

③ 变容二极管。变容二极管的符号如图 1-7 所示。

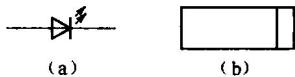


图 1-6 发光二极管

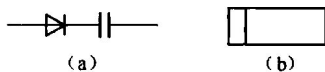


图 1-7 变容二极管

变容二极管与一般二极管的区别是变容二极管需要加反向电压才能工作。

变容二极管在手机中多用在调谐电路和自动频率微调电路, 变容二极管是一个电压控制元件, 常用在手机的一本振、二本振电路, 在手机中只要看到变容二极管符号, 就可以判断电路是压控振荡器。

④ 稳压二极管。稳压二极管又称齐纳二极管, 是利用二极管的反向击穿特性来工作的, 由于在电路中起稳定电压作用故又称稳压管。

在手机电路中, 稳压管常用于受话器、振动器、振铃器。由于手机电路所使用的受话器、振动器、振铃器都带有线圈, 当这些电路工作时, 由于线圈的感应电压会导致一个很高的反峰电压, 稳压二极管用来防止该反峰电压引起电路损坏。在手机的充电电路、电源电路中也较多地采用了稳压二极管, 尤其是逻辑电路, 对供电的电压精度、纯净度要求更高, 以避免时序脉冲受到破坏, 造成电路误动作。所以, 在手机电路中, 稳压二极管应用比较多。

稳压二极管如图 1-8 所示。

⑤ PIN 二极管。相当于一个电调可变电阻，用于自动增益和功率控制电路。



图 1-8 稳压二极管

## 2. 二极管的测试

二极管的测试比较简单，用指针式和数字式万用表都可以测试二极管。

(1) 用数字式万用表检测二极管。将数字表打到“ $\rightarrow$ ”挡，数字式万用表红表笔接的是电池正极，黑表笔接的是电池负极，所以，测试时将红表笔和黑表笔分别接二极管两端，交换表笔进行测试共测试两次，在显示屏上会显示测试值，一次显示为“1”，一次显示为“0.60”，数字式万用表的显示值表示的是二极管的电压压降，当为上述两个值时，二极管是正常的，可以在电路中使用，其中，当为 0.60V 压降时，红表笔接的引脚为二极管正极。

(2) 利用指针式万用表测量晶体二极管，步骤如下：

① 把万用表拨到“欧姆挡”，一般用  $R \times 100$  挡或者  $R \times 1k$  挡（注意：不要用  $R \times 1$  挡或  $R \times 10k$  挡，因为用  $R \times 1$  挡表内电流太大，而  $R \times 10k$  挡表内电压太高，容易烧坏管子）。

② 用表笔分别测量二极管的两端，交换表笔测试共两次，一次为几千欧，另一次为无穷大，说明二极管正常。当测量值为几千欧时，黑表笔接的是二极管的正极。

## 3. 手机中的三极管

三极管包括硅（Si）管和锗（Ge）管，每一种材料的三极管根据结构不同又分为 PNP 和 NPN 型，其中 PNP 型多为锗管，NPN 型多为硅管，但无论哪种结构，都是三个区和两个 PN 结。

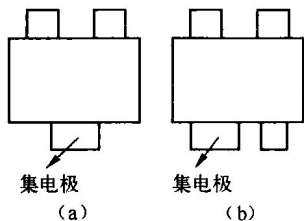


图 1-9 三极管

三个区：e：发射极。

b：基极。

c：集电极。

两个结：be 结：发射结。

bc 结：集电结。

将三个区引出三根引线，就是三个电极，再穿上外壳，就是一只三极管，手机中的三极管多为黑色小片状，只有焊点，没有引线，直接与 PCB 相连，外形如图 1-9 所示。

(1) 单三极管。在单三极管中，c 极因电流大，需良好散热，所以一般较宽，起散热片作用。

(2) 带阻三极管。目前，手机中最常用的三极管是带阻三极管，在电路中起开关的作用，如图 1-10 所示。

(3) 双三极管。双三极管在双频或三频、四频手机中应用较多，其内部结构如图 1-11 所示。

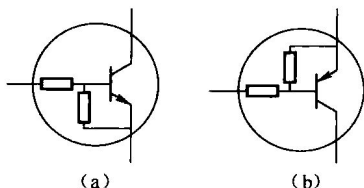


图 1-10 带阻三极管

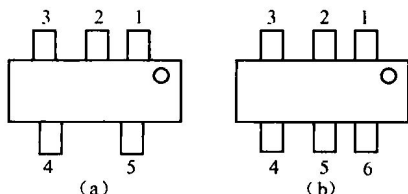


图 1-11 双三极管

#### 4. 三极管的作用及应用举例

三极管在手机中有以下几种作用。

(1) 作为放大管使用。三极管用做放大管时,以三极管为核心,加上外围元件,可以构成放大器,如低噪声放大器(LNA)、中频放大器(IFA)、前置放大器及压振振荡器电路中的放大器。

(2) 作为开关管使用。三极管用做开关管时,在电路中相当于一个开关,控制电路的通断,如供电控制、双频切换、双工切换。

(3) 作为混频管使用。利用三极管的非线性特性,三极管在手机电路中还可做混频管(MIX),起改变频率、接收混频、发射混频的作用。

#### 5. 三极管在手机中的应用

##### 1) 三极管在手机中作为放大管使用

手机中的放大电路,例如,接收机(RX)中的低噪声放大器、中频放大器、发射机(TX)中的前置放大器都是采用电阻分压式放大电路,只是高频放大(低噪声放大器信号)是从天线进来的,信号微弱频率又高,同时混进噪波、杂波,所以,在三极管的c极上加了LC并联谐振回路,选出手机的接收频率 GSM 为 935 ~ 960MHz, DCS 为 1 805 ~ 1 880MHz,中频滤波器和前置放大电路放大的信号为固定频率,不需要选频网络,只需要滤波器即可。

下面以一个手机高放电路为例来进行分析,电路构成如图 1-12 所示。

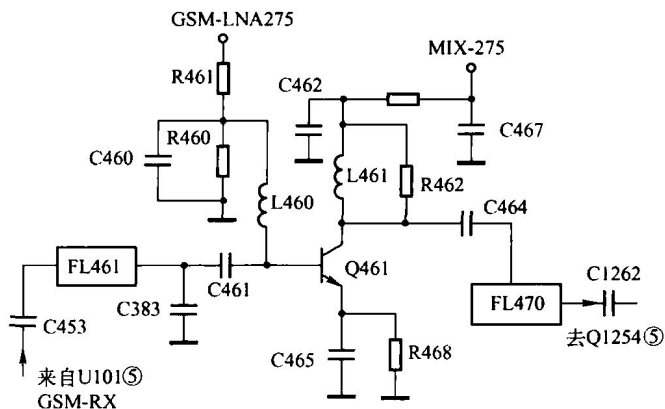


图 1-12 手机高放电路

图 1-12 中, FL461、FL470 为滤波器; GSM-LNA275 为 900MHz 频段低噪声放大器供电电压; MIX-275 为混频工作电压,此处作为放大管的工作电压; Q461 为放大管。

(1) 放大管 Q461。放大器的核心器件,在放大器中起电流放大作用,被放大的交流接收信号 935 ~ 960MHz (GSM-RX-IN) 从 b 和 e 极输入,放大后的信号从 c、e 极输出,所以该放大器为共 e 极放大电路,e 为输入、输出端共用,放大倍数  $A_u$  与三极管的放大倍数成



正比关系。

(2) 电源 MIX-275。由射频供电 RF-V2 转换而成, MIX-275 为高频放大和混频器供电, 保证 Q461 工作在放大状态。

(3) 电阻。

① 分压电阻 R461、R460。可以将两个电阻看成串联, 则通过分压得到固定的  $V_b$  电压送给三极管基极。

② 转换电阻 R462 为集电极负载电阻, 可以将三极管电流放大转换为电压放大, 一般为(几百欧~几千欧)。

③ 反馈电阻 R468。将反馈电阻 R468 接在输入、输出的公共电极 e 上, 将放大后的电流从输出端送回一部分于输入端, 称为电流反馈。

(4) 电容。

① 耦合电容 C461、C464。C461、C464 分别接在输入和输出端称为耦合电容, 是前级和后级相连接的元件, 作用有两个: 利用电容隔直通交的特点, 隔断信号源与负载之间的直流联系; 提供通畅的交流通路, 保证信号无损耗地通过, C461 的作用是将接收信号送到放大电路, 放大后的 935~960MHz 信号再由 C464 无损耗地送到混频器, 保证信号没有衰减。

② 旁路电容 C465。输出信号从 c、e 两端取出, 输出信号  $U_o$  与输入信号  $U_i$  的比值就是电压放大的倍数, 由于 R465 要分压, 对  $U_o$  产生衰减, 从而使  $A_v$  下降。加上电容 C465, 为交流提供了良好通路, 避免了 R468 的能量损耗, 使输出避免衰减, 保证放大器有足够的放大倍数。

③ 谐振电容 C462、C467。C462、C467 与 L461 构成选频网络, 利用 LC 的参数, 产生 900MHz 接收信号的中心频率, 由它选出下限频率 935.2MHz 和上限频率 959.8MHz, 使手机的接收成为一个频带 935~960MHz, 带宽为  $960 - 935 = 25\text{MHz}$ 。

(5) 电感。手机中的电源均为直流稳压或直流脉冲, 在放大器的电源上加上电感 L460、L461 是利用电感“通直隔交”的特性将电源送到电路中的, 同时, 利用电感滤波, 滤除电源中的纹波电压, 保证电源更加平滑稳定。

2) 三极管在手机中作为开关使用

作为开关的三极管工作在截止状态(如同开关断开)和饱和导通状态(如同开关闭合), 利用这两种状态的交替, 如同开关的断开与闭合, 从而实现电路的截止与导通, 使信号被隔断和通过。

## 6. 手机中单三极管的测试

PCB 上的三极管主要故障是击穿短路、参数变化、严重漏电、热稳定性差等, 主要测试方法如下:

(1) 将三极管当成两个背靠背的二极管, 用测二极管的方法进行测试。

(2) 测管压管: 用数字式万用表的“→”挡, 分别测三极管的两个 PN 结。

对 NPN 型管来说, 红表笔接基极, 黑表笔测 e、c 极各一次, 两次在显示屏上显示 0.60 或 0.69 等数字, 说明三极管管压降正常, 三极管是好的。

对 PNP 型管来说, 黑表笔接基极, 红表笔测 e、c 极各一次, 两次在显示屏上显示 0.60