

电工电子技能培训 大讲堂

DIANGONG DIANZI JINENG PEIXUN DAJIANGTANG



手机维修入门精要 与速修技巧

杨同伟 郑亭亭 编著

第2版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电工电子技能培训大讲堂

手机维修入门精要与 速修技巧

第 2 版

杨同伟 郑亭亭 编著



机械工业出版社

本书共分 8 章，第 1 章简要介绍了手机的分类。第 2、3 章主要介绍手机常用结构部件及电路元器件的识别及检测方法。第 4 章主要介绍手机的电路结构及电路工作原理等知识。第 5 章概要介绍手机检修工具、仪器的使用及手机检修方法等知识。第 6~8 章主要对手机射频电路、开机电路、界面电路的常见故障现象及检修方法做了详细的介绍，并辅之以大量的实例说明。

本书行文由浅入深，化繁为简，图文结合，力求突出实用性。希望广大手机维修人员通过本书的阅读，能够使你的修理工变得更加简单和轻松！

图书在版编目 (CIP) 数据

手机维修入门精要与速修技巧/杨同伟，郑亭亭编著. —2 版. —北京：机械工业出版社，2012. 3
(电工电子技能培训大讲堂)
ISBN 978-7-111-37074-1

I. ①手… II. ①杨… ②郑… III. ①移动电话机-维修 IV. ①TN929. 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 004831 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：朱 林 责任编辑：朱 林

版式设计：石 冉 封面设计：鞠 杨

责任校对：纪 敬 责任印制：杨 曜

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2012 年 2 月第 2 版第 1 次印刷

148mm×210mm·7.75 印张·3 插页·231 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-37074-1

0001—3000 册

定价：28.00 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 封 面 无 防 伪 标 均 为 盗 版

读 者 购 书 热 线：(010) 88379203

出版说明

随着我国经济的飞速发展，工业化与信息化的融合及节能减排等政策的层层推进，为技术创新发展提出了更高的要求；同时，我国还是一个制造业大国，并处在向制造业强国转化的过程，在拥有大量劳动者的同时，努力提高劳动者的素质，使其更好地适应技术的发展及社会的需要，不仅可以更好地服务于产业的发展，也是构建和谐社会的基本要素。

电工电子技术渗透于各行各业，吸纳的就业人口众多，向劳动者普及基本知识技能，一直是我们努力的目标。我们在电工电子技术出版领域积累了大量优秀的作者资源，出版了大批优秀的图书，受到了读者的欢迎。

我们针对初学者学习基础比较薄弱，从事的工作对技能要求比较高的特点，将优秀作者和优势作品进行整合及筛选，打造成崭新的强势丛书——《电工电子技能培训大讲堂》系列图书，本系列图书具有内容全面、系统，结构科学、合理，层次丰富、细节突出等优点，可以为学习者提供多种选择的特点，具体内容涵盖了：电工电子基础知识入门、电工技能提高、电子仪器仪表使用、家电维修等。

本系列图书在强大的策划团队努力下，力图做到：1) 理论够用、内容实用，讲解清晰；2) 篇幅适中，便于学习，立竿见影；3) 初级入门为主，多层次扩展，适当向技能提高延伸；4) 体裁形式多样，写作形式多样；5) 适应性强，多行业多领域的电工电子技术学习者都可适用。

本系列图书的出版得到了众多“明星”作者的全力支持，他们在百忙之中为图书内容的撰写、修订及改写付出了大量的精力，查阅了大量的资料，进行了系统化的对比和分析，在此对他们的辛勤劳动表示感谢，希望本系列图书可以为读者提高知识技能、拓宽视野提供一些有益的、具体的帮助。

为了不断丰富和完善《电工电子技能培训大讲堂》系列图书的内容及提高图书的质量，欢迎广大读者提出宝贵意见和建议，及时向出版单位反馈信息。

机械工业出版社

前　　言

近年来，随着移动通信在全球范围内的迅猛发展，手机已成为人们日常生活和工作中必不可少的沟通工具。手机的无线移动性使人们有更多的空间自由；手机的娱乐功能给人们带来更多的乐趣；手机的网络功能使人们的信息查询更加方便。

但同时，手机在使用过程中出现的故障也给人们带来了很多的麻烦，手机的维修也变得更加复杂。

之所以说手机的维修变得更加复杂，主要是由于手机结构的独特性所致。打开一部手机，我们会看到许多大大小小的电子贴片元器件、集成芯片以及密集交错的线路布局，这些贴片元器件、集成芯片以线路的功能识别以及检修常常会使维修人员大伤脑筋。此外，手机的维修除了要考虑硬件方面的原因外，还需要考虑软件方面的原因，因为一些故障的发生往往并不只是单独的硬件原因或者软件原因，而是两者兼有的。再者，手机的检修还需考虑网络等其他一些原因。在检修手机故障时，能够将以上要素综合地加以考虑，实属不易！

而且我们还看到，如今手机的应用应该说尚处于一个初级阶段，还有许多的功能尚待开发，当然，手机的维修也还有更长的路要走。远的不说，就说目前，3G时代已经来临，3G手机的维修正在向我们发出挑战！

为了更好地帮助广大维修人员，尤其是初学者快速掌握手机维修的要点和技巧，达到即学即用，编者在大量收集手机相关维修资料的基础上，精心编排，尽量采用通俗易懂的语言描述而编著了本书。

本书行文由浅入深，化繁为简，图文结合，希望广大手机维修人员通过本书的阅读，能够使你的修理工作变得更加简单和轻松！

编　者
2012年1月

目 录

出版说明

前言

第1章 手机的分类	1
1.1 按外形分类	1
1.2 按发展概况分类	4
第2章 手机常用结构部件的识别与检测	5
2.1 手机IC	5
2.1.1 手机IC的电路符号	5
2.1.2 手机IC的特点	5
2.2 手机显示屏	6
2.2.1 手机显示屏的特点	6
2.2.2 手机液晶显示屏	6
2.3 电声和电动器件	8
2.3.1 送话器	8
2.3.2 受话器	9
2.3.3 振铃器	11
2.3.4 耳机	11
2.3.5 振动器	11
2.4 开关元件	12
2.4.1 开关	12
2.4.2 干簧管	13
2.4.3 霍尔传感器	14
2.5 滤波器	15
2.5.1 滤波器的电路识别符号	15
2.5.2 滤波器的分类	15
2.5.3 滤波器的结构	20
2.5.4 滤波器的检修	20



2.6 SIM 卡与多媒体卡	20
2.6.1 SIM 卡	21
2.6.2 UIM 卡与 USIM 卡	22
2.6.3 多媒体卡	23
2.7 天线、地线与屏蔽	26
2.7.1 天线	26
2.7.2 地线	26
2.7.3 屏蔽	27
第3章 手机常用元器件的识别与检测	29
3.1 贴片电阻	29
3.1.1 电阻的电路符号及单位表示	29
3.1.2 电阻的特性	29
3.1.3 贴片电阻的分类	30
3.1.4 贴片电阻的识别	32
3.1.5 贴片电阻的检测	33
3.2 贴片电容	34
3.2.1 电容的电路符号及单位表示	35
3.2.2 电容的特性	35
3.2.3 贴片电容的分类	38
3.2.4 贴片电容的识别	38
3.2.5 贴片电容的检测	39
3.3 贴片电感	42
3.3.1 电感的电路符号及单位表示	42
3.3.2 电感的特性	43
3.3.3 贴片电感的分类	44
3.3.4 贴片电感的识别	45
3.3.5 贴片电感的检测	45
3.4 贴片半导体二极管	46
3.4.1 二极管的电路符号	46
3.4.2 二极管的特性	47
3.4.3 贴片二极管的分类	47
3.4.4 贴片二极管的识别	52
3.4.5 贴片二极管的检测	52



3.5 贴片晶体管	54
3.5.1 晶体管的电路符号	55
3.5.2 贴片晶体管的分类	55
3.6 贴片场效应晶体管.....	55
3.6.1 场效应晶体管的电路符号	56
3.6.2 场效应晶体管与晶体管的区别	57
3.6.3 场效应晶体管在手机中的应用	58
3.6.4 MOS 场效应晶体管的识别	58
3.6.5 MOS 场效应晶体管的检测	59
第4章 手机的电路图解	61
4.1 手机整机电路简析.....	61
4.2 手机射频电路图解.....	61
4.2.1 手机接收电路图解	62
4.2.2 手机发射电路图解	75
4.3 手机开机电路图解.....	82
4.3.1 手机电源电路图解	83
4.3.2 手机时钟电路图解	94
4.3.3 手机逻辑电路图解	105
4.4 手机界面电路图解	121
4.4.1 受话器、送话器电路图解	121
4.4.2 手机 SIM 卡和多媒体卡的电路图解	129
4.4.3 手机键盘电路图解	137
4.4.4 手机显示电路图解	141
4.4.5 手机振铃、振子电路图解	154
4.4.6 手机蓝牙电路图解	158
4.4.7 手机摄像电路图解	162
4.4.8 手机收音机电路图解	166
第5章 手机检修工具、仪器及检修方法.....	171
5.1 手机检修工具、仪器及其应用	171
5.1.1 热风枪和电烙铁	171
5.1.2 直流稳压电源	173
5.1.3 万用表	174
5.1.4 电子示波器	180



5.1.5 扫频仪	186
5.1.6 手机常用的拆卸工具	190
5.2 手机检修方法	191
5.2.1 手机检修步骤“六字诀”	192
5.2.2 常见的手机检修方法	193
5.2.3 手机常见自然原因故障的处理技巧	198
第6章 手机射频电路常见故障速修要点与技巧	201
6.1 手机接收电路故障的检修	201
6.1.1 接收电路的常见故障现象	201
6.1.2 接收电路故障的检修思路	202
6.1.3 接收电路常见故障检修实例	202
6.2 手机发射电路故障的检修	206
6.2.1 发射电路的常见故障现象	206
6.2.2 发射电路故障的检修思路	206
6.2.3 发射电路常见故障检修实例	208
第7章 手机开机电路常见故障速修要点与技巧	212
7.1 手机开机电路常见故障现象	212
7.2 手机开机电路的故障检修思路	212
7.2.1 电流法的概念	212
7.2.2 电流法的故障判断技巧	214
7.3 手机开机电路常见故障检修实例	215
第8章 手机界面电路常见故障速修要点与技巧	220
8.1 手机SIM卡电路常见故障的检修	220
8.1.1 SIM卡电路的常见故障现象	220
8.1.2 SIM卡电路故障的检修思路	220
8.1.3 SIM卡电路常见故障检修实例	221
8.2 手机键盘电路常见故障的检修	223
8.2.1 键盘电路的常见故障现象	223
8.2.2 键盘电路故障的检修思路	223
8.2.3 键盘电路常见故障检修实例	223
8.3 手机显示电路常见故障的检修	226
8.3.1 显示电路的常见故障现象	226
8.3.2 显示电路故障检修思路	226



8.3.3 显示电路常见故障检修实例	227
8.4 手机蓝牙电路常见故障的检修	229
8.4.1 蓝牙电路的常见故障现象	229
8.4.2 蓝牙电路故障检修思路	229
8.4.3 蓝牙电路常见故障检修实例	230
8.5 手机摄像电路常见故障的检修	231
8.5.1 摄像电路的常见故障现象	231
8.5.2 摄像电路故障检修思路	231
8.5.3 摄像电路常见故障检修实例	232
参考文献	236

第1章 手机的分类

就目前的手机市场而言，根据外形、使用功能等情况，可以将手机做如下分类。

1.1 按外形分类

就目前市场而言，手机按外形可分为以下几种类型。

1. 直板式手机

直板式手机就是指手机屏幕和按键在同一平面，手机无翻盖。其外形如图 1-1 所示。



图 1-1 直板式手机外形图

直板式手机的特点是：外形结构简单，按键一目了然，可以直接看到屏幕上所显示的内容，操作方便。在使用时，直接通过按键盘输入电话号码，再按发送键就可拨出电话。当有来电时，按键就可接听。

一般直板式手机都可设置手机键盘锁，目的是为了防止携带时无意碰触按键拨出电话。

2. 翻盖式手机

翻盖式手机指手机为折叠式，可分为单屏翻盖式和双屏翻盖式两



种类型。

(1) 单屏翻盖式手机

单屏翻盖式手机只有一个屏幕。它又可分为上翻盖式和下翻盖式。

1) 上翻盖式手机。一般上翻盖式手机都比较厚，也比较短。这类手机是将手机的一部分元器件做到翻盖上，早期的上翻盖式手机只是将受话器等元器件做到翻盖上，目的是合起时手机小巧玲珑，打开时又能保证通话质量。现在的上翻盖式手机则把液晶显示屏也装到翻盖上。其外形如图 1-2 所示。

2) 下翻盖式手机。和上翻盖式手机不同的是，下翻盖式手机增加了一个可以覆盖全部或部分按键盘的翻盖。翻盖的作用主要是保护按键盘，利用翻盖形状的变化和翻盖上加图案文字等方法来增加手机的美感。同时，大多数有翻盖的手机都有一个磁性开关，打开或闭合翻盖时具有直接接听或挂断电话等功能，方便用户操作。其外形如图 1-3 所示。



图 1-2 单屏上翻盖式手机外形



图 1-3 下翻盖式手机外形

(2) 双屏翻盖式手机

双屏翻盖式手机的翻盖上有另一个副显示屏，这个显示屏通常不大，一般能显示时间、信号、电池和来电号码等功能。其外形如图 1-4 所示。

双屏翻盖式手机与单屏翻盖式手机工作原理相似，这里不再赘述。

3. 旋转式手机

旋转式手机是竖立式手机与翻盖式手机的结合及创新。旋转式手



图 1-4 双屏翻盖式手机外形

机可以直接看到屏幕，当需要按键时再旋转开上盖，即可看到按键部分。其外形如图 1-5 所示。



图 1-5 旋转式手机外形

4. 滑盖式手机

滑盖式手机主要是指手机要通过抽拉才能见到全部机身，它是翻盖式手机的一种延伸及创新。其外形如图 1-6 所示。



图 1-6 滑盖式手机外形

就目前市场而言，滑盖式手机一般都是采用上拉盖，也有少数机型为下拉盖。

滑盖式手机款式新颖，又能将手机做得较短较薄，利用拉盖还能保证语音质量，而且与翻盖式手机相比操作方便。此外，滑盖式手机的滑盖也能起到接听和挂断手机通话等作用，只是采用一个微型机械



开关进行转换，而不是用磁性开关。

5. 腕表式手机

腕表式手机主要是戴在手腕上跟手表一样的手机，其设计小巧，功能方面与普通手机并无两样，目前市场上不多见。其外形如图 1-7 所示。



图 1-7 腕表式手机外形

《1.2 按发展概况分类》

在上一节，我们简要了解了手机技术发展的概况，对手机技术发展的概况进行小结，可以将手机分为以下几类。

1. 模拟式手机

模拟式手机泛指第一代移动通信的终端设备，即“1G”手机。第一代移动通信俗称“本地通”，多采用 TACS（全接入通信系统）制、频分多址（FDMA）方式。

2. 数字式手机

数字式手机泛指第二代移动通信的终端设备，即“2G”手机。数字式手机俗称“全球通”，在我国主要有 GSM、CDMA 两种制式。另外，基于 CDMA 和 GSM 技术发展起来的 CDMA2000、GPRS 手机则为 2G 向 3G 过渡的 2.5G 手机。

3. 第三代手机

即“3G”手机。如 GSM 手机演进后的 WCDMA、CDMA 演进后的 CDMA2000 1x 手机以及我国自主研发的 TD-SCDMA 手机等。

第2章 手机常用结构部件的识别与检测

2.1 手机 IC

2.1.1 手机 IC 的电路符号

集成电路在手机中被广泛地应用，这大大减少了手机元器件的数量，减少了缺陷机会，并使手机电路板面积越来越小，整机的体积随之缩小。由于集成电路技术是基于 MOS 半导体集成技术发展而形成的，其内部电路比较复杂而且不易准确描述。因此在实际电路中，只把集成电路作为一个单个器件看待，其相应的引脚对应着相应功能与设置。

在电路图中，集成电路用“U”加数字表示。

2.1.2 手机 IC 的特点

手机 IC 有以下一些特点。

1. 新功能 IC 不断出现

随着手机多功能的出现，新的 IC 也不断地出现，譬如和弦音 IC、音乐 IC、收音机 IC、蓝牙 IC、多媒体接口 IC 等。目前，在 3G 手机中，很多功能都在尝试连接或集成的方法，例如基带、AP、CORDEC、PMU 等之间的集成和连接。

2. 综合性 IC 的不断发展

譬如手机的电源管理 IC，在 3G 手机领域，高集成度的电源管理芯片、高集成度的亮度管理芯片以及具有业内最高功率密度的单片 DC-DC 升降压变换芯片相继出现。

手机中的 IC 有的厂商前后产品 IC 基本相同，可以相互替换，如三星、诺基亚手机，而有的手机同一厂商采用的 IC 各异，不能替换，如波导、TCL 手机。



2.2 手机显示屏

手机显示屏最主要的作用是显示图像、信息和实现人机交互功能。

2.2.1 手机显示屏的特点

在早期的语音手机中，显示屏主要显示信号场强（如用几个“竖条”表示）、电池电量、时间和信息。

随着手机无线上网、GPS 和多媒体功能的应用，手机能通过显示屏获得更丰富的内容，它们包括视频（流媒体或广播）、上网及收发电子邮件、图片摄录和回放、游戏、下载地图、接收天气/交通信息以及新闻提示等。这些内容要求清晰、准确、逼真显示，因此要求手机的显示屏面积更大、更薄，显示质量和分辨率更高，有很好的亮度、清晰度和色彩逼真度。

现在已经有人把手机显示屏称为继电影、电视和计算机屏幕之后的第四屏幕。在 3G 时代，手机显示屏将扮演着越来越重要的角色。

2.2.2 手机液晶显示屏

手机液晶显示屏（Liquid Crystal Display，LCD），也称为液晶显示器。

1. 液晶

液晶其实就是一种介于液体和晶体之间的物质。它的奇妙之处是可以通过电流来改变其分子结构。因此，可以给液晶加上不同的工作电压，控制光线的通过量，从而显示变化万千的图像。

2. 液晶显示屏分类

手机液晶显示屏按其物理结构可分为以下 5 类。

(1) TN 型液晶显示屏

TN 扭曲列型液晶显示屏采用的是液晶显示屏中最基本的显示技术，之后其他种类的液晶显示屏都是以 TN 型为基础来进行改良的。

TN 型液晶显示屏的原理也较其他技术简单，它包括了垂直方向与水平方向的偏光板、具有细纹沟槽的配向膜、液晶材料以及导电的玻璃基板。在不加电场的情况下，入射光经过偏光板后通过液晶层，



偏光被分子扭转排列的液晶层旋转 90°。在离开液晶层时，其偏光方向恰与另一偏光板的方向一致，所以光线能顺利通过，使整个电极面呈光亮。当加入电场时，每个液晶分子的光轴转向与电场方向一致，液晶层也因此失去了旋光的能力，结果来自入射偏光片的偏光，其方向与另一偏光片的偏光方向成垂直的关系，并无法通过，这样电极面就呈现黑暗的状态。

TN 型的显像原理是将液晶材料置于两片贴附光轴垂直偏光板的透明导电玻璃间，液晶分子会依附向膜的细沟槽方向，按序旋转排列。如果电场未形成，光线就会顺利地从偏光板射入，液晶分子将其行进方向旋转，然后从另一边射出。如果在两片导电玻璃通电之后，玻璃间就会造成电场，进而影响其间液晶分子的排列，使分子棒进行扭转，光线便无法穿透，进而遮住光源。这样得到光暗对比的现象，就叫做扭曲向列场效应（Twisted Nematic Field Effect，TNFE）。

电子领域中所用的液晶显示屏，几乎都是用扭曲向列场效应原理制成的。

(2) STN 液晶

STN 是 Super Twisted Nematic 的缩写，STN-LCD 为超扭曲向列型液晶显示屏，属于被动矩阵式 LCD。STN 是早期单色手机 LCD 使用的材质，这种 LCD 最大的特点是成本低、耗电少，但缺点则是画面呈现的响应时间长，容易造成影像延迟，且亮度与画质都较差。

(3) TFT 液晶显示屏

TFT 是 Thin Film Transistor 的缩写。TFT-LCD 为薄膜场效应晶体管型液晶显示屏，是“真彩”，为彩屏手机 LCD 的主流。

TFT 液晶显示屏上的每一像素点都是由集成在其后的薄膜晶体管来驱动的，属于主动（有源）矩阵液晶显示屏，可以“主动”对屏幕上的各个像素进行独立连续的控制，这样提高了响应时间，一般可以达到 80ms，而 STN-LCD 则为 200ms。与 STN-LCD 相比，其改善了闪烁模糊的画面，提高了播放动态画面的能力。其最大的特点是亮度好、对比度高、画面层次感强、色彩饱满，显示效果相对也就比较细腻，这些特点能满足手机视频功能的应用。

TFT-LCD 的缺点是比较耗电。TFT-LCD 很多都支持 65536 色显



示，有的甚至支持 16 万色显示。

(4) TFD 液晶显示屏

TFD 是 Thin Film Diode 的缩写。TFD-LCD 为薄膜二极管型液晶显示屏，由于 TFT-LCD 刚推出时耗电过大、成本高昂，于是有了 TFD-LCD 的出现。TFD-LCD 质量介于 STN-LCD 与 TFT-LCD 之间，有着比 STN-LCD 更丰富饱和的颜色，并且又比 TFT-LCD 成本低、省电，能够显示 26 万色图像。同时，响应时间快，能处理动态图像。

TFD 的显示原理在于它为 LCD 上每一个像素都配备了一个单独的二极管来作为控制源，由于这样的单独控制设计，使每个像素之间不会互相影响，因此，在 TFD-LCD 的画面上能够显现无残影的动态画面和鲜艳的色彩。与 TFT 一样，TFD 也是主动（有源）矩阵驱动。

(5) OLED 液晶显示屏

OLED 是 Organic Light Emitting Diode 的缩写。OLED-LCD 为有机发光二极管液晶显示屏，多用作工作状态指示灯，MP3 显示屏就是 OLED 屏。OLED-LCD 被称为“梦幻显示屏”。OLED-LCD 显示方式与传统的 LCD 显示方式不同，无需背光灯，采用非常薄的有机材料涂层和玻璃基板，当有电流通过时，这些有机材料就会发光。

OLED-LCD 的特点是轻、薄，可视角度大，亮度高，能耗低。

2.3 电声和电动器件

前面，我们已经知道，电声和电动器件包括受话器、耳机、振铃、送话器、振动器。这里我们来具体进行了解。

2.3.1 送话器

送话器是将声音转换为电信号的一种器件，俗称为麦克风、咪、微音器、拾音器等。它用字母 MIC 或 Microphone 表示。

1. 送话器的功能

当用户对着送话器讲话时，送话器将模拟的声音信号转换为模拟电信号，该信号经送话器电路的 RC 回路滤波，将 20Hz ~ 20kHz 语音



信号中的300~3400Hz滤去，经模-数转换，数字处理后送到发射机进行调制。

2. 送话器的种类

送话器大致可分为炭粒式送话器和驻极体送话器两类。

(1) 炭粒式送话器

炭粒式送话器结构简单、造价低、灵敏度高，但非线性失真非常大，杂音大，稳定性差。

(2) 驻极体送话器

又称为驻极电容传声器。目前，在手机电路中广泛应用的是驻极体送话器，如图2-1所示。

驻极体送话器实际上是利用一个驻有永久电荷的薄膜（驻极体）和一个金属片构成的一个电容器。当薄膜感受到声音而振动时，这个电容器的容量随着声音的振动而改变。但是驻极体上面的电荷量是不能改变的，所以这个电容两端就产生了随声音变化的信号电压。

驻极体送话器结构简单、重量轻、体积小、频率响应宽、阻抗高、保真度好，但灵敏度低，需要加放大器才能工作。

驻极体送话器有正负极之分，如极性接反，则不能输出信号。另外，驻极体送话器需要有偏压才能正常工作。

3. 送话器的检测

有一种简单的方法可以判断送话器是否损坏。

将指针式万用表的黑表笔接在送话器的正极上，红表笔接在送话器的负极上（万用表档位在R×100Ω档），对着送话器说话，应可以看到万用表的读数发生明显的变化或指针摆动。送话器好坏检测的示意图如图2-2所示。

2.3.2 受话器

受话器俗称为听筒、喇叭等。它是一种电声转换器件，将模拟的语音电信号转换成声波。受话器通常用字母BL表示。其实物及电路图形符号如图2-3所示。



图2-1 手机用驻极体送话器实物

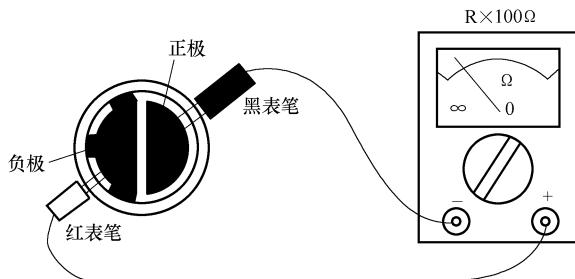


图 2-2 送话器好坏检测示意图

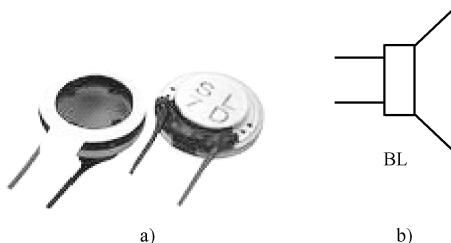


图 2-3 手机受话器

a) 实物图 b) 电路图形符号

1. 受话器的工作原理

一般受话器的工作原理是利用电感的电磁作用的原理，即在一个放于磁场中的线圈中以声音的电信号，使线圈中产生相互作用力，依靠这个作用力来带动受话器的纸盆振动发声。放在永久磁场中的这个线圈被称为“音圈”。

此外，还有一种高压静电式受话器，它是通过在两个靠得很近的导电薄膜之间加以高语音电信号，使这两个导电薄膜在电场力的作用下发生振动，推动周围的空气振动，从而发出声音的。目前，这种受话器在手机中使用越来越多。

2. 受话器的检测

可以利用万用表对受话器进行简单的判断，一般受话器有一个直流电阻，而且一般为几十欧，如果直流电阻明显变得很小或很大，则需更换受话器。



2.3.3 振铃器

手机的振铃器（也称蜂鸣器）一般是一个动圈式小喇叭，也是一种电声器件，其电阻在十几欧到几十欧。振铃器一般用字母 BUZZ 表示，振铃器的实物图如图 2-4 所示。

手机的按键音一般是由振铃器发出的，有人错误地认为手机的按键音是由受话器发出的，在维修“听不到对方讲话”而手机有按键音的故障时感到比较疑惑，其原因就在于此。

在判断振铃器的好坏时，除了用与受话器相同的电阻法以外，也可以将稳压电源输出电压调到 1~2V，频繁地去碰触振铃器接点，正常时应有明显的“咯咯”声。

2.3.4 耳机

耳机是缩小了的受话器，其实物如图 2-5 所示。

耳机的体积和功率比受话器要小，所以它可以直接放在耳朵旁进行收听，避免了外界的干扰，也避免了影响他人。

目前所有的耳机基本上都是动圈式的，耳机虽然有立体声、单声道及头戴式、耳塞式之分，但它们的结构及工作原理与受话器基本上是一样的，这里不再赘述。

耳机插座电路图形符号如图 2-6 所示。

耳机的性能指标是音圈阻抗和额定功率，一般不需要考虑它的功率，只要音圈阻抗匹配就可以使用。

2.3.5 振动器

振动器就是电动机，俗称马达、振子。在手机电路中，振动器用于来电提示。振动器通常用 VIB 或 Vibrator 表示。其实物及电路图形符号如图 2-7 所示。

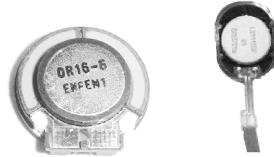


图 2-4 手机振铃器实物

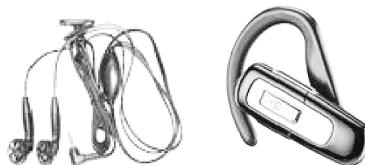


图 2-5 手机耳机实物

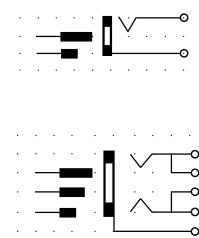


图 2-6 耳机插座
电路图形符号

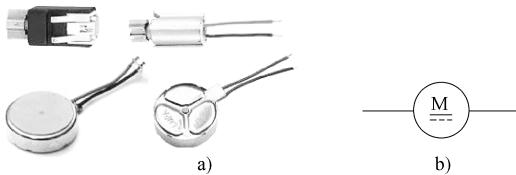


图 2-7 手机振动器
a) 实物图 b) 电路图形符号

2.4 开关元件

前面我们已知道，开关元件包括开关、干簧管和霍尔元件，下面我们就来做具体了解。

2.4.1 开关

手机中通常使用的开关是薄膜按键，它由触点和触片组成。以一个简单的按键来说，两个触点平时都不与触片接触，当按下按键时，触片同时和两个触点接触，使两个触点所连接的线路接通，这种开关通常用作电源开关及各种按键。其



图 2-8 按键电路图形符号

在手机中，薄膜按键在机板上

通常由铜皮做成，然后用一有碳膜的按键胶片来完成这种开关的连接。在图 2-9 所示的按键中，两个独立的铜箔在手机电路中一个接到用户接口电路的行地址线 (ROW)，另一个接在用户接口电路中的列地址线 (COL)。

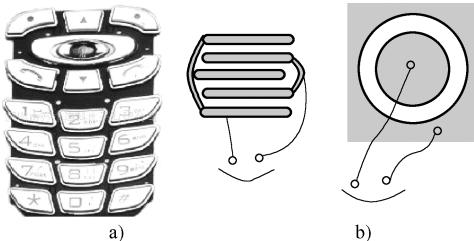


图 2-9 手机按键阵列
a) 实物图 b) 示意图



在手机电路中，寻找电源开关是比较容易的，可先找到手机外部的按键标识，如图 2-10 所示。

手机维修中所说的开关，通常是指电源开关。

在手机电路中，电源开关一般有两种：一种是直接做在按键板上，利用按键胶片被按下与否来决定电源开关的通断；另一种是短程薄膜开关，这种开关通常用于电源开关与一些功能按键，如音量键等，图 2-11 所示为短程薄膜开关实物。

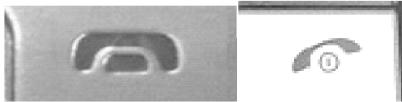


图 2-10 手机开关标识

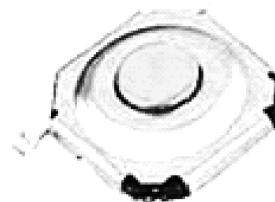


图 2-11 短程薄膜开关实物

开关通常用字母 S 表示，在手机电路中，又经常用 ON/OFF 或 PWR ON/OFF 等字母来表示电源开关的接通/断开。

另外，各式各样的滑盖式手机，在电路板上有一个用于挂机的开关，如果挂机将滑盖推上，滑盖压迫挂机开关导致其中的挂机开关两触点相通，从而起到挂机的作用。

2.4.2 干簧管

干簧管又被称为磁控管，它是利用磁场信号来控制的电器开关元件。其电路图形符号如图 2-12 所示。

干簧管的外壳一般是一根密封的玻璃管，在玻璃管中装有两个铁质的弹性簧片电极，玻璃管中充有某种惰性气体。平时玻璃管中的两个簧片是分开的，当

有磁性物质靠近玻璃管时，在磁场磁力线的作用下，管内的两个簧片被磁化而互相吸引接触，使两个引脚所接的电路连通。外磁场消失后，两个簧片由本身的弹性而分开，电路就断开。在实际运用中，通常使用磁铁来控制这两根金属片的接通与否，因此又称其为磁控管。



图 2-12 干簧管的
电路图形符号



干簧管在手机中常常被用于翻盖式手机、折叠式手机的电路中。通过翻盖的动作，使翻盖上的磁铁控制磁控管闭合或断开，从而挂断电话或接听电话。

在采用干簧管结构的手机中，除有一个干簧管外，还有一个辅助磁铁。手机在通话时，磁铁应远离干簧管，故这类手机有个共同的特点，就是磁铁在翻盖上（翻盖式手机）或受话器旁（折叠式手机）。如果手机既不是折叠式，又不是翻盖式，则不需要采用干簧管。

干簧管本身是一种玻璃管，而玻璃易碎，所以干簧管很容易损坏，特别是摔过的手机尤其如此，因此目前一些新式的折叠式和翻盖式手机已不再采用干簧管，而采用了原理与干簧管类似的霍尔元件。

当干簧管损坏时，手机会出现一些很复杂的故障，如部分或全部按键失灵、开机困难、不显示等。因此，在检修手机开机困难、按键失灵、不显示等故障时，不可忘记对干簧管进行检查。

2.4.3 霍尔传感器

霍尔传感器的作用和干簧管一样，工作原理也非常相似，两者都是在磁场作用下直接产生通与断的动作。

霍尔传感器是一种电子元件，其外形封装很像晶体管，其内部原理结构和管脚排列如图 2-13 所示。

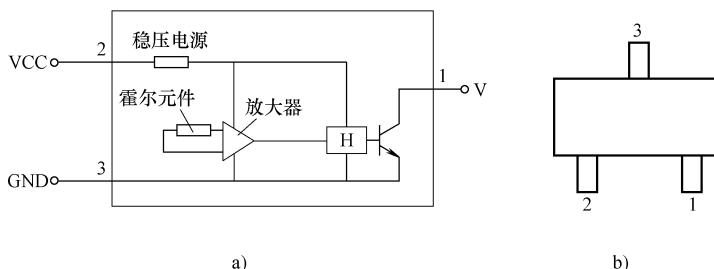


图 2-13 霍尔传感器

a) 内部原理结构 b) 管脚排列

霍尔传感器的内部由霍尔元件、放大器、施密特电路以及集电极开路的输出晶体管组成。当磁场作用于霍尔元件时产生微小的电压，经放大器放大并通过施密特电路后使晶体管导通，从而输出低电平；



当无磁场作用时晶体管截止，输出为高电平。

相对于干簧管来说，霍尔传感器的寿命较长，不易损坏，且对振动及加速度不敏感。作用时开关时间较快，一般为 $0.1\sim2\text{ms}$ ，较干簧管的 $1\sim3\text{ms}$ 要快得多。

2.5 滤波器

滤波器由集总参数元件R、L、C或其等效电路构成。其在手机电路中的作用是允许或不允许某部分信号经过，如果把滤波器比成一个筛子，则它要么是将有用的信号筛出来，要么是将无用的信号筛出去，最终的目的就是取出所需的信号。

2.5.1 滤波器的电路识别符号

滤波器在手机电路中的识别符号很不统一，有用字母“FL”来表示的，如摩托罗拉手机；有用字母“Z”来表示的，如诺基亚手机。

2.5.2 滤波器的分类

滤波器有很多种，按其制作材料、作用的不同有不同的分类。

1. 按制作材料分类

滤波器按所采用的材料可分为声表面波滤波器、晶体滤波器和陶瓷滤波器。

(1) 声表面波滤波器

声表面波滤波器是在单晶材料上采用半导体平面工艺制作，具有良好的一致性和重复性、极高的温度稳定性，还具有抗辐射能力强、动态范围大、不涉及电子迁移等特点，作为中频滤波器对信号进行滤波。

(2) 晶体滤波器

晶体滤波器具有品质因数高、衰减特性好、损耗小、选择性高等优点。

(3) 陶瓷滤波器

陶瓷滤波器是一种固体器件，具有滤波特性好、不需调谐、不受磁场干扰的特点，且造价低，在手机中常用作中频滤波器。可使中频



信号稳定，不易受外部磁场干扰。

2. 按所起的作用分类

滤波器其所起的作用可分为双工滤波器、射频滤波器、中频滤波器及低通滤波器等。

滤波器按通过信号的频率可分为高通滤波器（HPF）、低通滤波器（LPF）、带通滤波器（BPF）和带阻滤波器等。

高通滤波器只允许比某个频率 (f_1) 高（大于 f_1 ）的信号通过；低通滤波器只允许比某个频率 (f_2) 低（小于 f_2 ）的信号通过；带通滤波器只允许某个频率范围内的信号 ($f_1 \sim f_2$) 通过。

滤波器电路及其频率特性曲线如图 2-14 所示。

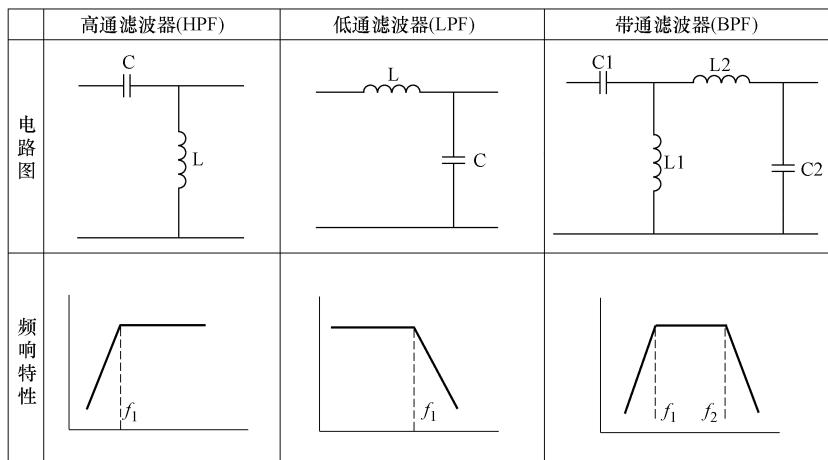


图 2-14 滤波器电路及其频率特性曲线图

3. 低通滤波器

在手机电路中，我们说低通滤波器，通常是指频率合成电路中的低通滤波器，它通常是一个 RC 电路。

RC 电路的不同形式在不同的地方分别被称为 RC 低通滤波器、RC 高通滤波器、微分电路、积分电路等。这些电路在某种形式上一样，但其电路参数不同，如 RC 低通滤波器与积分电路的电路形式很相似。

图 2-15a 所示的电路为 RC 低通滤波器及积分电路的基本形式；



图 2-15b 所示的电路为 RC 高通滤波器及微分电路的基本形式。从某种程度来说，图 2-15 中的 c 与 d 也可说是低通、高通滤波电路，但比较少用。

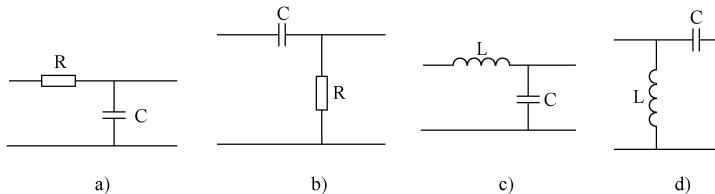


图 2-15 基本电容电阻电路

低通滤波器在手机的频率合成电路中是必需的，它滤除频率合成环路鉴相器输出信号中的高频成分。

信号和水一样，哪里对它的阻力小，它就流向哪里。这一点对于我们理解电阻、电容与电感构成的滤波器对信号的作用很有帮助。

在图 2-16 所示的低通滤波器电路中，假如含有“高频、高频 1 和低频”3 个成分的信号经过该电路，可以通过选取合适的元件参数，使 R1 和 R2 对高频信号的阻力远远大于 C1 对高频信号的阻力，则高频信号会走 C1 通道；若通过设置元件参数，使 R2 对“高频 1” 的阻力远远大于 R3、C2 电路的阻力，则“高频 1” 走 R3 和 C2 通道；那么，余下的低频信号经 R1、R2 输出。

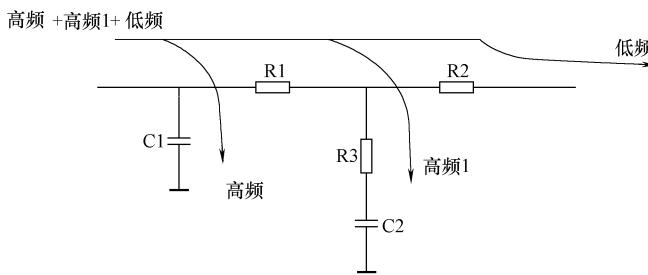


图 2-16 低通滤波器电路

4. 手机常用的滤波器

(1) 双工滤波器

手机是一个双工收发信机，它接收、发射信号。模拟手机常常需



借助双工滤波器来将接收与发射信号分开。而 GSM 手机既可用双工器来分离发射、接收信号，又可以用天线开关电路来分离发射、接收信号。

在相当一部分手机中，可以很快地判断出双工滤波器，因为其表面有“TX”（发射）、“RX”（接收）及“ANT”（天线）字样，即使一些双频手机，其双工滤波器也与之类似，如图 2-17 所示。

在手机电路中，双工滤波器常采用如下的图形符号，如图 2-18 所示。



图 2-17 双工滤波器

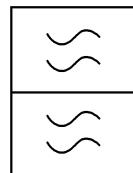


图 2-18 双工滤波器的
电路图形符号

双工滤波器有时也称“收发合成器”、“合路器”等。目前一些手机的天线开关电路采用的双信器，实际上也是一种带开关功能的双工滤波器。

在手机的双工滤波器中常采用由多个介质谐振滤波器构成的叉指状或梳状的介质谐振滤波器，它由一个介质谐振腔构成，具有工作频率高、 Q 值高、选择性能好的特点。介质谐振滤波器可由四钛酸钡等无机材料制成。当然，也有一些手机分别使用接收与发射滤波器。

在更换双工滤波器时应注意焊接技巧，否则可能损坏双工滤波器。

(2) 射频滤波器

射频滤波器通常用在手机接收机的低噪声放大器、天线输入电路及发射机输出电路部分。图 2-19 所示为射频滤波器实物图。

射频滤波器是一个带通滤波器，接收机滤波器只允许 GSM 接收

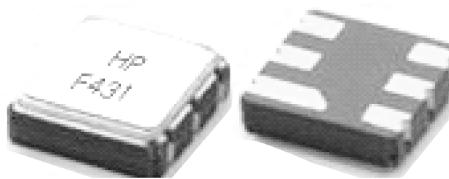


图2-19 射频滤波器实物图

频段的信号（935~960MHz）通过；发射机滤波器只允许GSM发射频段的信号（890~915MHz）通过。

射频滤波器的种类很多，但不管其形状或材料如何，所起的作用大都如此。

(3) 中频滤波器

中频滤波器是手机电路中的重要器件，它对接收机的性能影响很大。

手机接收机有超外差一次变频接收机和二次变频接收机，所以不同的手机可能其中频也不一样。

通常而言，接收机的第一混频器后面的第一中频滤波器较大，如图2-20所示，是大多数手机使用的接收中频滤波器（第一中频滤波器）。参照其一般的外观特点，可进行大部分手机的中频滤波器的判断，从而根据中频滤波器找到低噪声放大器及混频器。

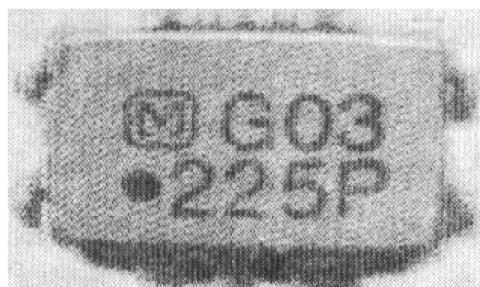


图2-20 第一混频器后面的中频滤波器

接收机的第二中频滤波器从外观上来说则比较小，一般如图2-21所示。

若一部手机的接收机有两个中频，则第二中频滤波器通常对接收机的性能影响更大，其损坏会造成手机无接收、接收差等故障。



2.5.3 滤波器的结构

下面简要介绍手机中常见的射频滤波器、中频滤波器的结构。按输入、输出方式来分，主要有以下几种结构形式。

1) 单脚输入单脚输出结构。这种滤波器的管脚虽然较多，但只有一个输入脚、一个输出脚，其余脚均接地。

2) 单脚输入、双脚输出结构。这种滤波器除具有滤波作用外，还具有平衡/不平衡转换的作用，也就是说，它可以将一路不平衡信号转换为两路平衡信号输出，此类滤波器除一个输入脚、两个输出脚之外，其余脚均接地。

3) 双路输入、双路输出结构。实际上，这种滤波器是一种双频滤波器，也就是说，滤波器内部有两个滤波器，一个工作于 GSM 频段，另一个工作于 DCS 频段，只不过是把这两个滤波器组合在一起而已。滤波器的两个输入端中，一个为 GSM 频段输入端，另一个为 DCS 频段输入端；两个输出端中，一个为 GSM 频段输出端，另一个为 DCS 输出端，其余脚均接地。

2.5.4 滤波器的检修

由于手机中的元器件均采用表面贴装形式，滤波器相对表面积较大，容易出现虚焊或接触不良，影响正常使用。特别是摔过的手机不能正常接收信号或信号变差，常是这些滤波器虚焊或性能变差造成的。此外，对于陶瓷滤波器还有因受潮而出现信号衰减过大的故障。因此在维修手机的过程中，对于接收信号不稳定或信号弱的手机，有时用天那水清洗和用热风枪吹焊一下接收电路的滤波器，故障就能排除。

2.6 SIM 卡与多媒体卡

前面，我们简要了解了手机 SIM 卡和多媒体卡的作用，这里我

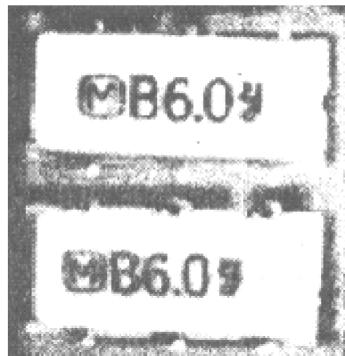


图 2-21 第二中频滤波器



们来对两者做一具体的了解。

2.6.1 SIM 卡

SIM (Subscriber Identity Module, 客户识别模块) 也称为智能卡、用户身份识别卡, GSM 数字手机必须装上此卡方能使用。它在一电脑芯片上存储了数字移动电话客户的信息、加密的密钥等内容, 可供 GSM 网络客户身份进行鉴别, 并对客户通话时的语音信息进行加密。其外形如图 2-22 所示。



图 2-22 手机 SIM 卡

SIM 卡上有 20 位数码。前面 6 位 (898600) 是中国的代号; 第 7 位是业务接入号, 在 135、136、137、138、139 中分别为 5、6、7、8、9; 第 8 位是 SIM 卡的功能位, 一般为 0, 现在的预付费 SIM 卡为 1; 第 9、10 位是各省的编码; 第 11、12 位是年号; 第 13 位是供应商代码; 第 14~19 位则是用户识别码; 第 20 位是校验位。

1. PIN 码

PIN 码是指 SIM 卡的密码, 存在于 SIM 卡中, 其出厂值为 1234 或 0000。激活 PIN 码后, 每次开机要输入 PIN 码才能登录网络。

SIM 卡有两个 PIN 码: PIN1 码和 PIN2 码。

我们通常讲的 PIN 码就是指 PIN1 码, 它用来保护 SIM 卡的安全, 是属于 SIM 卡的密码。PIN2 码也是 SIM 卡的密码, 但它跟网络的计费 (如充值卡的扣费等) 和 SIM 卡内部资料的修改有关。所以 PIN2 码是保密的, 普通用户无法用上 PIN2 码。不过, 即使 PIN2 码锁住, 也不会影响正常通话。也就是说, PIN1 码才是属于手机用户的密码。

在设置固定号码拨号和通话费率 (需要网络支持) 时需要 PIN2 码。每张 SIM 卡的初始 PIN2 码都是不一样的。如果 3 次错误地输入 PIN2 码, PIN2 码会被锁定。这时同样需要到营业厅去解锁。如果在不知道密码的情况下自己解锁, PIN2 码也会永久锁定。PIN2 码被永久锁定后, SIM 卡可以正常拨号, 但与 PIN2 码有关的功能再也无法使用。以上各种码的默认状态都是不激活。



2. PUK 码

PUK 码是用来解 PIN 码的万能钥匙，共 8 位。用户是不知道 PUK 码的，只有到营业厅由工作人员操作。当 PIN 码输错 3 次后，SIM 卡会自动上锁，此时只有通过输入 PUK 才能解锁。PUK 码共有 10 次输入机会。因此，用户千万不要自行去碰 PUK 密码，输错 10 次后，SIM 卡会自动启动自毁程序，使 SIM 卡失效。此时，只有重新到营业厅换卡。

3. SIM 卡的电路结构及工作原理

具体详见后文手机电路图解“SIM 卡和多媒体卡电路图解”部分。

2.6.2 UIM 卡与 USIM 卡

1. UIM 卡

UIM (User Identity Model) 卡是由中国联通公司倡导并得到国际 CDMA 组织支持的移动通信终端用户识别及加密技术。它支持专用的鉴权加密算法和 OTA (Over The Air) 技术，可以通过无线空中借口方式对卡上的数据进行更新和管理。图 2-23 所示为 UIM 卡实物图。

UIM 卡的功能类似于全球通 (GSM) 手机中使用的 SIM 卡，可进行用户的身份识别及通信加密。具体来说，CDMA 系统在 UIM 卡中存储的信息可以分为 3 类。

1) 用户识别信息和鉴权信息。主要是 IMSI 号码和 CDMA 系统的专有的鉴权信息，其中包括 A-Key、SSD-A 和 SSD-B。

2) 业务信息。CDMA 系统中与业务有关的信息存储在 HLR 中，这类信息在 UIM 卡中并不多，主要有短消息状态等信息。

3) 与移动台工作有关的信息。包括优选的系统和频段，归属区标识 (SID、NID 组) 等参数。

除上述保证系统正常运行的信息以外，用户也可以在 UIM 卡中存储自己使用的信息，如电话号码本等。



图 2-23 UIM 卡实物图



UIM卡采用了SIM卡一卡一号的便利使用方式，若不慎手机丢失，别人无法用其他的卡使用，用户只需拥有一张属于个人的UIM卡，插入任何一部配有UIM卡接口的手机即可应用。

2. USIM卡

USIM (Universal Subscriber

Identity Module) 卡就是我们所说的第三代手机卡。图 2-24 所示为 USIM 卡实物图。

USIM 也叫做升级 SIM，是在 UMTS 3G 网络的一个构件。

很多人认为在 3G 时代，绝大部分应用只能由手机实现，卡片上的有限资源只需实现认证功能就可以了。的确，3G 应用十分复杂，大部分的应用都不能通过一张 USIM 卡来单独完成。但 USIM 卡并不是只能做单纯的认证功能，事实证明，它正在逐步向移动商务平台，乃至最后的多应用平台过渡，在手机上实现电子钱包、电子信用卡、电子票据等其他应用已不再是难事。这一特点使 USIM 卡成为了不同行业跨领域合作、相互渗透经营的媒介，如银行可以参与电信的经营，反之亦然。

除能够支持多应用之外，USIM 卡还在安全性方面对算法进行了升级，并增加了卡对网络的认证功能，这种双向认证可以有效防止黑客对卡片的攻击。同时，USIM 卡的电话簿功能更为强大，最多可存入 500 个电话号码，并且针对每个电话，用户还可以选择是否录入其他信息，如电子邮件、别名、其他号码等。

2.6.3 多媒体卡

我们知道，手机多媒体卡的作用是存储数据和信息。如图 2-25 所示，为常见的手机多媒体卡的实物图。

平时我们经常会看到不同类型的多媒体卡，那么，就手机多媒体卡来说，它有哪些分类呢？

手机多媒体卡主要有 SM (Smart Meclia) 卡、MMC (Multi Media



图 2-24 USIM 卡实物图

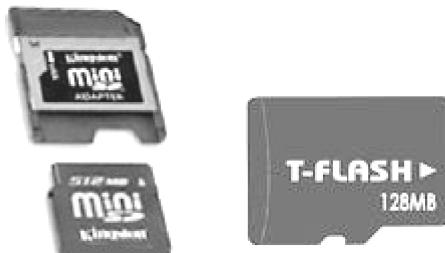


图 2-25 手机多媒体卡实物图

Card) 卡、MS (Memory Stick) 卡、SD (Secure Digital) 卡、TF (Trans Flash) 卡、CF (Compact Flash) 卡、XD (Extreme Digital) 卡等。

一般来说，目前手机中使用的多媒体卡常见的有 TF 卡和 SD 卡。

(1) SM 卡

SM 卡是由东芝公司和 Taec 公司于 1995 年 11 月发布的闪存卡。它受到了东芝公司、三星公司、索尼公司、夏普公司等众多厂家的支持。

SM 卡体积很小，且很轻很薄。存储卡上只有闪存模块和接口，而没有控制芯片，兼容性相对较差，不同厂家和不同设备及不同型号间的 SM 卡有可能互不兼容，目前容量为 128MB，常见的容量有 32MB 和 64MB。

(2) CF 卡

CF 卡最突出的特点就是兼容性非常好，因而被广泛应用。它是美国 SanDisk 公司 1994 年推出的，由于把闪存存储模块与控制器做在一起，这样 CF 卡的外部设备就做得比较简单而没有兼容性问题，特别是升级换代时，也可以保证与旧设备的兼容性，减少了用户的投资，而且几乎所有的操作系统都支持它。目前已经推出高达 4GB 的 CF 卡。

(3) MMC 卡

MMC 卡从英文含义上来理解就是多媒体卡的意思，它是由美国 SanDisk 公司和德国西门子公司于 1997 年共同开发的多功能存储卡。主要用于手机、数码相机、数码摄像机、MP3 等多种数码产品。它



具有体积小，质量轻的特点，并且耐冲击，可反复进行读写记录30万次以上，驱动电压为2.7~3.6V。目前常用的有64MB和128MB两种类型。

(4) MS卡

MS卡是Sony公司于1997年推出的移动存储器。其外形像一条口香糖，因此又被称为“口香糖”存储卡。具有写保护开关，内含控制器，采用10针接口，数据总线为串行，最高频率可达20MHz，电压为2.7~3.6V，电流平均为45mA。目前容量已达256MB。

(5) SD卡

SD卡即安全数码卡之意，它是由日本松下公司、东芝公司和美国SanDisk公司于1999年8月共同研制开发而成的。

虽然SD卡是根据MMC卡开发的，但基本上两者还是不同的产品，只是在设计时考虑到兼容问题，所以在大多数情况下这两种产品能够互换，是一款具有大容量、高性能，并且更为安全等多种特点的多功能存储卡。

SD卡比MMC卡多了一个进行数据著作权保护的暗号认证功能(即SDMI规格)。目前多用于手机、MP3、数码摄像机、电子图书、微型电脑、AV器材等。在2004年，其容量达到了2GB的水平，数据传输率也提升到10MB/s。

另外，SD卡的读写速度比MMC卡要快4倍，达2MB/s，并与MMC卡兼容，SD卡的插口大多支持MMC卡。从性能上看，两者最大的分别在于SD卡强调资料的安全性，可以通过特定的软件设置卡内程序或资料的使用权限，以避免用户肆意复制，损害所有者的利益。

(6) TF卡

TF卡是SanDisk公司于2004年10月26日宣布推出256MB的TF卡。

TF卡是目前世界上最小的闪存卡，约为SD卡的1/4，只有指甲大小。主要是为照像手机拍摄大幅图像以及能够下载较大的视频片段而开发研制的。

TF卡可以用来存储个人数据，例如数字照片、MP3、游戏及用



于手机的应用和个人数据等。

由于 TF 卡还可以内建操作系统及系统数据，手机制造商及网络商可设定存储组合、新增软件及升级应用。

(7) XD 卡

XD 卡很小，体积只有 SM 卡的一半，其闪存读写速度也是非常快的。

2.7 天线、地线与屏蔽

前面，我们已经大致了解天线、地线和屏蔽的作用，这里我们来做具体的了解。

2.7.1 天线

无线通信收发信机都需要使用天线，手机天线既是接收机天线又是发射机天线，由于手机工作在 900MHz 或 1800MHz 的高频段上，所以其天线体积可以很小。

在手机电路图上，天线通常用字母“ANT”表示，其电路图形符号如图 2-26 所示。

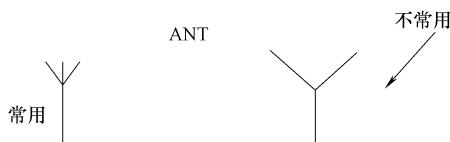


图 2-26 天线的电路图形符号

天线分为接收天线与发射天线。把高频电磁波转换为高频信号电流的导体就是接收天线；把高频信号电流转换为高频电磁波辐射出去的导体就是发射天线。

这里应注意的是，手机的天线有其工作频段，GSM 手机的天线工作在 900MHz 的频段；DCS 手机工作在 1800MHz 的频段；而 GSM/DCS 双频手机的天线则可工作在两个频段。

此外，手机天线还涉及阻抗匹配等问题，因此天线通常是不可以随便更换的。

2.7.2 地线

手机电路中的地线其实只是一个特定的概念，它不同于其他的器件，实际上找不出“地线”这么一个器件，它只是一个电压参考点。

一个复杂的电路中往往有许多的节点，而各个节点的电压可能又



不一样，那么如何来比较各个节点之间的电压呢？如果没有一个合适的基准，我们难以进行测量，难以进行电路中任意两点电压之间的比较，电路的分析也就难以进行。如果我们能在电路中选择一个参考，工作为测量的基准，那么电路中所有点的电压都可以用这个参考点与测量点之间的电压来表示，它们之间的比较和计算就变得很方便了，这个参考基准点就是电路中的地线。

在做手机电路图时，有时为了方便和图样的简洁，在同一张电路图中会呈现很多的接地线符号，这些地线的电路符号实际上是同一个含义，也就是说，在同一张电路图中，与各个地线符号相连的所有线路元器件实际上都是连接在地线这个公共点上。

一般情况下，在实际的手机PCB上，大片的铜皮都是“地”，在不同厂家的手机电路图中，我们常常可以看到如图2-27所示的地线符号。



图2-27 手机中常见的地线电路图形符号

2.7.3 屏蔽

手机电路在工作时常常需要防止外界的电磁干扰，这些干扰通常是指空中的电磁波干扰，或是来自其他方面的杂波干扰。

当手机电路中存在干扰时，电路往往不能正常工作或工作不理想。消除这些干扰常采用两种方法：一是对信号本身进行挑选，即滤波；二是采用“屏蔽”。

将需要避免干扰的电路置于金属材料的包围之中，再将金属材料与电路的地线相连，即可形成屏蔽，达到消除干扰的目的。因此，在部分手机中，若屏蔽接地不良，则可能造成手机接收效果差等故障。

我们通常可以在手机电路板上看到很多屏蔽罩，屏蔽罩的主要作用是防止高频信号的辐射对一些电路工作的影响。图2-28所示为手机屏蔽罩实物图。

在手机电路图中，带屏蔽的电路和屏蔽线的电路图形符号如图2-29所示。

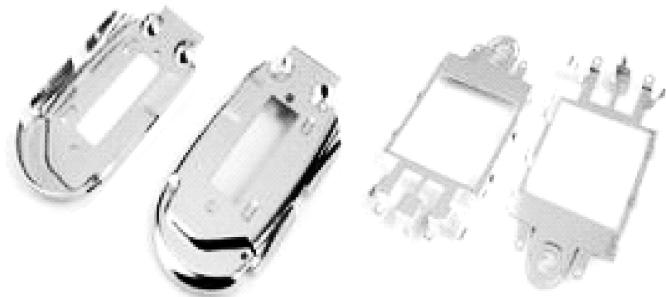


图 2-28 手机屏蔽罩实物图

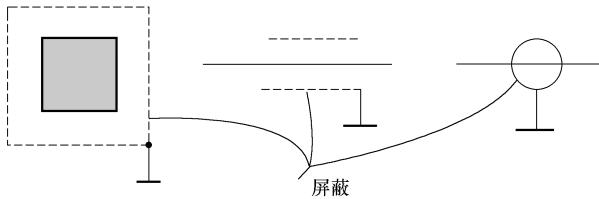


图 2-29 屏蔽电路图形符号

第3章 手机常用元器件的识别与检测

3.1 贴片电阻

电阻是手机电路中常用的一种电子元件，在电路中主要起分压、分流的作用。电阻是手机 PCB (Printed Circuit Board，印制电路板) 上最小的元件，均为表面贴片安装，称为贴片电阻。

3.1.1 电阻的电路符号及单位表示

1. 电阻的电路符号

电阻的电路图形符号通常如图 3-1 所示。

手机电路中一般电阻为贴片固定

电阻。在电路图中，电阻的字母表示为 R。

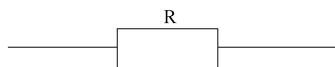


图 3-1 一般电阻图形符号

2. 电阻的单位表示

电阻都有一定的阻值，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。

电阻常用的单位为 Ω (欧姆)、 $k\Omega$ (千欧)、 $M\Omega$ (兆欧)。其换算关系为

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

$$1k\Omega = 1000\Omega$$

3.1.2 电阻的特性

在图 3-2 中，由于构成了一个闭合的电流回路，电阻必须消耗电能而发热，因此，它是一个耗能元件。在电路中，当发热量超过电阻本身的承受能力时，这个电阻就会因发热过度而烧毁。

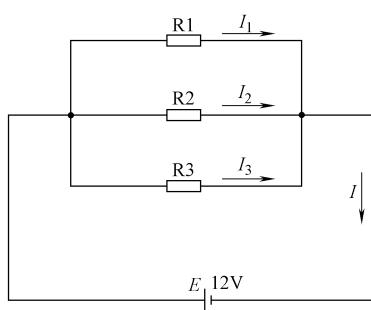


图 3-2 简单的直流电路



对信号来说，交流信号与直流信号都可以通过电阻，但都会有一定的衰减。

电阻器通常以串联或并联的形式在电路中出现。

1. 电阻的串联

两个电阻器首尾相接就是电阻器的串联，如图 3-3 所示。



图 3-3 电阻的串联

串联电路中电流处处相等，串联电路中的总电阻等于串联电路中各个电阻之和。

2. 电阻的并联

两个电阻器首与首、尾与尾相接就是电阻器的并联，如图 3-4 所示。

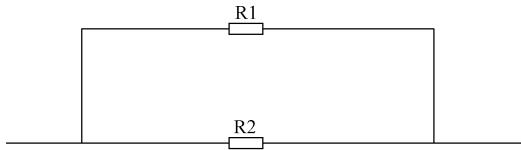


图 3-4 电阻的并联

在并联电路中，每个电阻器两端的电压相同，并联电路中的总电阻减小，总电阻的倒数等于并联电路中各个电阻倒数之和。即 $1/R_{\text{总}} = 1/R_1 + 1/R_2$

因此，当电路中需要较大的电阻时，可以加一个适当阻值的电阻器 R2 与电路中的电阻器串联；当电路中需要较小的电阻时，可用适当的电阻器 R2 与之并联。

3.1.3 贴片电阻的分类

1. 按体积分类

手机贴片电阻体积有大有小，通常有厚膜片状电阻（ $3.2\text{mm} \times 1.6\text{mm}$ ）及薄膜贴片电阻（ $2\text{mm} \times 1\text{mm}$ ）两种规格，目前常用为厚膜电阻，如图 3-5 所示。贴片电阻的阻值一般印制在电阻表面。



2. 按电路要求分类

按照电路要求不同，手机的贴片电阻可以分为以下几种类型。

(1) 矩形贴片电阻

矩形贴片电阻按照材料可以分为金属膜电阻和碳膜电阻。

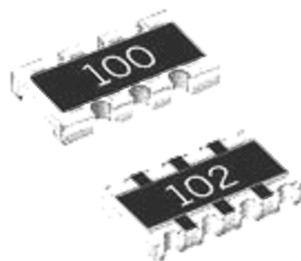


图 3-5 应用于手机的厚膜贴片电阻

跨接线电阻的外形同普通贴片电阻，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，这类电阻的阻值虽小，但要求精度比较高，功率也相对较大。

(4) 组合式贴片电阻

组合电阻实物如图 3-6 所示。

组合式贴片电阻在手机中应用较多，它主要有以下几种排列方式：

1) 两个电阻组合。譬如，早期诺基亚 8210 型手机的 R120、R122、R540、R541、R533。

2) 3 个电阻组合。3 个电阻组合在一起的元件多用在滤波电路里，这种元件本身不是 π 形滤波器。譬如诺基亚 8210 型手机的 R805。

3) 4 个电阻组合。这种元件在手机的 TXI/Q、RXI/Q 电路和总线电路里应用较多。譬如早期诺基亚 5510 型手机的 R101、R102。

(5) 贴片式热敏电阻

手机里还有一类很重要的电阻——热敏电阻。我们知道，手机电池在充电时要检测电池温度，产生温度检测信号，用以确定初始充电条件、停止充电条件及充电中断后的再充电条件等，热敏电阻符号为 RT。

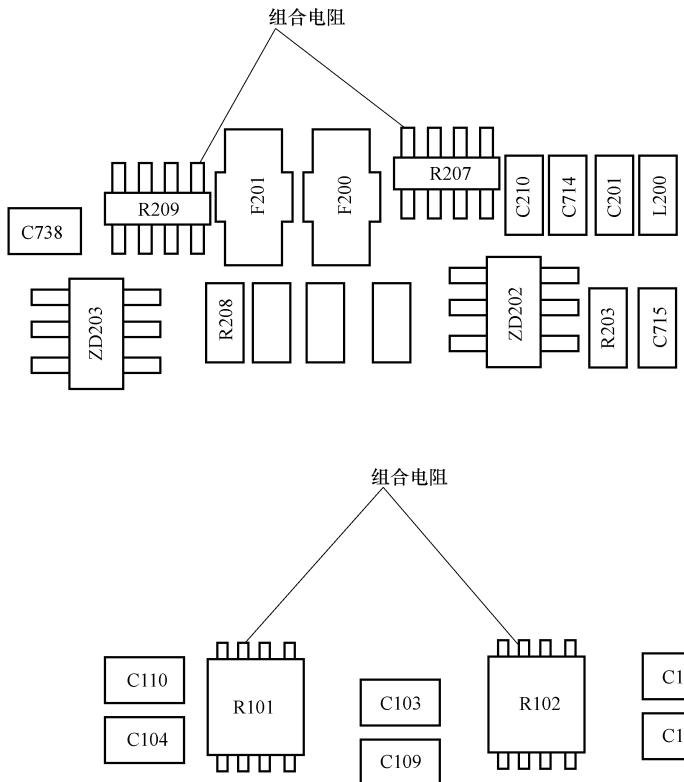


图 3-6 组合电阻实物

3.1.4 贴片电阻的识别

手机贴片电阻基本上都是两端为银白色，中间大部分为黑色，如图 3-5 所示。

手机电阻的阻值标法通常有色环法、数字法。色环法在一般的电阻上比较常见。由于手机电路中的电阻一般比较小，很少被标上阻值，即使有，一般也采用数字法，即

101——表示 100Ω 的电阻；

102——表示 $1k\Omega$ 的电阻；

103——表示 $10k\Omega$ 的电阻；

104——表示 $100k\Omega$ 的电阻；



105——表示 $1\text{M}\Omega$ 的电阻；

106——表示 $10\text{M}\Omega$ 的电阻。

譬如，一个电阻上标为223，则这个电阻为 $22\text{k}\Omega$ 。当阻值小于 10Ω 时，以*R*表示，将R看作小数点，如5R1表示 5.1Ω 。

色环电阻上一般颜色的表示数字见表3-1。

表3-1 色环电阻上一般颜色的表示数字

颜 色	第一环	第二环	第三环
黑	0	0	10^0
棕	1	1	10^1
红	2	2	10^2
橙	3	3	10^3
黄	4	4	10^4
绿	5	5	10^5
蓝	6	6	10^6
紫	7	7	
灰	8	8	
白	9	9	

3.1.5 贴片电阻的检测

电阻的检测通常使用指针式万用表，指针式万用表有专门的欧姆档。其检测方法如下。

1. 万用表的调试

将红、黑表笔插入相应的插孔，红表笔插入标有红色“+”号的插孔，黑表笔插入标有黑色“-”号且有英文COM的插孔。若红、黑表笔接反或万用表内部电池接反，测量直流电压、直流电流、电阻或线路的通断时，指针会反偏。

将转换开关拨到相应的欧姆档（“Ω”标志）。检测电阻之前，要进行欧姆调零。若没有进行欧姆调零，则测量电阻时，读取的数值会有较大的误差。

欧姆调零的方法是将红、黑表笔短接。旋转指针调零旋钮使指针指示在最右边“0”刻度处（见图3-7）。测量电阻时，每更换一次测量档位，都要进行表头指针偏转调零。

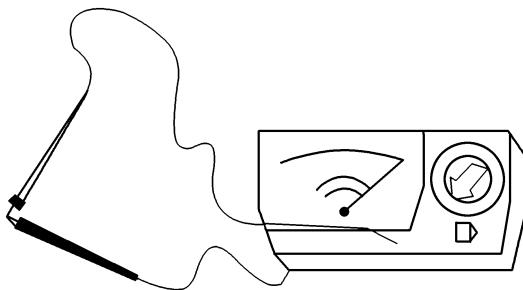


图 3-7 欧姆调零

2. 电阻的检测

用指针式万用表检测贴片电阻的示意图如图 3-8 所示。

在进行实际手机故障

检修时，如怀疑某电阻变质或失效，则不方便直接在电路板上测量电阻值，因被测电阻两端存在其他电路的等效电阻，正确方法是先将电阻从电路板上拆下，再选择合适的欧姆档进行测量。

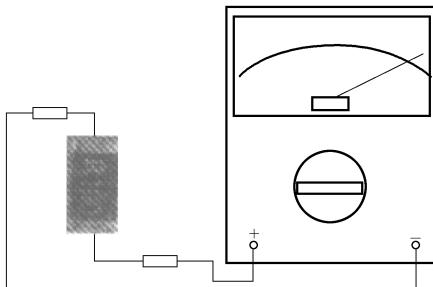


图 3-8 用指针式万用表检测贴片电阻示意图

如果所测电阻值为无穷大，则表明电阻器内部已断路；如果所测电阻值为 0Ω ，则电阻内部发生了短路。

以上两种结果都说明电阻已损坏。一般电阻的自然损坏多为开路或阻值变大。在电路中，若存在短路情况，多数是人为造成的。

3.2 贴片电容

和电阻一样，电容也是手机电路中使用较多的电子元件。其主要物理特征就是存储电荷（即电能），电容在电路里主要起耦合、滤波、隔直流、旁路等作用。手机电容在 PCB 上贴片安装，称为贴片电容。



3.2.1 电容的电路符号及单位表示

1. 电容的电路符号

电容的种类很多，在电路图中，电容的基本电路图形符号如图3-9所示。

无论哪一种电容，在电路中都是以字母“C”来表示，在字母“C”后加数字表示不同的电容。

2. 电容的单位表示

在国际单位制中，电容的单位用法拉（F）表示，但F的单位太大，通常使用微法（ μF ）、皮法（ pF ），其换算关系为

$$1\text{F} = 10^6 \mu\text{F}$$

$$1\mu\text{F} = 10^6 \text{pF}$$

3.2.2 电容的特性

和电阻相比，电容的性质相对要复杂一些。

电容最基本的特征就是能存储电荷。如果两个金属极板加上电压，则电容上存有上正下负的电荷，电场方向由上至下（即由正指向负），如图3-10所示。

若在电容的两端加上一定的电压，它存储电荷能力的大小为：存储的电荷量愈多，则电容量愈大；存储的电荷量愈少，则电容量愈小。

在手机维修入门阶段，应记住其以下特性。

1. 电容两端的电压不能突变

向电容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“充电”；而电容中的电荷消失就像将容器中的水倒空一样，我们把这个过程称为“放电”。

在充电或放电的过程中需要一点时间，因此电容两端的电压不能

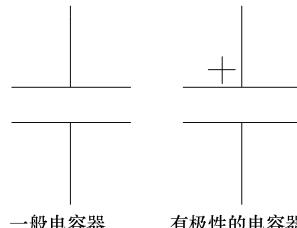


图3-9 电容的电路图形符号

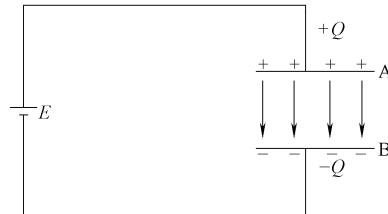


图3-10 电容存储电荷示意图



突变。

2. 电容通交流、隔直流，通高频、阻低频

(1) 通交流、隔直流

电容通交流、隔直流的基本应用电路如图 3-11 和图 3-12 所示。

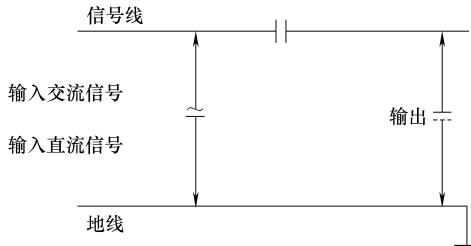


图 3-11 电容耦合电路

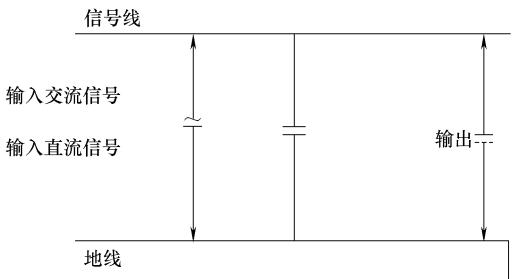


图 3-12 电容滤波电路

在图 3-11 中，电容是串联在信号电路中的，从左边输入交直流混合信号，输出端只有交流信号了，即隔离了直流信号，直流信号不能经过电容到其他电路中去。

在图 3-12 中，电容是并联在信号线与地线之间的，从左边输入交直流混合信号，输出端只有直流信号了，这样这条信号线的直流成分更加纯净了，我们通常把电容在电路中的这种接法所起的作用称为“滤波”，就是将不需要的交流信号过滤掉（即旁路到地）。

(2) 通高频、阻低频

电容通高频、阻低频的基本应用电路同上，在使用中，仅电容量小一些。



(3) 容抗

电容对信号也有阻力，我们把它称为容抗。信号通过电容后，其幅度会发生变化，即电容输出端的信号幅度明显小于输入端的信号幅度。

电容对信号的阻力与信号频率和本身电容量的大小都有关系。此阻力随信号频率的升高而减小，随信号频率的降低而增大；电容量增大而阻力减小，电容量变小而阻力增大（即容量小的电容使高频信号比较容易通过，对低频信号的阻力较大，所以低频信号难以通过）。

3. 电容通常以串联或并联的形式在电路中出现

(1) 电容的串联

两个电容首尾相接就是电容的串联，如图 3-13 所示。



图 3-13 电容的串联回路示意图

电容的串联使电容的总电容量减小， $1/C_{\text{总}} = 1/C_1 + 1/C_2$ 即总电容量的倒数等于串联电路中各个电容器的电容量倒数之和。

(2) 电容的并联

两个电容首与首、尾与尾相接就是电容的并联，如图 3-14 所示。

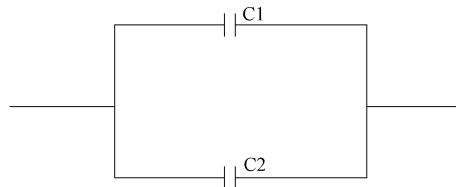


图 3-14 电容的并联回路示意图

在并联电路中，并联使总电容量增大， $C_{\text{总}} = C_1 + C_2$ 即总电容量等于并联电路中各个电容的电容量之和。

因此，当电路中需要比较大的电容，但手中只有小电容时，可以



加一个适当容量的电容 C2 与板上电容并联即可得到大电容；当电路中需要一个较小的电容时，可用适当的电容 C2 与之串联也可得到小电容。

3.2.3 贴片电容的分类

电容的种类很多，分类方法也很多。按是否可调通常分为固定电容、可变电容两大类；按介质材料分，常见的有空气介质电容、油浸纸介电容、固体介质（云母、纸介、陶瓷、薄膜等）电容以及电解电容；按有无极性可分为有极性电容（电解电容是分正、负极性的）和无极性电容。

在手机中可以见到的固定贴片电容有瓷介电容、薄膜电容、钽电解电容、变容二极管电容。其中，瓷介电容和薄膜电容是无极性电容，钽电解电容是有极性电容。

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；对环境温度具有优良的稳定性和可靠性。

2. 薄膜电容

薄膜电容按额定电压来分，DC25V 电容量范围为 $0.001 \sim 0.15\mu F$ ；DC16V 的电容量可做到 $0.22\mu F$ ，外形尺寸有 $8mm \times 3mm \times 1.8mm$ （长 \times 宽 \times 厚）和 $6.0mm \times 4.1mm \times 1.8mm$ 两种。

3. 贴片钽电解电容

钽电解电容单位体积容量较大，超 $0.33\mu F$ 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，代号分别为“10”和“8”，这两种产品都是超小型，自动组装。

3.2.4 贴片电容的识别

手机电路中贴片电容的外观与贴片电阻的外观有一点相似，两端都为银白色，但固定电容中间的颜色多为棕色、灰色或黄色，如图 3-15a 所示。

电解电容个头稍大，无极性电容很小。手机中的电解电容，在其

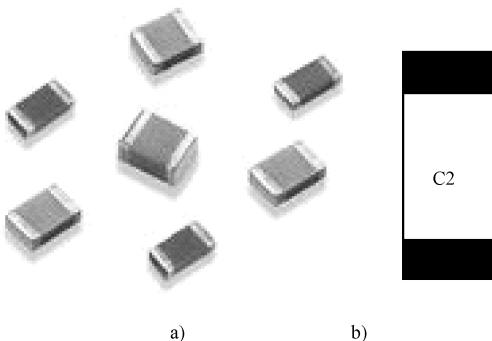


图 3-15 手机贴片电容
a) 实物图 b) 电容的标示

一端有一较窄的暗条（暗条即是一条色带，此色带通常是深黄色，黑色电解电容的色带通常是白色），表示该端为其正极。

手机中的电容大部分由于体积很小则未标出其容量。而个头稍大的电容器表面常标出两个字符，如图 3-15b 所示。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，元件的单位为 pF，它们的含义见表 3-2。

表 3-2 贴片电容标识对照表

字母	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	P	Q	R	S
有效数字	1	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.7	3	3.2	3.6		3.9	4.3	4.7
字母	T	U	V	W	X	Y	Z	a	b	c	d	e	f	m	n	l	Y
有效数字	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1	2.5	3.5	4		4.5	5	6	7	8	9

譬如，一个电容标注为 G3，通过查表，查出 $G = 1.8$, 3 表示 $\times 10^3$ ，那么，这个电容器的标称值为 $1.8 \times 10^3 \text{ pF} = 1800 \text{ pF}$ 。

如图 3-15b 所示的 C2 表示该贴片电容的电容量为 $1.2 \times 10^2 \text{ pF} = 120 \text{ pF}$ 。

3.2.5 贴片电容的检测

手机贴片电容的检测一般用指针式万用表来进行。

指针式万用表对电容的检测是利用电容的充放电原理来进行的。电容的容量大，充电的电流就大，充电的时间就长，万用表的指针偏



转就大，指针回归的时间就长；电容的容量小，充电的电流就小，充电的时间就短，万用表的指针偏转相对就小，指针回归的时间就短。

因此，在对贴片电容进行检测时，应先对电容的大致容量做个估计，一般 $1\mu\text{F}$ 以上的电容使用 $\text{R} \times 1\text{k}$ 以下的欧姆档位测量， $1\mu\text{F}$ 以下的较小容量的电容可使用 $\text{R} \times 1\text{k}$ 以上的欧姆档位测量。

欧姆档可以检查电容是否击穿短路。在手机电路中，通常还需要检查电容是否断裂（特别是棕色、灰色的固定电容）、脱焊等。在电路中，若用示波器检测后发现交流通道中的电容两端的信号相差太大，则应更换该电容。

1. 容量较大的电容（电解电容）的检测

大容量的贴片电容特别是电解电容（注意电解电容是有正、负极性之分的）的测量如图 3-16 所示。

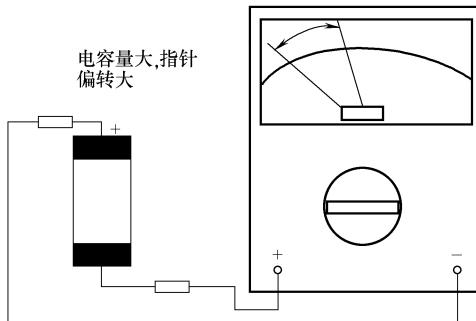


图 3-16 容量较大的贴片电容的检测

当黑表笔（万用表内部电池的正极）接电解电容的正极，红表笔（万用表内部电池的负极）接电解电容的负极时称为正测。反之称为反测。正测和反测的情况是不同的。

（1）电解电容的正测

在电解电容的正测时，万用表的指针摆动较大，再慢慢回归到左边无穷大（即符号 ∞ ）处（回归时间视电解电容的容量而定），容量越大，充电时间越长，指针回归得越慢。

正测时指针能回到 $500\text{k}\Omega$ 以上的位置，说明电容基本上是好的。如指针不能回到左边无穷大处，所指示的数值小于 $500\text{k}\Omega$ ，则说明有



一定的漏电现象，阻值越小说明漏电越大。如果指针指示为零后不动，则说明该电容已经击穿短路了。

(2) 电解电容的反测

电解电容反测时，万用表的指针摆动也较大，指针回归得较慢，且一般都不能回归到原点。此时有一定的阻值，电容量越大，测试的阻值就越小，指针就越难回到原点处。此时并不说明该电容是损坏的，因为反测时，测试表笔的极性与电解电容的极性相反，有一定的漏电现象是正常的。电容量越大，反测时的漏电现象就越严重。因此，电解电容的使用是要考虑电路极性的，使用时，原则上是不能接反极性的。否则，会引起爆裂现象。

2. 容量较小的电容测量

将贴片电容放在工作台面上，使贴片面朝天，然后用万用表两支表笔同时触碰电容的两引脚，触碰瞬间注意观察万用表的指针会出现小幅度的摆动，这就是电容器的充电过程。容量较小的贴片电容的测量如图 3-17 所示。

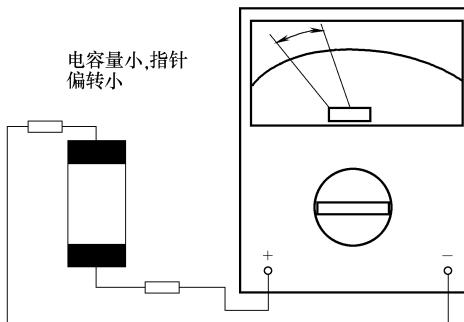


图 3-17 容量较小的贴片电容的测量

把万用表的两支表笔对调过来（可反复操作），再同时触碰电容的两引脚，触碰瞬间注意观察万用表的指针又会出现小幅度的摆动，这就是电容放电和反充电的过程。

经上述两步骤的测试，电容有充放电过程则说明该电容基本上是好的，如没有充放电过程则说明该电容已失效或引线开路，不能使用。



这里要注意的是：当容量较小时尽量选用 $R \times 10k$ 档，过小容量的电容即使选用 $R \times 10k$ 档进行测量，也很难观察到微小幅度的摆动（即超出了万用表的测量范围），此种情况下切勿以为是该电容坏了（内部失效或开路）。

如果测试时万用表指针有摆动，且固定在一定的位置上不动，或指针摆动不能回到原点处，则说明该电容有漏电现象。

如果万用表指针摆动很大甚至指示到零，不再回归，则说明该电容已经击穿短路了。

3.3 贴片电感

电感是一个电抗元件，它在手机电路中也经常使用。将一根导线绕在铁心或磁心上，或一个空心线圈，这就是一个电感。电感的主要物理特征是将电能转换为磁能并存储起来，也可以说，它是一个存储磁能的元件。

电感在手机中广泛应用于射频部分和电源部分，如天线回路、高频谐振回路、本机振荡回路和电源部分的升压线圈等，起扼流、滤波、退耦、振荡耦合、电磁感应、阻抗变换、变换相位等作用。

手机电感在 PCB 上贴片安装，称为贴片电感。

3.3.1 电感的电路符号及单位表示

1. 电感的电路符号

电感的电路图形符号如图 3-18 所示。

在电路图中，电感的字母符号用“L”表示。



图 3-18 电感的电路图形符号

2. 电感的单位表示

在国际单位制中，电感的单位用亨利（H）表示。在实际应用中，由于 H 太大，通常使用毫亨（mH）和微亨（ μ H），其换算关系是

$$1H = 10^3 mH$$

$$1mH = 10^3 \mu H$$



3.3.2 电感的特性

电感在电路中的某些特殊性质与电容相反。其在电路中的作用是通直流、阻交流，通低频、阻高频。

电感接到直流电路时，由于直流电的大小和方向没有变化，不会产生自感现象，因此可以顺利通过。

电感接到交流电路时，由于交流电的大小和方向在不断地变化，因此，电流的变化引起了磁场的变化。变化的磁场在电感的两端产生与电流极性相反的感生电动势（电压），对电流产生阻碍作用，这种现象叫做“自感”。自感现象对交流电产生了较大的阻抗。交流电的频率越高，通过电感的阻碍作用越大，频率越低，阻碍作用越小。

这里，我们应具体记住电感的以下特性。

1. 电感通直流、阻交流，通低频、阻高频

(1) 通直流、阻交流

电感在电路中的基本应用形式如图 3-19 所示。

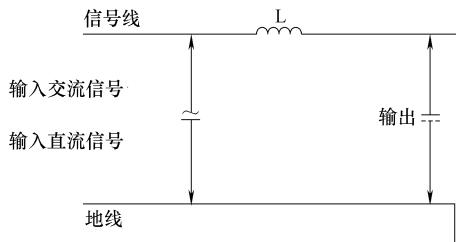


图 3-19 电感在电路中的基本应用形式

图 3-19 中，电感是串在信号电路中的，从左边输入交直流混合信号，输出端只有直流信号了，即阻碍了交流信号的通过，交流信号不能经过电感到其他电路中去。

(2) 通低频、阻高频

电感通低频、阻高频的基本应用形式同上，在使用中，仅电感量小一些。

2. 感抗

电感对信号的阻力与信号频率和本身电感量的大小都有关系。此阻力随信号频率升高而增大，随信号频率的降低而减小；电感量变大



则阻力增大，电感量变小则阻力减小（电感量小的电感使低频信号比较容易通过，对高频信号的阻力较大，因而高频信号难以通过）。

我们把电感对交流信号的阻力称为感抗，单位是欧姆。

在实际电路应用中，电感常与电阻、电容一起组成多种功能的电路。简单地说，就是构成不同形式的滤波器，滤波器就像一个筛子，通过它可以把有用信号和无用信号分开。

3.3.3 贴片电感的分类

电感的种类很多，分类方法也很多，按是否可调通常可分为固定电感、可变电感两大类；按导磁体性质分，常见的有空心线圈、铁氧体线圈、铁心线圈和铜心线圈；按工作性质分，有天线线圈、振荡线圈、扼流线圈、陷波线圈和偏转线圈。

手机中的电感为固定电感。它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。

按照电感的工作原理，手机中主要用到以下几类电感。

1. 绕线型贴片电感

绕线型贴片电感的基本结构和制造方法，是在选定的磁心上绕上线圈，再加上端电极。因此它实际上是对传统的绕线型电感进行改进，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。端电极又被称为外部端子，常使用金属片或金属涂覆后烧结而成，取代了传统的插装式引线。

绕线型贴片电感的种类很多，主要有工字形结构绕线型贴片电感、槽形结构绕线型贴片电感和腔体结构绕线型贴片电感。

2. 多层片式电感

这种结构的电感和多层型陶瓷电容相似。制造时由铁氧体浆料和导电浆料交叉印制叠层后，经高温烧结后形成。

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。如图 3-20 所示。

微带线并不属于独立的电子元件，它在电路中起着电感的作用。

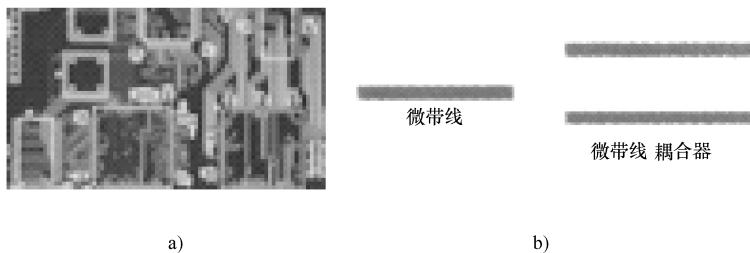


图 3-20 微带线

a) 实物图(局部) b) 电路图形符号

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的传输；二是微带线与其他固体元件如电感、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。微带线的起点和终点是相通的，但绝不能将始点和终点短接。

3.3.4 贴片电感的识别

与手机板上的电阻、电容不同的是，手机电路中的贴片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；但有的电感的外观形状和电阻、电容相差不大，很难判断。

手机电路中比较常见的电感外观有：两端是银白色，中间是白色；或是两端是银白色，中间是蓝色。通常，手机电源电路中的电感体积比较大，一般为圆形或方形，容易辨认。图 3-21 所示为手机中贴片电感的实物图。

除专门的电感线圈（色码电感）外，电感量一般不专门标注在线圈上，而以特定的名称标注。

3.3.5 贴片电感的检测

在手机电路中，贴片电感若损坏，则通常是电感开路，可以用指针式万用表的欧姆档进行检测。正常情况下，一般电感线圈的直流电阻值应很小（为零点几欧至几欧）。当测得的线圈电阻为无穷大时，

图 3-21 手机贴片电感
实物图



表示线圈内部或引出线端已断线，则应更换电感。

这里要注意的是，在测量时，线圈应与外电路断开（也可以在路测量），以避免外电路对线圈的并联作用而造成错误的判断。

通常来说，手机中的贴片电感主要出现在射频电路中。用指针式万用表测量贴片电感通断的示意图如图 3-22 所示。

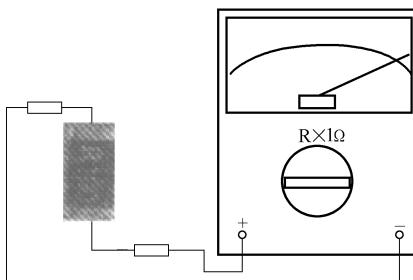


图 3-22 万用表测量手机贴片电感通断示意图

3.4 贴片半导体二极管

半导体二极管一般简称二极管。它是用一个 PN 结做管心，在 PN 结的两端分别引出电极，并把它们封装起来而成的。二极管有两个电极，分别称为正极（阳极）和负极（阴极）。

手机二极管在 PCB 上贴片安装，称为贴片二极管。

3.4.1 二极管的电路符号

一般二极管的图形符号如图 3-23 所示，其中三角箭头表示正向电流的方向，即正向电流从二极管的正极流入，负极流出。

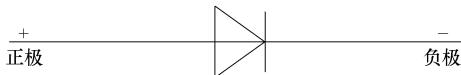


图 3-23 二极管的基本图形符号

二极管在一般电路图中用字母 VD 表示。但二极管在手机电路图中的表示字母不像电阻、电容那样固定，主要看图形符号来判断该器件是否是二极管。



3.4.2 二极管的特性

普通二极管具有以下特性。

1. 单向导电特性

二极管由 PN 结构成，PN 结加正向电压（P 区的电位高于 N 区的电位）能导通电流，PN 结加反向电压（N 区的电位高于 P 区的电位）就难以导通电流。这表明 PN 结具有单向导电性。

二极管的单向导电性测试示意图如图 3-24 所示。

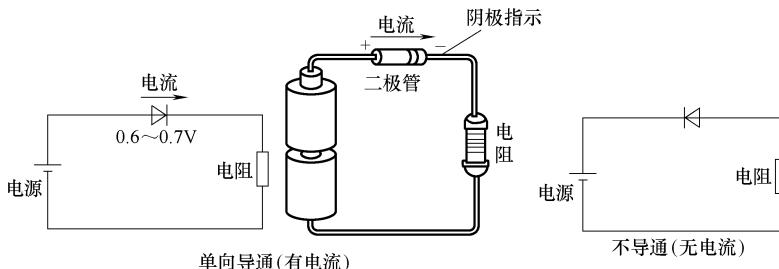


图 3-24 二极管的单向导电性测试

2. 导通起始电压

导通起始电压是指二极管加上正确的工作电压开始有工作电流时 P 与 N 之间的电压。

硅材料二极管的导通起始电压是 0.6 ~ 0.7V；锗材料二极管的导通起始电压是 0.2 ~ 0.3V。

3.4.3 贴片二极管的分类

二极管的种类与用途较多，可分为普通二极管、稳压二极管、变容二极管、发光二极管、光敏二极管等。

手机贴片二极管多为黑色的硅管，常见的有以下几种。

1. 普通二极管

普通二极管是利用二极管的单向导电性来工作的，有两个引脚，一般为黑色，在其一端有一白色的竖条，表示该端为负极。普通二极管的电路图形符号如图 3-23 所示。

(1) 用数字式万用表检测二极管

利用指数字式万用表检测二极管时，将数字式万用表打到二极管档，将红表笔接二极管的正极，黑表笔接到二极管的负极，此时，万



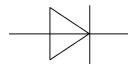
用表屏幕上显示 3 位数字，如“702”等，说明管子有 0.7V 左右的压降，二极管为好管，否则为坏管。

(2) 用指针式万用表检测二极管

利用指针式万用表检测二极管时，把万用表拨到“欧姆档”，一般用 $R \times 100$ 或者 $R \times 10$ 档（注意，不要用 $R \times 1$ 或 $R \times 10k$ 档，因为用 $R \times 1$ 档，表内电流太大，而 $R \times 10k$ 档表内电压太高，容易烧坏管子），用表笔分别正、反向测量二极管的两端。若测得正向电阻无穷大，则管子内部已断路；若测得反向电阻太小，则管子内部已短路。

2. 整流二极管

整流二极管的功能就是将交流电信号变成单向脉动直流电压，它是 PN 结单向导电性的直接应用。整流二极管的电路图形符号如图 3-25 所示。



为了满足负载对电流的需要，二极管应能通过足够的电流而不损坏，而且当电路出现反向电压时不会反向导通而出现反向电流。

满足上述要求的二极管，就可以称为整流二极管。

由于电路工作频率的不同，整流二极管还有普通整流管和快恢复整流管之分。

普通整流管用于低频电路中的整流，快恢复整流管用于高频电路中的整流。在手机电路中，升压二极管实际上就是高频整流二极管。如摩托罗拉系列手机中，按开机键后，启动了电源模块，电源模块外围的振荡线圈（也叫升压线圈）与内部电路构成振荡电路，产生 5.6V (P—P) 的升压脉冲（将电池 3.6V 的电压升为 5.6V (P—P) 的脉冲），经过高频整流二极管整流及电容滤波后得到 5.6V 的直流电压，然后送到电源模块内部的各路稳压器稳压，从而输出了各路电压。

3. 稳压二极管

稳压二极管是一种特殊的面接触型半导体硅二极管，其 $V-A$ 特性曲线与普通二极管相似，但反向击穿特性曲线比较陡。稳压二极管工作于反向击穿区，由于它在电路中与适当电阻配合后能起稳定电压



的作用，故称为稳压二极管，其图形符号如图 3-26 所示。

稳压二极管的反向电压在一定范围内变化时，反向电流很小，当反向电压增高到击穿电压时，反向电流突然剧增，稳压二极管反向击穿，此后，电流虽然在很大范围内变化，但稳压二极管两端的电压变化很小，利用这一特性，稳压二极管在电路中能起稳压作用。而且，稳压二极管与其他二极管的不同之处就是其反向击穿是可逆的，当去掉反向电压之后，稳压二极管又恢复正常，但如果反向电流超过允许范围，稳压二极管将会发热击穿而损坏，所以，与其配合的电阻往往起限流作用。

在手机电路中，稳压二极管常用于受话器电路、振动器电路和铃声电路。由于手机电路所使用的受话器、蜂鸣器和振动器都带有线圈，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，稳压二极管就是用来防止这个反峰电压引起电路损坏的。另外，手机的充电电路、电源电路也较多地采用了稳压二极管。

4. 瞬态电压抑制二极管

瞬态电压抑制二极管是在稳压二极管的工艺基础上发展起来的一种器件，主要应用于对电压的快速过电压保护电路中。双向瞬态电压抑制二极管的图形符号如图 3-27 所示。

当瞬态电压抑制二极管两端电压高于额定值时，会瞬间导通，两端电阻以极高的速度从高阻改变为低阻，从而吸收一个极大的电流，将管子两端的电压钳位在一个预定的数值上。

手机中主要用在接口电路中，防止外界串入的高压脉冲损害手机。

5. 变容二极管

变容二极管的图形符号如图 3-28 所示。

在前面电容一部分中，我们曾提到过变容二极管，这里我们来作具体的了解。

变容二极管是利用 PN 结空间电荷的特性原理制成的特殊二极管，其 V-A 特



图 3-26 稳压二极管图形符号



图 3-27 双向瞬态电压抑制二极管

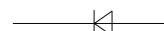


图 3-28 变容二极管图形符号



性、极间结构与普通二极管相同，所不同的是，外加反向电压可改变二极管空间电荷区的宽度，从而改变结电容量的大小，在一定的反向偏压下，变容二极管呈现一个较大的结电容 C_j 。结电容 C_j 对反向电压变化比较灵敏，其大小随反向电压的大小而变化，在一定的范围内，反向电压与结电容成反比，即：如果变容二极管两端的电压上升，则它的结电容减小；如果变容二极管两端的电压下降，则它的结电容变大，这个变化规律称为变容二极管的压容特性。

与一般的二极管不同的是，变容二极管需要反向电压才能正常工作，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器件，通常用于振荡电路，与其他元器件一起构成 VCO（压控振荡器）。在 VCO 电路中，主要利用变容二极管的结电容随反向偏压变化而变化的特性，通过改变变容二极管两端的电压，便可改变变容二极管电容的大小，从而改变振荡频率。

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个压控振荡器。变容二极管既然是一个电压控制器件，那么它所在的电路就有一个电压控制信号。在手机电路中，这个电压控制信号来自频率合成环路中的鉴相器输出端。

6. 肖特基二极管

在部分手机，特别是诺基亚手机电路中，有时会使用肖特基二极管兼做混频器。肖特基二极管的图形符号如图 3-29 所示。



图 3-29 肖特基二极管图形符号

肖特基二极管具有高频高速整流特性
(正向导通电压 0.4V 左右)，常用于发射电
路的发射功率采样信号的高频整流，把发射载频采样信号整流为脉冲
直流信号（整流就是把交流变为直流），用于自动功率控制。

7. 发光二极管 (LED)

发光二极管在手机中主要被用来作背景灯及
信号指示灯，早期的有些手机的显示器也使用
LED 的显示器。发光二极管的图形符号如图 3-30
所示。



图 3-30 发光二极管图形符号



发光二极管一般分发红光、绿光、黄光等几种，发光二极管的发光颜色取决于制造材料。发光二极管对工作电流有要求，一般为几毫安至几十毫安，发光二极管的发光强度基本上与发光二极管的正向电流成线性关系，但如果流过发光二极管的电流太大，就有可能造成发光二极管损坏。

在实际运用中，一般在发光二极管电路中串接一个限流电阻，以防止大电流将发光二极管损坏。发光二极管只工作在正向电压状态，正常情况下，发光二极管的正向电压在 $1.5 \sim 3V$ 之间。

判断发光二极管好坏的方法有以下两种：

1) 不用将发光二极管从印制电路板上拆下，直接可用万用表的欧姆档测量好坏。将指针式万用表打到 $R \times 1000$ 档，将黑表笔接发光二极管的正极，红表笔接发光二极管的负极，好的应发出光来，否则为坏管。

2) 将发光二极管外加 $1.5V$ 或 $3V$ 直流电压判断其好坏。但要在电路中串一限流电阻，使直流电流保证在 $10 \sim 20mA$ 之间，既可看到发光状态，又对发光二极管起到保护作用，不发光的发光二极管即为坏管。

还有一些特殊的发光二极管，如红外二极管。目前越来越多的手机中都使用了红外发光二极管，它被用来进行红外线传输。

8. 光敏二极管

光敏二极管是一种光电转换器件，工作在反向电压状态，利用半导体材料的光敏特性，把吸收的红外光能转换成电能，光照强度越大，反向电流越大。其电路图形符号如图 3-31 所示。



图 3-31 光敏二极管
电路图形符号

9. 组合二极管

所谓组合二极管，就是由几个二极管共同构成的一个二极管模块电路。如早期三星 A288 型手机开关机控制电路中的 DL07 就是一个组合二极管，内部集中了 4 个二极管，构成一个模块结构。其内部电路结构及外形示意图如图 3-32 所示。

组合二极管还有 3 脚、4 脚的，这些组合二极管在三星手机中应



用较多，这里不再一一分析。

3.4.4 贴片二极管的识别

从外形上可以看出，手机贴片二极管有两只引脚，一般为黑色，在其一端有一深色的竖条（色带），表示该端为负极。贴片二极管的外形示意图及实物图分别如图 3-33 和图 3-34 所示。

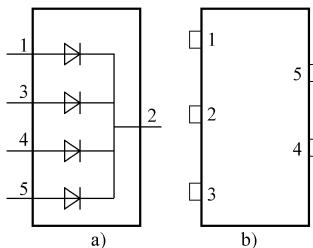


图 3-32 组合二极管

a) 内部电路 b) 外形示意

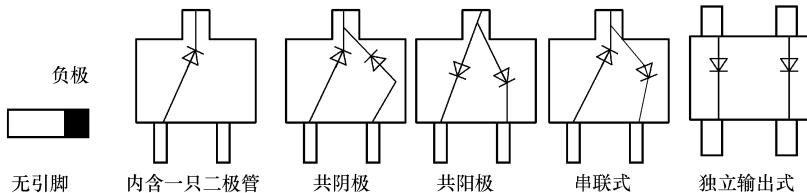


图 3-33 贴片二极管外形示意图

在识别手机中的贴片二极管时，应注意与黑色的电解电容区分开，它们最显著的区别在两端的焊点上。贴片二极管有短小的引脚，而贴片电容的引脚在电容的下面。若实在区分不开，可以借助万用表测量它的正反向电阻。



图 3-34 手机贴片二极管实物图

3.4.5 贴片二极管的检测

手机贴片二极管的检测方法如下。

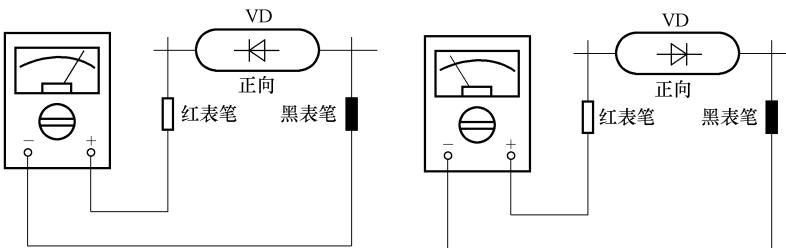
1. 二极管极性的判断

用指针式万用表检测晶体二极管的示意图如图 3-35 所示。

将万用表拨到合适档位，手拿红、黑表笔去碰触二极管的两引脚，当测量到万用表的阻值比较小时（正测），万用表的黑表笔所接触二极管的一端是二极管的正极端，则另一端为二极管的负极端。

2. 二极管好坏和性能的检测

判断手机中贴片二极管的好坏和性能与判断普通封装二极管好坏和性能的过程相同，参见前面“二极管检测”部分，其检测过程如

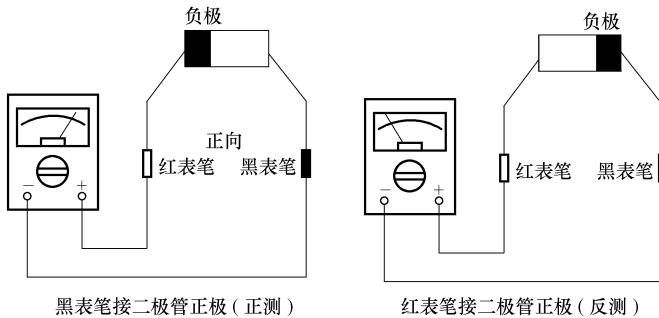


黑表笔接二极管正极(正测)

红表笔接二极管正极(反测)

图 3-35 用指针式万用表检测二极管示意图

图 3-36 所示。



黑表笔接二极管正极(正测)

红表笔接二极管正极(反测)

图 3-36 指针式万用表检测手机贴片二极管

二极管的常见故障有以下几种：

(1) 击穿或漏电故障

二极管击穿或漏电常表现出正反向电阻都为 0Ω ，此时二极管失去了单向导电能力。二极管短路很容易辨别，可用万用表测量正反向电阻，如果都接近于 0Ω ，就说明二极管击穿了。正常情况下，正向阻值越小，反向阻值越大，说明管子的单向导电性越好。如果反向有一定的阻值，就说明管子有一定的漏电现象。当然，由于生产工艺的缘故，锗管有几十 $k\Omega$ 的反向电阻，但它是可以使用的。硅管的反向电阻接近于无穷大，因此，硅管的性能较好些。二极管击穿或漏电的原因一般是由于二极管承受的反向电压超过了极限。

(2) 开路故障

二极管的开路故障分为电性能和机械两方面的故障。在电性能方



面，开路故障是由于流过二极管的电流过大，导致 PN 结烧断；在机械方面，开路故障是由于受潮锈断或机械振动使 PN 结内部与电极断开。二极管出现开路故障后，正反向电阻都为无穷大，可通过测量正反向电阻值来辨别。

(3) 二极管变质故障

二极管变质故障是一种介于短路与开路之间的情形，这种故障多在正反向电阻上有所表现，即二极管的正向电阻过大，而反向电阻偏小，失去了单向导电作用，不能继续使用，必须更换。

3.5 贴片晶体管

晶体管是放大电路的核心器件，具有电流放大的作用。手机天线所感应的高频信号是非常微弱的，必须要经过晶体管构成的放大电路对信号进行放大，才能够满足电路处理的要求，最终得到较大的音频电信号去推动受话器而发声。

手机晶体管在 PCB 上贴片安装，是为贴片晶体管。

晶体管的核心是两个互相连接的 PN 结，从内部结构来看，可以看作是两个二极管的简单组合，晶体管的等效结构如图 3-37 所示。

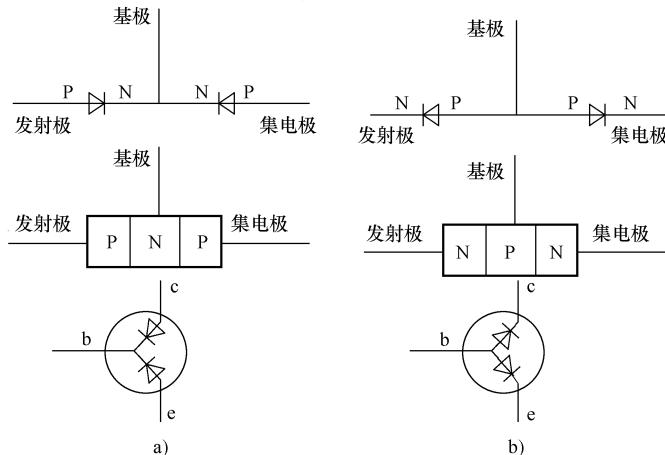


图 3-37 晶体管的等效结构

a) PNP 型晶体管 b) NPN 型晶体管



但其性能与只有一个 PN 结的二极管相比有着本质的区别。

3.5.1 晶体管的电路符号

晶体管有3个电极，分别叫做发射极（c）、基极（b）和集电极（e）。晶体管的图形符号如图3-38所示。

晶体管有两个PN结，发射极与基极之间的PN结叫做发射结，集电极与基极之间的PN结叫做集电结。在图形符号中，箭头所指的方向表示了晶体管工作时电流的方向。

可以看出，PNP型晶体管的发射结方向是由发射极指向基极；NPN型晶体管的发射结方向是由基极指向发射极。PNP型晶体管工作时，电流由发射极流入晶体管，其电流分为两部分：一小部分流向基极，另一大部分流向集电极；NPN型晶体管工作时，电流由发射极流出晶体管，其电流也分为两部分：一小部分由基极流向发射极，另一大部分由集电极流向发射极。

晶体管电路图中用字母“VT”表示。

3.5.2 贴片晶体管的分类

晶体管的种类很多，分类方法也很多，按材料可分为硅管和锗管；按导电类型可分为PNP型和NPN型；按频率特性可分为高频管和低频管；按功率大小可分为大功率管、中功率管和小功率管。

在手机放大电路中，常见的有低频放大器、中频放大器和高频放大器等。对放大器的要求是：耗电量小、失真小、频带宽、有足够的功率、工作稳定可靠。最常见的是晶体管共发射极放大器。

3.6 贴片场效应晶体管

场效应晶体管也是一种常用的半导体器件。场效应晶体管在外形和电路中的功能方面，都与晶体管相同，即具有放大和开关的特性。不过，从本质上来看，它有独特的性质。它属于电压控制型半导体器

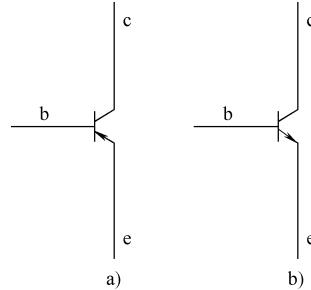


图3-38 晶体管的图形符号

a) PNP型 b) NPN型



件，具有输入电阻高（ $10^8 \sim 10^9 \Omega$ ）、噪声小、功耗低、动态范围大、易于集成、没有二次击穿现象、安全工作区域宽等优点。

手机场效应晶体管在 PCB 上贴片安装，是为贴片半导体场效应晶体管。

3.6.1 场效应晶体管的电路符号

根据结构和工作原理的不同，场效应晶体管可分为两大类：结型场效应晶体管和绝缘栅型场效应晶体管（MOSFET）。

贴片场效应晶体管的实物外形如图 3-39 所示（与贴片晶体管的外形相同）。

1. 结型场效应晶体管

结型场效应晶体管分为 N 型沟道、P 型沟道两大类。N

型沟道结型场效应晶体管相当于 NPN 型晶体管，P 型沟道结型场效应晶体管相当于 PNP 型晶体管，其电路图形符号如图 3-40 所示。

2. 绝缘栅型场效应晶体管

在手机中，通常应用绝缘栅型场效应晶体管，绝缘栅型场效应晶体管的输入阻抗比结型场效应晶体管更高，它的栅极与源极、漏极都是绝缘的，故称为绝缘栅型。

绝缘栅型场效应晶体管是由金属、绝缘体、半导体 3 层衬料构成，按导电沟道的不同分为 N 型沟道和 P 型沟道，按沟道的不同又分为增强型和耗尽型。具体可分为 N 型沟道耗尽型和增强型（NMOS 管）、P 型沟道耗尽型和增强型（PMOS 管）4 种类型。其电路图形符号如图 3-41 所示。

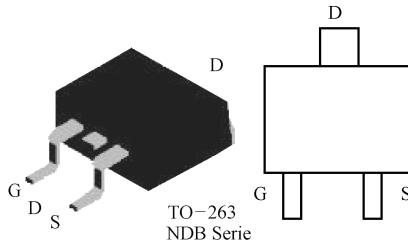


图 3-39 贴片场效应晶体管外形示意图

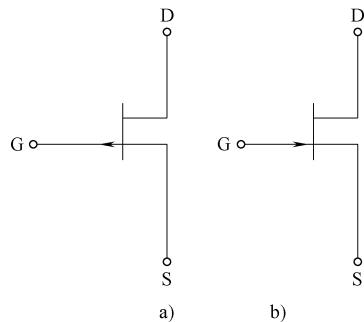


图 3-40 结型场效应晶体管的电路图形符号

- a) P 型沟道结型场效应晶体管
- b) N 型沟道结型场效应晶体管

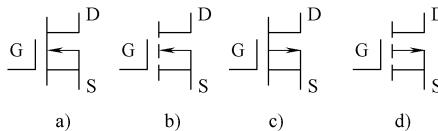


图 3-41 绝缘栅型场效应晶体管的电路图形符号

a) N 型沟道耗尽型 b) N 型沟道增强型 c) P 型沟道耗尽型 d) P 型沟道增强型

NMOS 管（不管它是耗尽型还是增强型）相当于 NPN 型晶体管，PMOS 管相当于 PNP 型晶体管。

无论是结型场效应晶体管还是绝缘栅型场效应晶体管，都有 3 个电极：栅极（G）、漏极（D）和源极（S）。这 3 个电极所起的作用与晶体管的 3 个电极所起的作用有点类似：栅极相当于晶体管的基极；漏极相当于晶体管的集电极；源极相当于晶体管的发射极。

手机电路中使用贴片场效应晶体管一般都是绝缘栅型场效应晶体管（MOS 管），因此，以下我们的讲解都是围绕 MOS 管。

3.6.2 场效应晶体管与晶体管的区别

虽然与晶体管外形相同，但两者的控制特性完全不同。

1) 晶体管是电流控制器件，在一定的条件下，集电极电流 I_c 受控于基极电流 I_b ，需要信号源提供一定的电流才能工作；场效应晶体管是电压控制器件，输出电流 I_D 的大小受控于输入电压 U_{GS} （栅-源极之间的电压）的大小，即通过改变栅极电压 U_{GS} 来控制漏极电流 I_D 的大小，基本上不需要信号源提供电流。在只允许从信号源取较小电流的情况下，应选用场效应晶体管；而在信号电压较低，又允许从信号源取较大电流的条件下，应选用晶体管。

2) 场效应晶体管是利用多数载流子导电，所以称为单极型器件，而晶体管是既利用多数载流子（电子），又利用少数载流子（空穴）导电，所以称为双极型器件。

3) 场效应晶体管的栅压也可正可负，灵活性比晶体管好。

4) 场效应晶体管能在很小电流和很低电压的条件下工作，而且由于其制造工艺的特点，可以很方便地把很多场效应晶体管集成在一块硅片上，因此场效应晶体管在大规模集成电路中得到了广泛的应用。



由于场效应晶体管的一些特性晶体管不具备，如开关速度快、高频特性好、热稳定性好、功率增益大、噪声小、输出阻抗很高等优点，所以场效应晶体管在手机中应用得比较多。

3.6.3 场效应晶体管在手机中的应用

场效应晶体管因其性能比晶体管好，因此在手机这样的高科技产品中自然应用广泛。主要应用有以下几方面。

1. 在射频电路中作放大管

场效应晶体管在手机电路中可以用于放大、振荡等电路。譬如，手机发射机中的功率放大器，均采用砷化镓场效应晶体管放大电路。

2. 在电源电路中作稳压调整管

场效应晶体管在手机中用作稳压管的非常多，譬如早期摩托罗拉 V998 手机中的 Q240、Q242 等。

3. 在逻辑电路中作开关管

因为场效应晶体管是单极型器件，只有一种载流子参与导电，其沟道的形成和消失所需要的时间非常短，因此开关速度快。所以，在手机电路中，经常采用 MOSFET 作为开关控制管，其 G 极是控制电平，根据电平高低控制 MOSFET 工作在可变电阻区（相当于晶体管的饱和区）或夹断区（相当晶体管的截止区），从而实现电路的通与断。增强型 N 沟道 MOSFET 的开启电压 V_T 是正值，而 P 沟道 MOSFET 的开启电压 V_T 是负值。

3.6.4 MOS 场效应晶体管的识别

我们参见图 3-50，从外观上来看，MOS 管有 3 个电极。

一般贴片场效应晶体管（MOS 管）的引脚比较固定，因此对其电极的判断比较简单，只要记清楚引脚顺序即可。方法是以标有字符的一面为正面，逆时针依次为 G、S、D，单独凸出来的那只引脚为漏电极（D）。如不确定，可先找出 G 极，则另外两只引脚也就明确了。

但是，外观形状如图 3-50 所示的器件不一定就是 MOS 管，因为贴片晶体管的外形跟场效应晶体管基本相同。那么我们应当如何来鉴别呢？其方法如下。

拿起万用表，将万用表调置 $R \times 10\Omega$ （或 $R \times 100\Omega$ ）档，正常情况下 G 与 S、G 与 D 之间的阻值无论如何调换表笔均为无穷大，S 和



D之间的阻值存在PN结的特性正向导通，反向截止，在路测量时，由于存在与其他元器件的并联，则第一次测得阻值较小，调换表笔后测得阻值较大。若符合以上测量特点，则该管为MOS管。

3.6.5 MOS场效应晶体管的检测

MOS场效应晶体管的检测方法如下。

1. 检测前的准备

检测之前，先将人体对地短路后，才能触摸MOS管的管脚。最好在手腕上接一条导线与大地连通（或与工作台垫子下面的薄铁板相连接），使人体与大地保持相等的电位。在作业时要求佩戴好检测好的静电手腕，并保证接地良好，以防静电损坏元器件。

2. 判断电极

将万用表置于 $R \times 10\Omega$ （或 $R \times 100\Omega$ 、 $R \times 1k\Omega$ ）档，首先确定栅极。用万用表判断MOS管栅极的示意图如图3-42和图3-43所示。若某引脚与其他引脚的电阻都是无穷大，证明此引脚就是栅极G。交换表笔重新测量，S-D之间的电阻值应为几百欧至几千欧，其中阻值较小的那一次，黑表笔接的为S极，红表笔接的是D极。

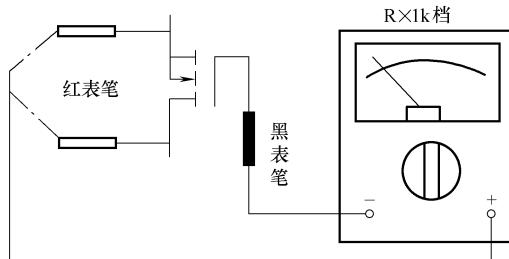


图3-42 用万用表判断MOS管栅极示意图（一）

3. 检测放大能力（跨导）

用万用表检测MOS管放大能力的示意图如图3-44所示。将C极悬空，黑表笔接D极，红表笔接S极，然后用手指触摸G极，表针应有较大的偏转。

每次测量完毕，G-S结电容上会充有少量电荷，产生电压 U_{GS} ，再接着测量时表针可能不动，此时将C-S极间短路一下（将栅-源库存电荷放掉）即可。

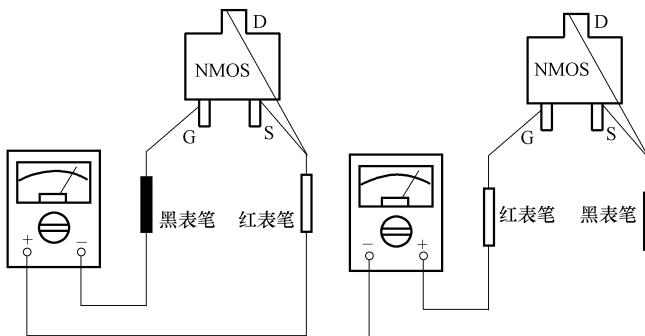


图 3-43 用万用表判断 MOS 管栅极示意图（二）

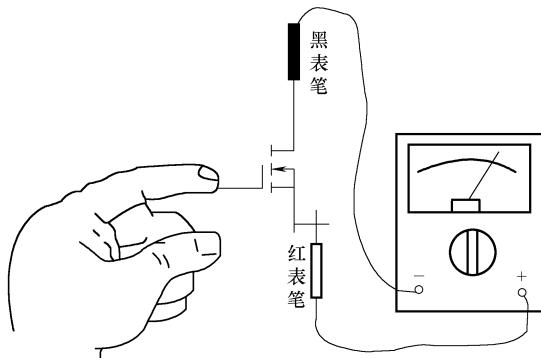


图 3-44 用万用表检测 MOS 管放大能力示意图

4. MOS 管性能与好坏的检测

前面我们已了解了贴片场效应晶体管的基本识别，其好坏的检测是与之相辅相成的。

如果 MOS 管 R_{GS} （栅极 C 与源极 S 之间的电阻）、 R_{GD} （栅极 G 与漏极 D 之间的电阻）两次调换表笔所测得的阻值都很小，则 R_{GS} 、 R_{GD} 漏电或短路（正常情况下，无论如何调换表笔测量 R_{GS} 、 R_{GD} ，阻值都为无穷大）。若 R_{GS} （漏极 D 与源极 S 之间的电阻）两次调换表笔所测得的阻值均较小（正常情况下， R_{DS} 两次调换表笔所测得的阻值有 PN 结特性），说明 D、S 极之间漏电或击穿；若两次所测得的阻值均为无穷大，则 D、S 极内部开路。

第4章 手机的电路图解

4.1 手机整机电路简析

手机检修的一个重要的前提，就是一定要弄清楚手机的整机电路、单元电路的组成及其工作原理，这样才能更好地进行手机各类常见故障的分析。那么，我们首先就应该明白，手机电路究竟是怎样的一个组成结构呢？

分析而言，手机整机电路主要可分为射频电路、开机电路以及界面电路三大部分。这三部分电路又可进行以下具体的划分。

1. 射频电路

射频电路包括接收电路和发射电路两大部分。

(1) 接收电路

接收电路由接收天线开关电路、接收高频放大电路、接收中频处理电路、逻辑控制电路等组成。

(2) 发射电路

发射电路由发射功率放大电路、发射振荡电路、发射调制电路、逻辑控制电路等组成。

2. 开机电路

开机电路由电源电路、时钟电路、逻辑电路等组成。

3. 界面电路

界面电路由受话器、传话器电路，SIM卡电路、多媒体卡电路，键盘电路，振铃、振子电路，背光灯电路，蓝牙电路，摄像电路，MP3、MP4电路，收音机电路，耳机、免提电路等组成。

4.2 手机射频电路图解

射频电路是构成手机整机电路的基础。



我们知道，手机射频电路包括接收电路和发射电路两大部分。手机工作状态就是先接收后发射，没有接收就没有发射。因此，我们对手机射频电路的了解顺序就是先了解接收电路，后了解发射电路。

4.2.1 手机接收电路图解

1. 手机接收电路的构成

接收就是将外来信号通过手机天线接入到手机里进行一系列处理的过程，用“RX”来表示。手机接收是一个下变频过程，具体的解释参见下文“变频的解释”。

如图 4-1 所示，手机的接收电路主要分为两部分：一部分是接收射频部分；另一部分是接收逻辑部分。

接收射频部分由天线开关、接收滤波电路、射频处理器（也称为中频 IC）、接收本振电路、频率合成电路及其耦合电路组成。

接收逻辑电路主要是指 CPU 内部的信道解码、去交织、解密和音频处理中的语音解码、D/A（数/模换转）、音频放大等数字信号处理电路。

(1) 接收电路英文符号的含义

下面，我们对图 4-1 中的重要英文符号的含义作一简单的解释。

ANT：天线。

SW_RF：射频开关。SW 表示开关，RF 表示射频。

TX_IN：发射信号输入。TX 表示发射，IN 表示输入。

RXGSM：接收 900MHz 信号频段。RX 表示接收，GSM 表示 900MHz 频段。

RX_DCS：接收 1800MHz 信号频段。RX 表示接收，DCS 表示 1800MHz 频段。

GSM_LNA275：900MHz 高频放大供电电压为 2.75V。GSM 表示 900MHz 频段，LNA 表示低噪声放大器，也就是高频放大，275 表示 2.75V。

DCS_LNA275：1800MHz 高频放大供电电压为 2.75V。DCS 表示 1800MHz 频段，LNA 表示低噪声放大器，275 表示 2.75V。

GSM_SEL：900MHz 选择信号。GSM 表示 900MHz 频段，SEL 为选择信号。

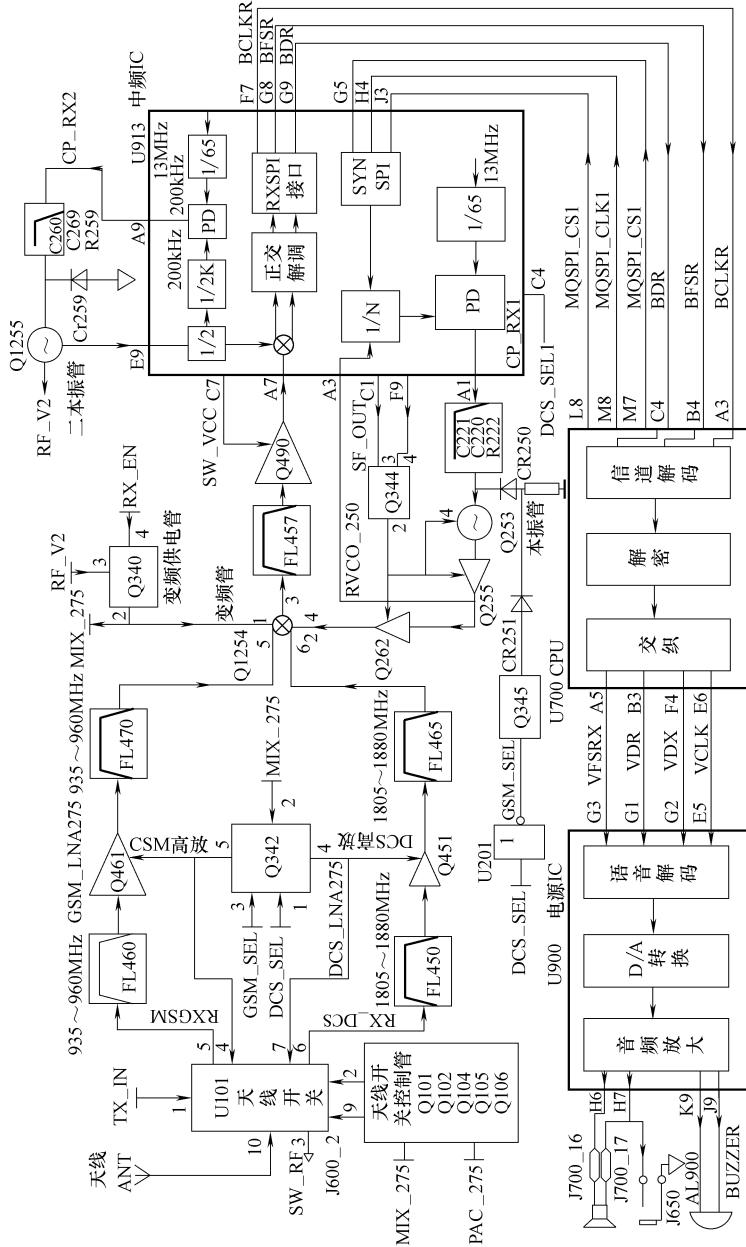


图 4-1 手机接收电路



DCS_SEL: 1800MHz 选择信号。DCS 表示 1800MHz 频段，SEL 为选择信号。

MIX_275: 接收变频供电 2.75V。MIX 表示变频器，275 表示 2.75V。

RF_V2: 射频供电电压为 2.75V。RF 表示射频，V2 表示供电电压。

RX_EN: 接收启动信号。RF 表示射频，EN 表示启动。它由 CPU 输出，控制手机工作在接收状态。

SW_VCC: 开关电源。SW 表示开关，VCC 表示电源。

CP_RX2: 接收二本振锁相电压。CP 表示锁相，RX2 表示接收二本振。

CP_RX1: 接收一本振锁相电压。CP 表示锁相，RX1 表示接收一本振。

SF_OUT: 线性滤波供电电压为 2.5V。SF 表示线性，OUT 表示输出。

RVCO_250: 接收本振供电电压为 2.5V。R 表示接收，VCO 表示本振（本机振荡器），250 表示 2.5V。

PD: 鉴相器。

RXSPI: 接收串行数据信号。RX 为接收，SPI 为串行接口。

SYNSPI: 频率合成串行数据信号。SYN 为频率合成器，SPI 为串行接口。

BCLKR: 接收时钟总线信号。B 是 BUS 的简写（表示总线），CLK 表示时钟，R 表示接收。

BFSR: 接收检测总线信号。B 是 BUS 的简写（表示总线），FS 表示检测，R 表示接收。

BDR: 接收数据总线信号。B 是 BUS 的简写（表示总线），D 表示数据，R 表示接收。

MQSPI_CS1: 频率合成串行接口片选信号。MQSPI 表示频率合成串行接口，CS 表示片选信号。

MQSPI_CLK1: 频率合成串行接口时钟信号。MQSPI 表示频率合成串行接口，CLK 表示时钟信号。



VFSRX：接收语音检测信号。V 表示语音信号，FS 表示检测，RX 表示接收。

VDR：接收语音数据信号。V 表示语音信号，D 表示数据，R 表示接收。

VDX：发射语音数据信号。V 表示语音信号，D 表示数据，X 是 TX 简写，表示发射。

VCLK：语音时钟信号。V 表示语音信号，CLK 表示时钟信号。

BUZZER：振铃信号。

(2) 接收电路元器件

下面，我们对图 4-1 中的重要电路元器件及其作用作一简单的解释。

U101：天线开关。它是完成手机接收和发射切换的开关，也就是手机拨打和接听电话的切换开关。

Q101、Q102、Q104、Q105、Q106：天线开关控制管。它们是控制天线开关工作在接收或者发射切换。

FL460：接收 GSM 频段带通滤波器。它表示 925 ~ 960MHz 以内的频率可以通过滤波器到下一级电路中，在该频率以外的信号则被滤除。

FL450：接收 DCS 频段带通滤波器。它表示 1805 ~ 1880MHz 以内的频率可以通过滤波器到下一级电路中，在该频率以外的信号则被滤除。

Q461：接收 GSM900M 频段高频放大管。

Q451：接收 DCS1800M 频段高频放大管。

Q342：接收 GSM 和 DCS 频段切换控制管。它主要是完成手机接收时 GSM 和 DCS 双频段的切换控制。

FL470：接收 GSM 频段带通滤波器。它表示 925 ~ 960MHz 以内的频率可以通过滤波器到下一级电路中，在该频率以外的信号则被滤除。

FL465：接收 DCS 频段带通滤波器。它表示 1805 ~ 1880MHz 以内的频率可以通过滤波器到下一级电路中，在该频率以外的信号则被滤除。



Q1254：变频管，也称为混频管。手机接收电路是一个下变频电路，就是将接收来的高频信号变换成低频信号，因此 Q1254 就是其变换这个高频信号转为低频信号作用的变频管。

Q340：变频供电管。有供电，Q1254 变频管才能工作。

Q253：一本振管。它实际上和其他电路构成一个振荡电路，产生接收电路所需的一本振频率，用 RXVCO1 或者 LO1 来表示。

Q255：一本振频率预放管，又叫第一级放大管。

Q262：一本振频率放大管，又叫后级放大管，经过放大的本振信号送到变频管 Q1254，完成变频作用。

FL457：中频滤波器，也就是通过第一次变频后得到中频信号。

Q490：中频放大管。中频滤波后的中频信号也有一定的衰减，所以要经过放大。

Q344：RVC0250 = 2.5V 本振供电管。

U913：中频 IC。它是完成手机射频处理的 IC，因此又称射频处理 IC。其内部电路结构包括第二变频器、正交解调、RXSPI 接口电路、分频器、PD 鉴相器、SYNSPI 频率合成串行接口电路等，这些都是射频处理的部分电路。

Q1255：接收二本振管。它产生的二本振频率与第一变频后的中频信号再次变频，形成二次变频电路。

C220、C221、R222：一本振低通滤波元件。它们将中频 IC 内部鉴相处理电路输出的锁相电压中的交流成分滤除，得到直流控制电压的元件。

CR250、CR251：变容二极管。除了有二极管的特性外，它还有电容的特性，即充放电的特性，改变其充放电的大小即可控制一本振管的振荡频率。

Q345：一本振频段切换控制管。通过其导通与截止即可改变一本振频段切换，产生不同的本振振荡频率。

U201：反相器。它实际上就是逻辑电路中的“非”门，其原理是指如果输入的 DCS_SEL 为高电平，那么输出就是低电平的 GSM_SEL，因此控制本振电路工作在 DCS 状态；反之亦然，从而达到频段切换的目的。



Cr259：变容二极管。除了有二极管的特性外，它仍还有电容的特性，即充放电的特性，改变其充放电的大小即可控制一本振管的振荡频率。

C260、C269、R259：二本振低通滤波电路元件。与 C220、C221、R222 等一本振低通滤波元件原理是相同的。

U700：CPU，在手机接收电路中，它主要完成接收信号的信道解码、去交织、解密等数字信号处理。

U900：电源 IC，在接收电路中，主要是完成接收对方送话信号的音频处理，其内部包括了语音解码、D/A（数/模）转换电路、音频放大电路等音频处理电路。

J700：排线接口。也就是受话器接口，音频信号就是通过这样一个接口送到听筒的。

J650：耳机接口。

AL900：振铃器，常用 BUZZER 或者 ALRT 来表示。

2. 手机接收电路的变频原理

我们知道，手机接收是一个下变频过程。那么，这一下变频是如何完成的呢？

（1）变频的原理

首先，我们先来认识什么叫“变频”？

变频，即变换频率。变频可分为两种形式：下变频（手机接收电路采用）和上变频（手机发射电路采用）。

1) 下变频。下变频就是将外界输入的信号频率与本振信号频率相减而得到的频率，称为下变频。它是表示手机接收时的频率变换电路，即把手机接收时的已调波 925 ~ 960MHz 信号的频率降下来变成中频信号。

手机接收时有一个接收信号频率。由于目前手机发展迅速，由原来的单频段 GSM 发展到双频段 GSM 和 DCS，然后又发展到今天的四频段 GSM、DCS、PCS、GSM 等，同时又发展到其他频段，比如 CDMA 手机、小灵通手机等，下面是它们各自的频率分配：

RXGSM (900M)：925 ~ 960MHz。

RX—DCS (1800M)：1805 ~ 1880MHz。



RXPCS (1900M)：1930 ~ 1990MHz。

RXCEL (850M)：870 ~ 880MHz。

2) 上变频。上变频就是将外界输入频率与本振信号频率进行相加而得到的频率。它是手机在发射时的频率变换电路，即把手机发射语言信号加到 880 ~ 915MHz 载波信号上去，这样的频率变换就是上变频。

手机发射时也有一个发射信号频率。其频段的发展相对于接收频段，下面是它们各自的频率分配：

TXGSM (900M)：880 ~ 915MHz。

TXDCS (1800M)：1710 ~ 1785MHz。

TXPSCS (1900M)：1850 ~ 1910MHz。

TXCEL (850M)：825 ~ 835MHz。

实际上，上变频也称为混频，不过它们也是有区别的，混频用英文“MIX”表示，它有两个输入端，一个输出端，它在电路中的图形符号如图4-2所示。

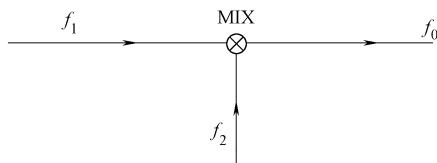


图 4-2 混频的电路图形符号

(2) 几种不同的下变频电路形式

手机接收电路有以下几种不同的下变频电路形式。

1) 直接变频接收电路。直接变频又称一次变频。如图 4-3 所示，直接变频接收电路就是将已调制的高频载波信号（925 ~ 960MHz 语音信号）与本机振荡电路产生的本振信号（925 ~ 960MHz）直接变频后得到差频的语音信号。

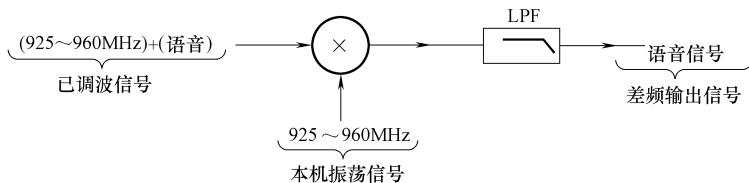


图 4-3 直接变频接收电路示意图

注：图中所列举数字只是部分机型中应用，不代表全部。



2) 二次变频接收电路。图 4-4 所示的，二次变频接收电路就是将已调制的高频载波信号 (925 ~ 960MHz + 语音信号) 与第一本机振荡电路产生的本振信号 (1325 ~ 1360MHz) 进行第一次差频，得到中频信号 (400MHz + 语音信号)；然后再与二本振荡信号 (400MHz) 进行第二次差频，得到语音信号。

3) 三次变频接收电路。三次变频接收电路就是比二次变频接收电路多了一次变频过程。目前手机已不再或很少采用这种方式，因此这里不再赘述。

3. 手机接收电路的变频接收原理

我们以图 4-1 为例，从天线开始到受话器为止，具体分析其整个的变频接收过程。

从天线接收来的信号有很多，需要经过天线输入滤波电路，进入到天线开关 U101 的 10 脚，在 4 脚、7 脚的 GSM、DCS 频段控制作用下，从其 5 脚输出 900MHz RXGSM 频段信号，频率范围为 935 ~ 960MHz 语音信号；从 6 脚输出 1800MHz RXDCS 频段信号，频率范围为 1805 ~ 1880MHz 语音信号。而 5 脚输出语音信号经过 FL460 滤波器滤波后送到 900MHz 高频放大管 Q461。

经高频放大管 Q461 放大的 935 ~ 960MHz 语音信号又送到 FL470 进行再次滤波作用，送到变频管的 5 脚，与来自变频管 Q1254 4 脚的一本振 RXVCO 振荡频率 1335 ~ 1360MHz 进行下变频，得到 $(1335 \sim 1360\text{MHz}) - (935 \sim 960\text{MHz}) = 400\text{MHz}$ 的一中频信号。

那么，这里的接收 1335 ~ 1360MHz 一本振 RXVCO 信号是怎么产生的呢？它是由 Q253 及其他组成的一本振电路来产生的。当一本振供电管 Q344 在接收时，从 2 脚输出一个 $\text{RUCO} - 250 = 2.5\text{V}$ 本振供电到 Q253 一本振管，满足供电后，一本振管 Q253 开始振荡工作，产生接收一本振信号 RVC01335 ~ 1360MHz 经 Q255 预放管放大，分两路去向：一路送到本振放大管 Q262，经放大后送到变频管 Q1254，满足变频管中两个频率信号输入后差频的条件。另一路是送到中频 IC 的 A3 脚，输入到中频 IC 里边，是做什么用呢？是因为 Q253 本振管输出的频率，如果不是准确的 1335 ~ 1360MHz 时，就需要一个使其产生准确频率的控制信号来进行控制，这个控制就需要送到中频 IC

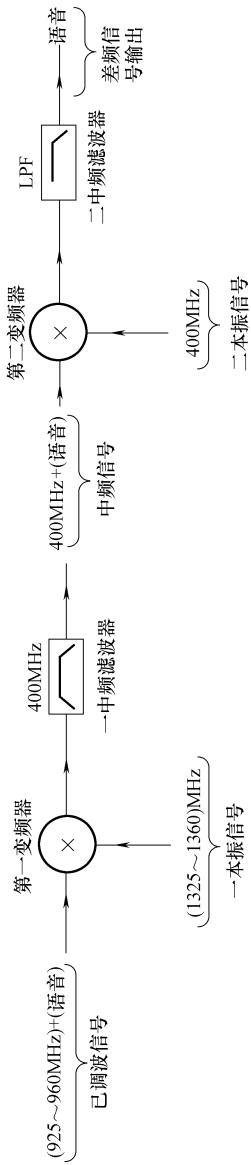


图 4-4 二次变频接收电路示意图

注：图中所列举数字只是部分机型中应用，不代表全部。



A2 脚的信号，这个信号我们称之为反馈信号，即接收一本振反馈信号，该信号进入中频 IC 内部经过 $1/N$ 分频电路，分频成 200kHz 的低频信号，与参考信号 13MHz 经 $1/65$ 后产生的 200kHz 信号进行相位比较，产生一个误差的控制电压，称为锁相电压 $CP_RX1 = 1 \sim 4V$ 的变化电压，该电压经过 C220、C221、R222 构成的低通滤波元件后，得到直流控制电压，送到变容二极管 CR250 上，进行充放电。这个变化的电压会使得变容二极管 CR250 进行快速的充电、放电，这快速的充电、放电就产生一个微弱的振荡送到一本振管 Q253，控制 Q253 的振荡频率使之产生准确稳定的输出。

从这里我们看到，这个一本振电路从 Q253 输出到中频 IC 内部到分频器 $1/N$ ，再到鉴相器 PD，再经低通滤波到 CR250，最后又回到 Q253，整个构成的实际上就是一个环路，即一本振锁相环电路。而锁相环电路的作用就是使本振电路产生准确稳定的振荡频率，判断本振电路是否正常的标准就是测量鉴相后输出的锁相电压 CP_RX1 是否等于 $1 \sim 4V$ 。

经混频后的接收一中频 400MHz + 语音信号，送到一中频滤波器 FL457，滤波后送到一中频放大管 Q490 进行中频放大。当然 Q490 要实现中频放大，也要满足供电条件，这个供电就是中频 IC 输出的开关供电 $SW_VCC = 2.5V$ 提供的，所以当 Q490 满足供电后，把一中频 400MHz 语音信号放大，送到中频 IC 内部，进行第二次混频处理。这里的第二次混频就是将一中频 400MHz 语音信号与接收二本振管 Q1255 产生的二本振频率 800MHz 进行 $1/2$ 分频得到的 400MHz 进行二次混频，即 $400MHz$ 语音信号 - $400MHz$ = 语音信号。

这里的二本振电路是由二本振管与 CR259、中频 IC 和 C260、C29、R259 构成的低通元件等组成。也就是说二本振管 Q1255 得到供电 RF_V2 后，开始振荡产生二本振 800MHz 信号，送到中频 IC 内部的 $1/2$ 分频器分频得到 400MHz，该 400MHz 信号也分为两路去向：一路经 $1/2000$ 分频器分频得到 200kHz 信号与参考时钟 13MHz 经 $1/65$ 分频后进行鉴相，输出二本振锁相电压 $CP_RX2 = 1 \sim 4V$ ，经低通滤波元件 C260、C29、R259 滤波后，送到变容二极管 Cr259 电容



端进行充放电，产生微弱的频率控制 Q1255，使之产生准确稳定的二本振 800MHz 频率。

当准确的二本振 400MHz 分频信号与一中频 400MHz + 语音信号进行第二次混频后，输出 0 中频 + 语音信号，这个语音信号经过正交解调，RXSPI 接口电路将其模拟的 0 中频 + 语音信号进行变换为数字信号，包括接收时钟信号 BCLKR、接收检测信号 BFSR、接收数字信号 BDR 等。这些数字信号送到 CPU 进行信道解码、解密、去交织处理得到语音数字信号，包括语音检测信号 VFSRX、接收语音数据信号 VDR、语音时钟信号 VCLK 等，送到电源 IC 内部的音频处理电路，进行语音解码、D/A 转换电路转变成模拟音频信号，再经音频放大，然后从电源 IC 输出经接口 J700 送到受话器，完成整个手机的接收过程，这就是手机的接收原理。

4. 大规模集成的手机接收电路

我们在图 4-1 中可以看到，除了天线开关、中频 IC、CPU、电源 IC，其他皆为由分立元器件组成的电路。但随着科技的发展，如今的手机几乎都不再采用分立元器件结构的电路了，而是采用高度集成的方式，将天线开关和功放集成，将本振集成在中频 IC 里边，将锁相环频率合成电路集成在 CPU 内来完成。

不过万变不离其宗，无论怎样集成，我们只要掌握分立元器件的电路，然后把这些分立元器件电路进行集成，就能洞悉大规模集成的电路结构和原理。为此，我们必须要记住前面分立元器件的英文含义和各个单元电路工作原理。图 4-5 所示是目前常用的大规模集成接收射频电路。

(1) 英文符号的含义

下面我们将对图 4-5 中重要的英文符号的含义作一简要的了解。

ANT：天线接口。

EGSM_RX：900MHz 频段接收信号。

DCS_RX：1800MHz 频段接收信号。

IN：输入信号，有时简写为“I”。

OUT1：输出信号 1。

OUT2：输出信号 2。

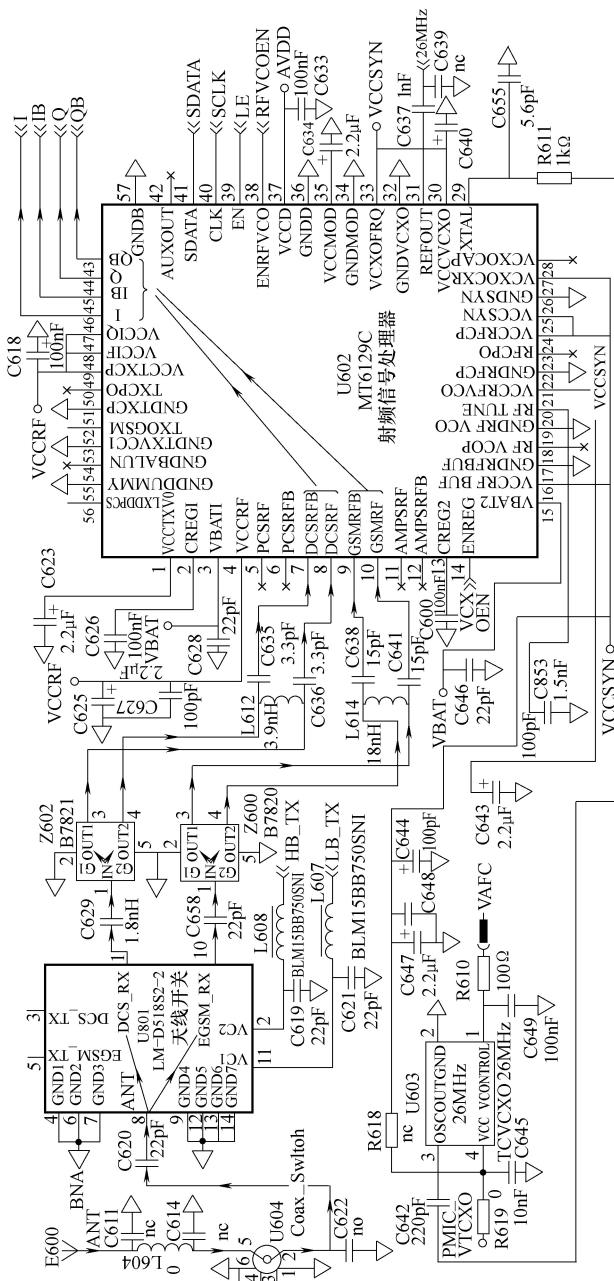


图 4-5 大规模集成的接收射频电路



VCXOEN：主时钟供电启动信号。VCXO 表示主时钟供电，EN 表示启动信号。

VCCRF：射频供电电源。VCC 表示供电，RF 是射频。

VCCSYN：频率合成供电电源。VCC 表示供电，SYN 表示频率合成器。

PMIC_VTCXO：主时钟供电电源。它和 VTCXO 表示一样的意思。

LE：频率合成启动信号。实际上它就是 SYN 和 EN 的意思。

SCLK：频率合成时钟信号。S 为 SYN 的简写，即频率合成；CLK 表示时钟。

SDATA：频率合成数据信号。S 为 SYN 的简写，即频率合成；DATA 表示数据。

RFVCOEN：射频振荡器供电启动信号。RF 表示射频，VCO 表示振荡器，EN 表示启动。

AVDD：供电。若 AVDD 是在音频 IC 中，那么它就表示音频供电电源。

(2) 电路中的元器件

下面，我们对图 4-5 中重要的电路元器件及其作用作一简要的了解。

MT6129C：MT 芯片中的大规模集成射频 IC，也称为中频 IC。其中，1 脚 VCCTXVCO 表示发射本振电路供电电源，TXVCO 表示发射振荡器。由此可见，这个 IC 集成了发射本振电路。因此，通过引脚英文标示，分析 IC 内部集成了哪些电路，这是对分析大规模集成电路最好的又是常用的方法，我们一定要学会。

E600：天线。它是手机与基站进行收发信号的交换的接口。

L604、C611、C614：即天线输入滤波电路。又称天线输入选频网络元件。

U604：外接天线接口。

C622：天线信号输入滤波电容。

C620：天线信号输入耦合电容。

U601：天线开关。

C658：GSM900MHz 接收信号输入耦合电容。



C629：DCS1800MHz 接收信号耦合电容。由于目前多使用GSMHz 频段，因此这个频段对我们手机没有多大影响。

Z600：GSM900MHz 接收信号带通滤波器。它只能让 925 ~ 960MHz 以内的信号通过，该范围以外的信号都被滤除。

Z602：DCS1800MHz 接收信号带通滤波器。它只能让 1805 ~ 1880MHz 以内的信号通过，该范围以外的信号都被滤除。

C638、C641、L614：构成 GSM900MHz 接收信号的平衡耦合电路。C638、C641 为耦合电容，L614 为平衡电感，它的作用就是平衡分配滤波器输出的信号。

C635、C636、L612：构成 DCS1800MHz 接收信号的平衡耦合电路。C635、C636 为耦合电容，L612 为平衡电感。

4.2.2 手机发射电路图解

1. 手机发射电路的构成

所谓发射，即将语音通过送话器转换成音频信号通过一系列处理后由天线发射出去的过程。发射用“TX”来表示，在手机电路原理图中，只要我们看到有一个“TX”与其他英文的组合，那说明它一定与发射电路有关。

手机发射电路为上变频电路，这个我们在前文已作了解。

手机的发射电路仍然分为两部分，一部分手机的发射射频部分，另一部分手机的发射逻辑部分。其射频部分主要由天线开关、功放（功率放大）IC、发射 VCO、射频 IC 等组成；发射逻辑仍由 CPU、音频处理 IC 或者集成在电源 IC、或者 CPU 内的音频电路组成，如图 4-6 所示。

2. 手机发射电路的演化

与接收电路一样，手机发射电路也经历了一个从分立元器件到集成的元器件的过程。

在早期手机的发射电路中，天线开关、功放电路、功控（功率控制）电路、发射本振 TXVCO、射频 IC 都是分立的，逻辑处理中的 CPU、音频也是单独的。随着科技的飞速发展，目前大多数手机发射电路都采用高度集成的方式，将天线开关和功放集成在一起，发射本振集成在射频 IC 里边，音频处理集成在 CPU 或者电源 IC 里边。图 4-6

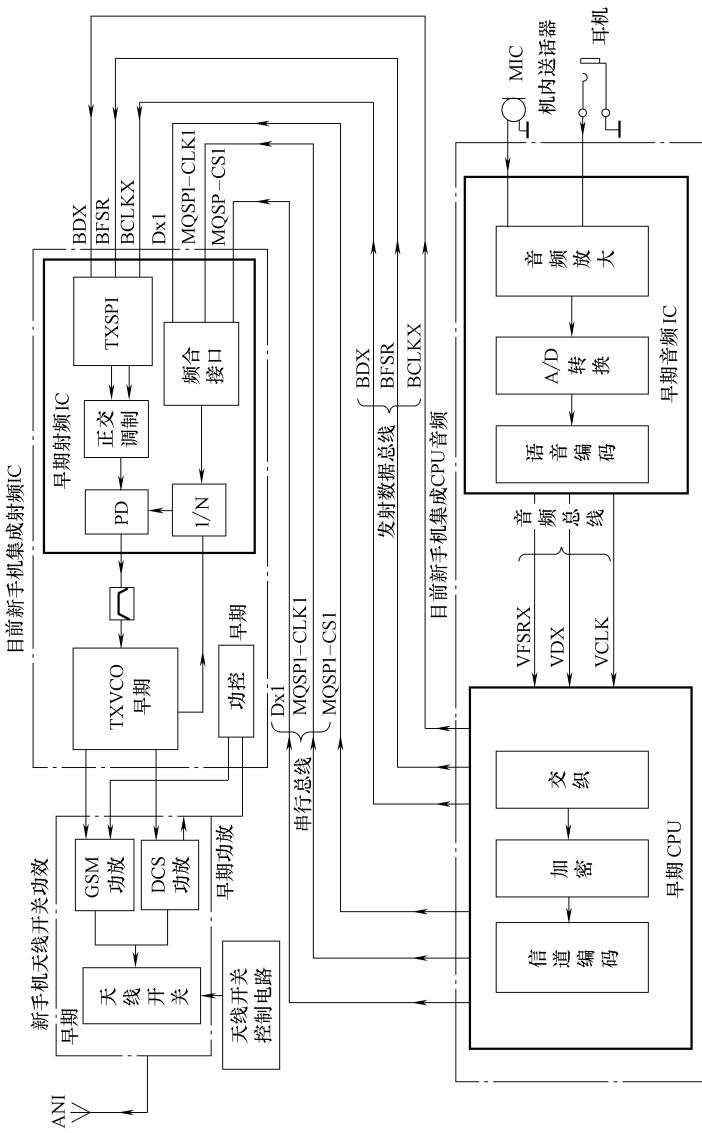


图 4-6 手机发射电路结构框图



所示为手机发射电路结构框图，图中有早期手机发射电路集成度和目前手机发射电路集成度的对比。

(1) 发射逻辑部分的对比

从图 4-6 中可以看出，早期手机的发射逻辑电路结构为：送话器信号进入早期的音频 IC 里边进行音频处理，产生出发射音频总线信号（包括发射音频检测信号 VFSRX、发射音频数据信号 VDX、发射音频时钟信号 VCLK）送到早期 CPU 里边进行数字处理（包括交织、加密、信道编码），产生出发射数据总线信号。

而目前新型手机则是将音频和 CPU 集成在一个大型的 CPU 或者电源 IC（图中没有画出）芯片里边。

(2) 发射射频部分的对比

从图 4-6 中可以看出，早期手机的发射射频电路结构为：早期的射频 IC 里边只有发射串行接口电路 TXSPI、正交调制、鉴相 PD、分频器 1/N、频合接口电路等，发射本振电路模块 TXVCO 和功控电路都是单独的；而目前新型手机的射频 IC 把发射本振电路模块 TXVCO 和功控电路都集成在一个大型的射频 IC 里边。

另外，早期的功放 IC 是 GSM 和 DCS 频段各用一个 IC，或是两个频段合成一个功放 IC，天线开关也是一个单独的 IC；而目前新型手机是将功放和天线开关用一个大型的集成模块来完成。

3. 手机发射电路的工作原理

与分析手机接收电路一样，我们仍需先从早期分立元件电路入手，来分析手机的发射电路。进而，才能理会目前集成是怎样一回事，究竟哪些电路进行了集成。这是一个基本的认知过程。

下面，我们就来分析早期手机发射电路的结构原理。如图 4-7 所示，为早期手机发射电路的结构框图。

(1) 英文符号的含义

下面我们对图 4-7 中重要的英文符号的含义作一简要的了解。

MIC：表示手机送话器。

A/D：表示模/数转换器。A 表示模拟信号，D 表示数字信号。

VFSRX：表示收发检测电压信号。V 表示电压，FS 表示检测，R 表示接收，X 表示发射。

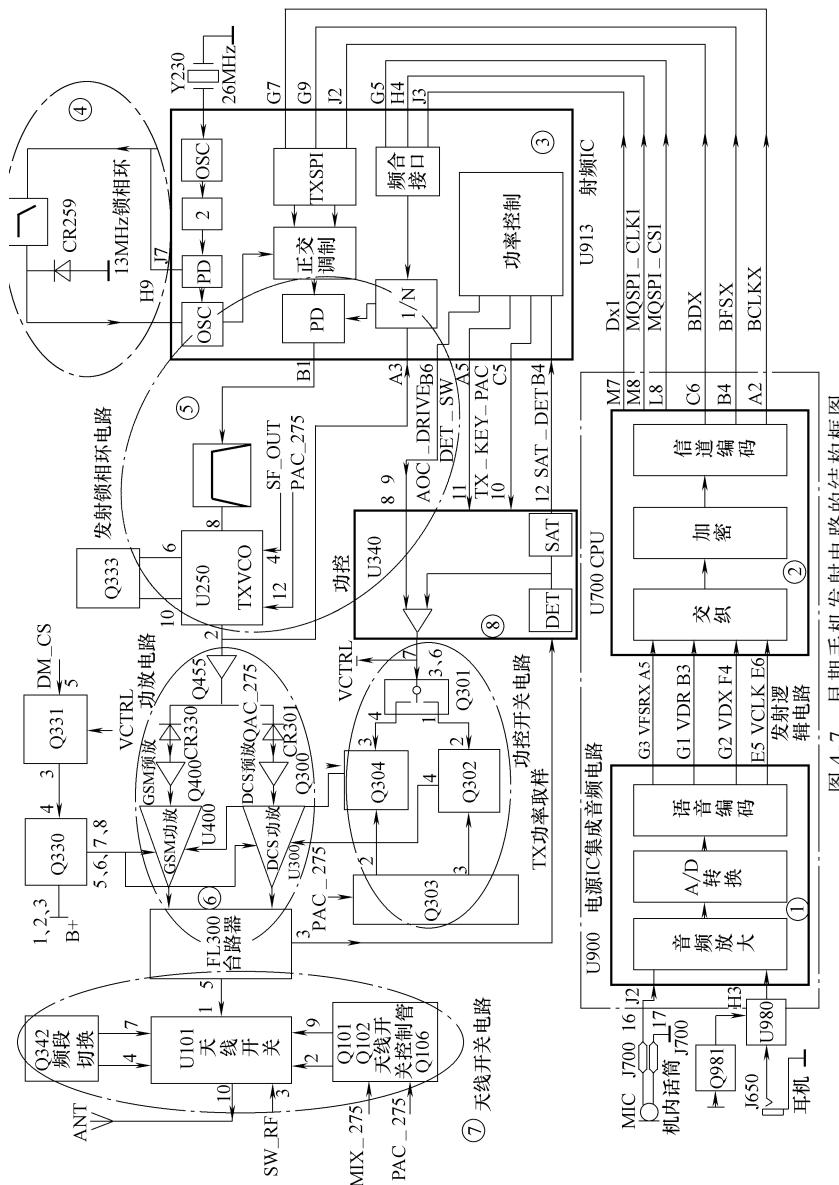


图 4-7 星期五初发射自路的结构框图



VDR: 表示接收数据信号。V 表示电压，D 表示数据，R 表示接收。

VDX: 表示发射数据信号。V 表示电压，D 表示数据，X 表示发射。

VCLK: 表示收发时钟信号。V 表示电压，CLK 表示时钟。值得说明的是，VCLK 和 VFSRX、VDR、VDX 等合起来表示手机收发语音数据信号，也称为收发语音数据流信号或者语音数据总线信号，常用于摩托罗拉手机中。

BDX: 表示发射数据总线信号。B 表示总线，D 表示数据，X 表示发射。

BFSX: 表示发射检测总线信号。B 表示总线，FS 表示检测，X 表示发射。

BCLKX: 表示发射时钟总线信号。B 表示总线，CLK 表示检测，X 表示发射。值得说明的是，BCLKX 和 BDX、BFSX 合起来表示发射数据总线信号，简称为发射数据流。

MQSPI_CLK1: 表示串行时钟信号。MQSPI 表示串行信号。

MQSPI_CS1: 表示串行片选信号。

Dx1: 表示串行数据信号。这里简写了 MQSPI。值得说明的是，Dx1 和 MQSPI_CLK1、MQSPI_CS1 合起来表示为频率合成串行总线信号。有的手机则表示为 SYNEN (EN) 和 SYN CLK、SYN DATA。

OSC: 表示振荡器。它与压控振荡器 (VCO) 是不同的，压控振荡器是要受锁相电压控制，而 OSC 工作的条件只需要供电即可振荡工作。

TXSPI: 表示发射串行接口电路。它将 CPU 输入的发射数据信号转变成发射模拟信号，以便完成发射模拟信号的调制。

PD: 表示鉴相器。鉴相器输出的是锁相电压，变频器输出的差频频率信号，这是两个不同的概念。

SF_OUT: 表示超线性滤波供电。为 2.5V，由中频 IC 输出。

PAC_275: 表示发射功控电压。为 2.75V。

TXVCO: 表示发射压控振荡器。也就是说是电压控制的振荡器。

AOC_DRIVE: 表示自动控制驱动信号。

DET_SW: 表示发射检测开关信号。DET 表示检波、检测；SW



表示开关。

TX_KEY_PAC: 表示发射启动功控信号。TX 表示发射，KEY 表示开启，PAC 表示功率控制信号。

SAT_DET: 表示饱和度检测控制信号。SAT 表示饱和度控制信号，DET 表示检测信号。

VCTRL: 表示发射功控信号。

DM_CS; 表示发射功率控制启动信号。

SW_RF: 表示射频开关控制信号。

MIX_275: 表示混频供电电压。为 2.75V。

(2) 电路中的元器件

由于发射电路是从手机话筒到天线的电路，因此我们先从话筒开始对元器件进行了解。

J700: 即送话器接口。

J650: 即耳机接口。

U980: 即耳机信号输入放大器。

Q981: 即耳机放大器供电管。

U900: 即电源 IC。它在这里是集成音频的作用，实现对音频信号的处理。

U700: 即 CPU。它起着对手机发射信号进行数字调制等作用。

U913: 即中频 IC。它在发射电路中的作用是完成发射信号的调制、鉴相等。

Y230: 即 26MHz 主时钟晶体。在这里它是参考时钟，它经过分频后与 CPU 送来的发射数据转变成的模拟信号进行正交调制处理，送到鉴相器处理，然后输出锁相电压。

CR259: 即 13M 锁相环电路中的变容二极管。从中频 IC 的 J7 脚输出鉴相后的锁相电压经低通滤波元件后，给该二极管充电，再放电，产生微弱的振荡控制其内部的 OSC 振荡器产生一个准确的 13M 调制信号的作用。

U250: 即发射压控振荡器 TXVCO。它的作用就是将中频 IC 鉴相输出的语音信号电压作为锁相电压的形式经低通送到 TXVCO，控制发射 VCO 产生 880~915MHz 并调制语音信号输出的作用。



Q333：即发射频段切换管。

Q455：即发射本振输出的调制信号 880 ~ 915 MHz 的前置放大管。

CR330、CR301：即发射放大信号输出钳位二极管。钳位即固定位置，也就是说，通过该二极管的信号电压幅度固定为 2.0V，超过 2.0V 的信号就可以通过，低于 2.0V 的电压信号就不能通过，起到钳制作用。

Q400、Q300：即发射预放管。它是将前置放大管送来的信号进一步放大，实现较大功率发射。

U400：即 GSM 频段功放 IC。主要是实现发射调制信号 880 ~ 915 MHz 功率放大作用，一般手机发射时功率都是很大的，发射电流一般为 350 ~ 500mA。

U300：即 DCS 频段功放 IC。主要是实现发射调制信号 1710 ~ 1.785 MHz 功率放大作用，目前 DCS 频段没有使用，因此该功放对手机没有多大影响。

Q330：即发射功放供电管。

Q331：即发射功放供电控制管。

FL300：即发射耦合器。又称发射合路器，它有两个作用：发射时将功率放大信号耦合到天线开关；将发射放大的功率信号耦合反馈到功控电路中实现功率控制。

U101：即天线开关，主要完成手机的收发切换和频段切换。

Q101、Q102、Q106：即天线开关控制管。

U340：即功控 IC。它主要起到对手机发射功率实现控制的作用。

Q301：即功控误差电压开关切换管。分别切换在 GSM 和 DCS 两个频段。

Q302：即 DCS 功控开关控制管。

Q303：即功控开关切换控制管。

Q304：即 GSM 功控开关控制管。

(3) 手机发射电路的工作原理

下面，我们针对图 4-7 所示的接收电路来具体了解手机接收电路的工作原理。我们仍从话筒开始来分析。

首先，送话器（话筒）将声音信号转变为音频电信号后，到电



源 IC 里边的音频处理电路。

送到电源 IC 里边的音频信号在其内部进行音频放大，模/数（A/D）转换后，进行语音编码形成语音数据流信号（VFSRX、VDR、VDX、VCLK）送到 CPU 进行交织、加密、信道编码等数字处理，形成发射数据流信号送到中频 IC，经过 TXSPI 发射串行接口电路将发射数据信号转变成发射模拟信号 TXI 和 TXP，以便完成发射模拟信号的正交调制，得到发射调制信号 $13\text{MHz} + \text{TXI}$ 和 TXP 信号，与来自 U250 发射压控振荡器反馈回来的分频信号进行鉴相处理，输出 TXI 和 TXP 锁相电压信号，经低通滤波电路后，到发射 VCO 的 8 脚，控制发射 VCO 的振荡频率为 $880 \sim 915\text{MHz} + \text{TXI}$ 和 TXP 高频调制信号。

值得说明的是，U250 发射压控振荡器工作必须具备以下条件：

- 1) 供电条件：4 脚 SF_OUT 就是供电，为 2.5V。
- 2) 启动控制信号：12 脚 PAC_275 就是发射启动控制信号，其值为 2.75V 脉冲。
- 3) 频段切换控制信号：6 脚、10 脚就是频段切换控制信号，由 Q333 提供。
- 4) 锁相电压控制：8 脚即为锁相电压控制，其值为 1 ~ 4V。

通过发射压控振荡器进行高频调制的 $880 \sim 915\text{MHz} + \text{TXI}$ 和 TXP 信号，送到前置放大管 Q455 进行前置放大到一定的电压幅度，超过了 CR330 的钳位电压后，将其放大的信号送到预放管 Q400 进一步放大，再送到功放 IC，实现大功率放大。

功率放大的信号经 FL300 合路器分为两路：一路送到天线开关，通过天线开关切换后经天线发射出去；另一路是作为取样反馈信号，将其取样部分信号反馈到功控 IC 中，经过功控内部的饱和度检测后，直接输出误差电压，去控制功放的发射功率大小。

上述就是整个发射电路的工作原理。

《4.3 手机开机电路图解》

前面我们知道，手机开机电路由电源电路、时钟电路、逻辑电路



等组成。下面，我们就来进行详细的了解。

4.3.1 手机电源电路图解

1. 手机电源电路的构成

如图 4-8 所示，手机电源电路由手机电池、开机电路、电源 IC、组电压输出电路、组电压滤波电路、升压电路、其他供电电路等构成。

图 4-8 中：

- A——电源 IC；
- B——电池接口；
- C——开机电路；
- D——组电压输出；
- E——组电压输出滤波电路；
- F——升压电容构成的升压电路；
- G——SIM 卡接口电路。

(1) 电源 IC 的识别

要在手机电路中识别出电源 IC，应掌握以下要点：

1) 必须看它的引脚上有没有 VBATT 英文符号，它表示电池供电的意思。如图 4-8 中的 4 脚。

2) 必须看它有没有 ON/OFF 或者 POWER 这个开关的英文。如图 4-8 中的 1 脚。

3) 必须看它有没有带有很多 V 字母开头表示组电压输出的英文及其连接的每一组上都有滤波电容的电路。如图 4-8 中 41、25、23、22、42、14 等引脚都标有 V 字母开头的英文和接有滤波电容。

我们说，只要满足上述 3 个基本条件，一般就可以判断该 IC 就是电源 IC。

(2) 电源 IC 是否集成了音频处理电路的识别

在前面射频电路部分的电路图 4-7 中，我们会看到“电源 IC 集成音频电路”一部分。

其实，早期的手机音频 IC 与电源 IC 是分开的，而目前新型的手机都是内引脚的 BGA 封装 IC，而且大多数电源 IC 都集成了音频电路。

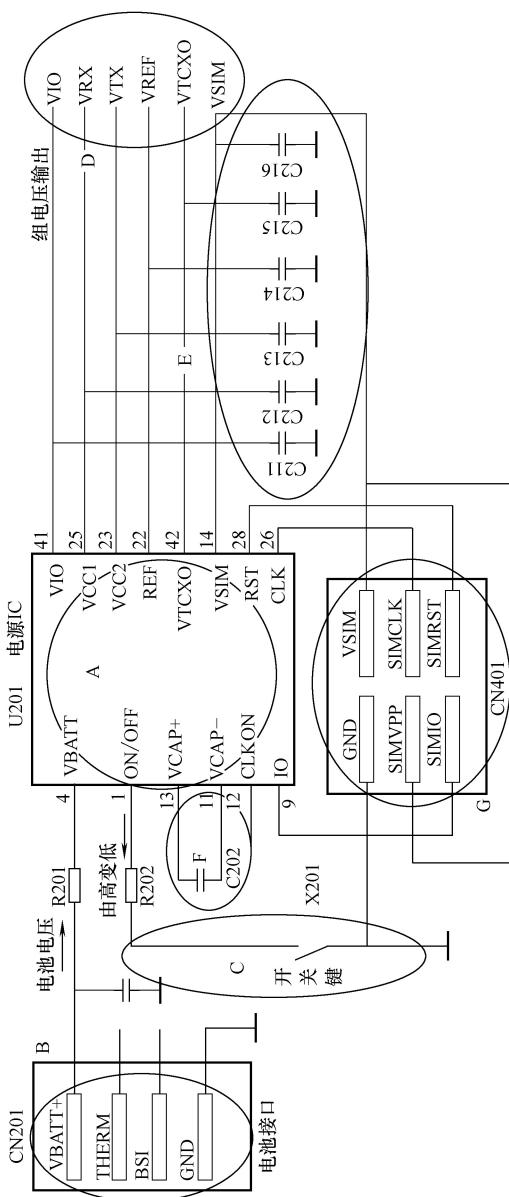


图 4-8 手机电源电路的构成



那么，在实际工作中，我们应该如何识别哪一种电源 IC 没有集成音频处理电路，哪一种又是集成了音频处理电路呢？其实这很简单！

如图 4-9 所示，为一个电源集成音频处理的 IC。

首先，我们从图 4-9 中 D 部分看到有 V 字母开头的英文，在部分处看到 POWER-ON/OFF 的英文，在 B 部分看到标有 VBATT 的英文，由此我们可以判断该 IC 为电源 IC。

然后，我们可以从图中 F 部分看到手机话筒信号、听筒信号、耳机听筒信号及其英文符号等，这表示有音频信号输出和输入，由此可知其该电源 IC 内部包括了音频处理电路。

2. 手机电源电路的工作条件

若要手机电源电路保持正常工作，必须满足以下几个条件，电源 IC 即可正常工作输出组电压。

(1) 电池供电要正常

电池供电正常即 $VBATT = 3.6V$ 。这里需要注意的是，一个电源 IC 的引脚上，通常不单是一个引脚标有 VBATT 这个英文，还有其他引脚都标有的，都是表示电池供电，原因是电源 IC 内部有很多的稳压电路，因此每一个稳压电路都需要电池供电，然后稳定输出。

(2) 开机线路要正常

1) 开机电路的识别。首先，我们来了解如何在手机电路原理图中识别开机电路。这很简单，只要在电源 IC 的引脚上看到有一个英文为 ON/OFF、KEYON、SW 或者 POWER，同时外接电路中连接有一个开机键或者通过内部接口连接到开机键，就说明该电路是开机电路。如图 4-9 中的 31 脚就是这样的表示，因此它就是该手机的开机电路。

2) 开机电路是否正常工作的判断。判断开机电路正常工作的简单方法有以下两种：

① 用稳压电源加电，按下手机开机键，如果电流表上指针摆动，就说明开机电路是正常的，如果无电流反映，说明开机电路不正常。

② 用示波器测量开机键上的电压，用镊子短接开机键的两个触点，如果示波器上有电压跳变，也说明开机电路是正常的。

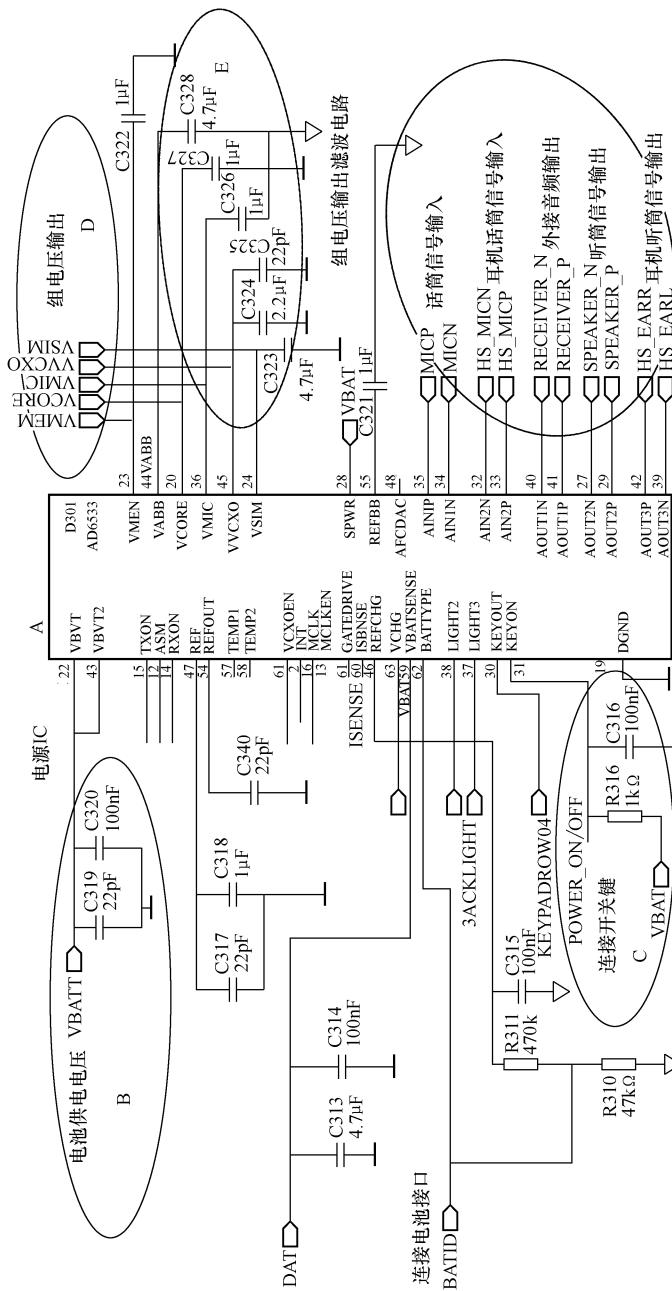


图 4-9 电源集成音频处理的 IC



3) 开机电路不正常的检修。开机电路不正常的检修同样较为简单，其方法如下。

首先检查开机键；其次是检查开机电路中有无电阻元件开路或者虚焊断线；其三是检查开机键连接接口是否有虚焊或者接触不良；第四是检查电源 IC 或者重植、更换电源 IC 试机。通过以上步骤，即可修好开机电路。

(3) 电源 IC 本身要正常

那么，如何判断电源 IC 正常与否呢？其方法如下。

由于电源 IC 是集成电路，一般采用加焊、重植、更换的方法来试机。也可以测量其输出的组电压是否正常来判断其正常与否，如果组电压中，有一组电压不正常，除了外围电路不良外，电源 IC 本身也有可能损坏。

(4) 电源 IC 外围电路及控制要正常

控制要正常是指手机开机的最后一个条件，即维持信号。那么，什么是维持信号呢？

1) 维持信号的含义。维持信号就是开机的供电、时钟、复位及其软件都正常的情况下，逻辑系统正常工作后输出的信号。又称“看门狗”信号，通常用 Watchdog 英文的简写“WDOG”来表示。

2) 维持信号的作用。简单来说，维持信号的作用就是维持手机持续开机工作。在维修时会发现，如果没有维持信号，按下手机开机键松开手后，手机会立即关机，这种现象就说明没有维持信号导致手机不能开机。

当手机出现松手就关机时，判断为没有维持信号。此时，首先要考虑开机条件中前面的四大条件是否都正常；其次是检查维持信号电路是否由开路引起。

3. 手机电源电路的工作原理

由于电源 IC 封装形式的不同，对于手机电源电路的工作原理，我们可分 3 种情况来了解，即：

- 1) 内引脚 BGA 封装的电源 IC 组成的电源电路的工作原理；
- 2) 外引脚电源 IC 组成的电源电路的工作原理；
- 3) 分立元件的供电管组成的电源电路的工作原理。



下面，我们重点就外、内引脚的电源 IC 电路的工作原理作详细的了解。

(1) 内引脚 BGA 电源集成 IC 的工作原理

如图 4-10 所示，为内引脚 BGA 封装的电源集成 IC。

1) 电源 IC 功能引脚的英文含义及其正常工作的三大电路。我们先来对图 4-10 中电源 IC 的主要功能引脚的英文含义及其正常工作的三大电路作一简要的了解。

① 电池电压供电输入脚电路。如图 4-10 所示，H3 脚、J3 脚都有 VBATT 的英文，表示电池电压输入的意思。

在图 4-10 的左上方和右下方，都可以看到一个 VCC4 的英文符号。仔细看右下脚的 VCC4 是 VBATT 经过一个供电限流保护电阻 R25 (0Ω) 转换而来的，因此应该明白 VCC4 实际上就是电池电压 VBATT 的供电 3.6V，这个电压送到左上角电源 IC 的其他供电引脚，为稳压输出提供准备。

因此，从这里可以看到的是整个电源 IC 的供电引脚除了 H3 脚、J3 脚外，还有 M9 脚、L11 脚、L12 脚、L1 脚、B9 脚。

M9 脚、L11 脚、L2 脚、L1 脚、B9 脚等几个引脚是与组电压输出引脚一起的，因此可以知道这些电压就是为输出组电压内部的稳压器提供的供电。如图 4-11 所示，为其内部稳压电路结构的简图。

从图 4-11 中我们可以看到 7 个 REG 电路，REG 表示稳压电路。每一个 REG 小方框都有 $VCC4 = VBATT = 3.6V$ 输入，也都有一个控制端输入，这里为了简化用一个总控制端表示，实际上它们是不同的控制输入。

图 4-11 中电阻元件 R25 (0Ω) 非常重要，它起到保护作用。如果电池电压过高，没有这个 0Ω 的电阻，电源 IC 就会因为这个过高电压而损坏，有了这个电阻保护，电压过高了，它就最先开路损坏，保护了电源 IC。

每一组电压都有一个滤波电容（从电容的容量参数来看，该电容在手机中是一个比较大的，因为手机里边电容的容量都是比较小的，一般为 nF 级的电容，所以作为电池供电的滤波电容都比较大，只要看到比较大的电容都可以先把它判断为电池供电的滤波电容），

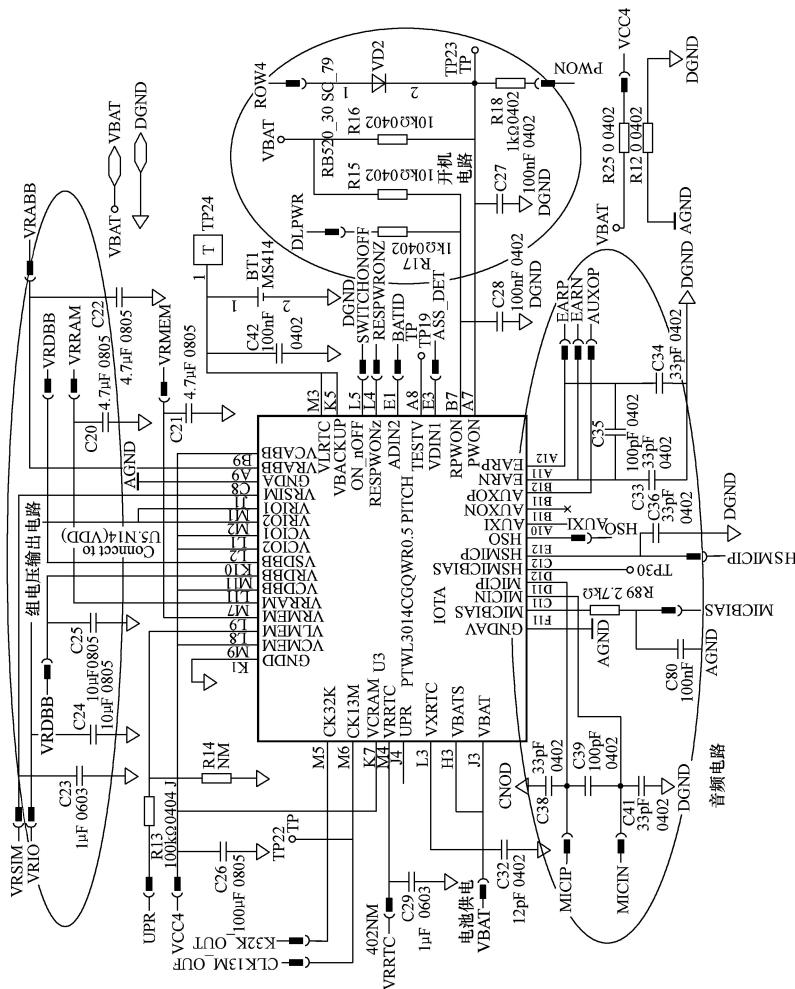


图 4-10 内引脚 BGA 封装的电源集成 IC

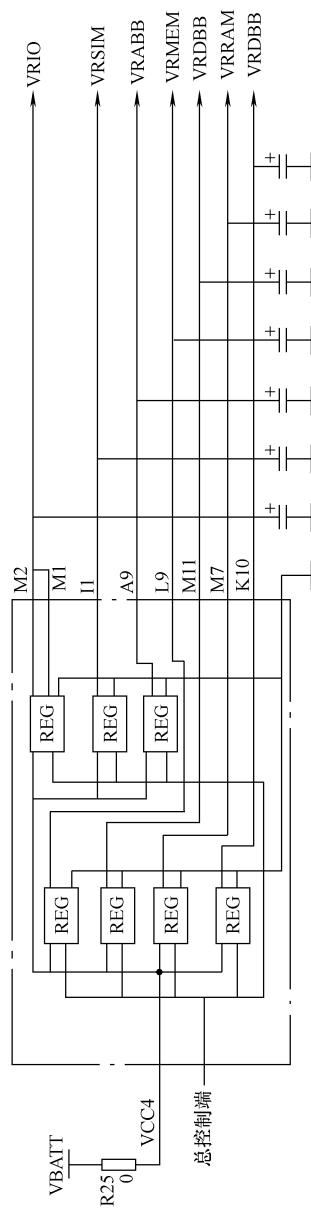


图 4-11 内部稳压电路结构的简图



其对应的编号可以通过图 4-10 所示来看。由此可知，电源 IC 组电压输出都有滤波电容，这就是判断手机主板上电源 IC 的方法，也就是只要在手机主板上看到哪—个 IC 外围的电容元件又大又多那一定是电源 IC 了。

② 开机电路的判断。前面我们已经知道，开机电路的判断首先必须看有没有 ON/OFF 或者 POWER-ON、KEY、SW 等相关的英文。在图 4-10 中，我们在 A7 脚、B7 脚内部看到有 RPWON、PWON，它们表示开关，说明这两个引脚连接的一定是开机电路。

③ 组电压输出电路的判断。判断电源 IC 组电压输出，只需看看电源 IC 的引脚有多组 V 字母开头的英文，同时在输出端看到都有滤波电容，这就是我们要判断的组电压输出。这在前面“电池电压供电输入脚电路”一部分我们已作了解。

2) 内引脚 BGA 电源集成 IC 的工作原理简介。这里，我们主要就图 4-10 中电源 IC 开机部分的工作原理做一简要的了解。

我们知道，手机开机必须满足五大条件（即：供电、时钟、复位、软件、维持等）必须正常。其中的供电由电源 IC 来提供，电源 IC 的供电由手机电池来提供。具体来说，电源 IC 开机部分的工作原理如下。

电池供电直接提供到电源 IC 的 H3 脚、J3 脚，此时通过电源 IC 内部转换电路，使得电源 IC 的 A7 脚输出一个开机高电平 VH（因为有一个 PWON 表示电源开关）。其外接的 VD2 二极管为开关机二极管，R18 为开机电阻，通过该电阻连接到手机的开机键。当按下手机的开机键时，高电平 VH 就会变成低电平，再反回电源 IC 的 A7 脚，触发电源 IC 内部的稳压电路，产生不同的组电压输出。

如果其中某一组电压输出不正常，就要检查其供电 VCC4 是否正常，可在 C26 上测到，如果有就说明供电正常，如果没有 VCC4，必须检查电阻 R25 是否开路损坏，否则短接该电阻即可。再仔细测量组电压输出电容上的电压，看输出是否完全正常，如果某一组不正常，可检查外接的滤波电容是否短路或者其负载短路，可以先拆下滤波电容一个一个试，这样就可以判断故障点所在。

(2) 外引脚电源 IC 组成电路的工作原理

如图 4-12 所示，为外引脚电源 IC 组成的电源电路。

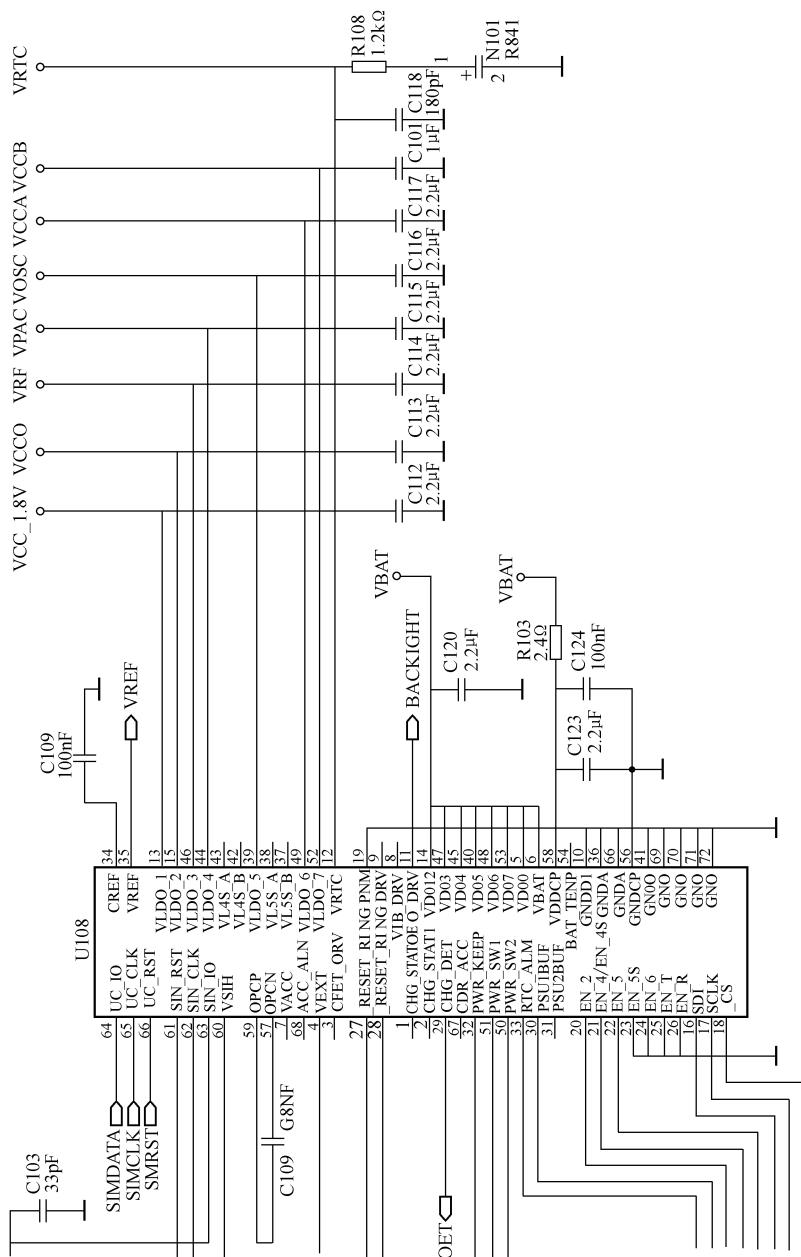


图 4-12 外引脚电源 IC 组成的电源电路



1) 电源 IC 功能引脚的英文含义及其正常工作的三大电路。我们先来对图 4-12 中电源 IC 的主要功能引脚的英文含义及其正常工作的三大电路作一简要的了解。

① 电池供电的引脚电路。图 4-12 中, 14 脚、47 脚、45 脚、40 脚、48 脚、53 脚、5 脚、6 脚、58 脚等引脚外接一个英文 VBATT, 表示这些引脚都是电池电压直接送到电源 IC 作为供电的, 同时在供电线上还接了滤波电容 C120 (2.2μF)。

② 开机电路的判断。开机电路的判断方法我们已作了解, 在图 4-12 中, 我们发现 51 脚、50 脚分别标有 PWR_SW1 和 PWR_SW2, 这两个英文都表示电源开关的意思, 那么在这两个英文的电路中一定就是连接开机键的。

手机有 3 种开机方式: 第一种是加电池开机, 第二种是加稳压电源开机, 第三种是尾插充电开机。而图中的两个引脚 PWR_SW1 和 PWR_SW2 则分别表示加电池开机, 充电开机的意思。PWR_SW1 表示连接开机键, 手机加电池后按开机即可开机。PWR_SW2 是连接到尾插供电的检测脚, 实现尾插供电开机。

③ 组电压输出电路的判断。在图中我们可以看到, 13 脚、15 脚、46 脚、44 脚、39 脚、49 脚、52 脚, 在 IC 内部都是 VLDO 表示。

其中, 13 脚 VCC_1.8V, 它与 CPU 电路上引脚的英文相同, 可以判断它是为 CPU 的供电, 简称为逻辑供电。

对 46 脚的 VRF 来说, 它与射频 IC 电路上的英文相同, 可判断它是给射频 IC 的供电, 即射频供电。

对 44 脚的 VPAC 来说, 它也是送到射频集成电路中, 可以判断它是手机的鉴相供电。通常把 VAPC 或者 VPAC 都用来表示鉴相供电。

对 39 脚的 VOSC 来说, OSC 表示振荡器, 而且通常表示手机的主时钟振荡器, 所以加了 V 即表示主时钟振荡器供电, 该供电是送到主时钟晶体上的, 所以称为主时钟供电。

对 12 脚的 VRTC 来说, 它表示实时时钟供电。实时时钟的含义我们在后文将作详细的了解。



2) 外引脚电源 IC 组成电路的工作原理。首先，我们先找到电池接口。当找到了起点电池接口，就可以知道电池电压就会通过一些电阻元件（如图 4-12 中的 R103）或者直接送到电源 IC 引脚上作为电源 IC 的供电（VBATT 标示）。

电源 IC 得到供电后，立即通过内部的变换电路，从其中的一个引脚输出一个开机高电平 VH，通过开机电阻或者直接连接到开机键的一端，当按下开机键后，这一端的高电平会通过开机另一端接地而变成低电平 VL，这个低电平又会回送到电源 IC 内部，触发电源 IC 内部的稳压电路输出各路电压。各路电压都有一个滤波电容，它们都安装在电源 IC 的外围，这为电路设计带来方便，同时也为维修带来方便。

4.3.2 手机时钟电路图解

1. 手机时钟的概念及其作用

所谓的手机时钟，我们可以用一个简单的比喻解释：手机的时钟就是我们的时间，也就是我们平时工作时的上下班铃声，有了它的提示，我们才知道上班时间和下班时间，而且每天都是有一定规律，这个规律全靠我们的时钟来决定。

我们也知道，手机中的 CPU 是手机电路工作的核心器件。CPU 由程序计数器、指令寄存器、指令译码器、时序产生器、操作控制器及运算器等组成，CPU 要计数、要寄存、要译码、要控制、要运算，都是需要时间序列来完成的，没有时间序列是无法进行有序的工作的，因此时钟在逻辑电路中是一个非常重要的条件。

在手机电路中，我们可以看到的时钟主要有 3 个：

- 1) 开机所需的主时钟；
- 2) 射频所需的参考时钟；
- 3) 手机用于时间显示或者待机工作的实时时钟。

在手机电路中，时钟的英文都用“CLK”来表示。不过，由于机型的各异，时钟信号的表示也不是完全相同的，比如摩托罗拉手机表示为“CLK_13MHz”，三星手机表示为“CLK13M_TR”，诺基亚手机表示为“RFCLK”。

通过比较可以看出，无论时钟信号怎么表示都有一个“CLK”英



文，所以只要有这个英文，我们就认为是 CPU 的时钟，即主时钟信号，如图 4-13 所示。



图 4-13 时钟在手机电路中的表示方法

图 4-13 中，在引脚上我们可以看到有“CLK13M”的标示，这就是 13MHz 主时钟的意思。

2. 手机主时钟

所谓的手机主时钟，就是用于开机时逻辑电路进行有时间序列的控制和运算所需的、有规律的、稳定的、准确的时钟。

(1) 手机主时钟的产生及晶振

手机的主时钟是由时钟晶体产生的。该晶体被称为主时钟晶体振荡器，简称为“晶振”。如图 4-14 所示，为晶体振荡器的实物图及电路图形符号。



图 4-14 晶振

a) 实物图 b) 电路图形符号

主时钟晶体振荡器常用有 13MHz、26MHz 等。它是一个组件，不是一个单一的器件，它表现在外的是 4 个引脚，在手机中是固定不变的，分别是 1 脚为自动频率控制脚 AFC，2 脚为接地脚，3 脚为 13MHz 或 26MHz 时钟信号输出，4 脚为供电脚 VCC，



如图 4-15 所示。

(2) 主时钟的工作原理

1) 主时钟晶振的工作条件。主时钟晶振的工作条件是供电 $VCC = 2.8V$ 要正常，如果没有供电，则没有主时钟产生，手机就不能开机。自动频率 $AFC = 1.2V$ 要正常，接地要正常，满足这 3 个条件后，主时钟应该有输出，否则自身损坏。

2) 主时钟电路的工作原理。如图 4-16 (见书后插页) 所示，为主时钟电路的组成。我们以此作参考来分析主时钟电路的工作原理。

① 晶振结构解析。下面，我们对图 4-16 中重要的器件——晶振 (U603) 做一简要的了解。

U603 即 26MHz 晶振组件。它是产生主时钟信号的主要器件，其功能引脚是固定不变的。

1 脚：AFC 自动频率控制信号。它是由 CPU 输出来的，中间经过了一个 R610、C649 组成的滤波电路。

2 脚：接地脚。该脚如果开路就不能构成主时钟晶体的工作回路。

3 脚：OSCOUT 主时钟信号输出。经过一个耦合电容 C642、R611 组成的耦合滤波电路后，送到中频 IC (即射频信号处理器) 的 29 脚 (XTAL，表示振荡晶体)，在内部进行放大处理，之后从 31 脚 (REFOUT，表示射频参考信号) 输出，经过滤波电容 C637 耦合，送到 CPU 的 A2 脚 (SYSCLK，同步时钟，即开机时的同步时钟) 输入，控制 CPU 内部的程序正常启动运行。

4 脚：VCC 供电，外接有一个英文 PMIC_VTCXO 表示时钟供电的意思，只要是写 VTCXO 都表示时钟供电，没有时钟供电就不能开机。

② 主时钟电路的工作原理。当手机加电，按下开机键后，电源 IC 瞬间输出一个逻辑供电 VCORE、VMEM 给 CPU。

CPU 启动主时钟供电启动信号 VTCXO_EN，从 CPU 的 T1 脚输

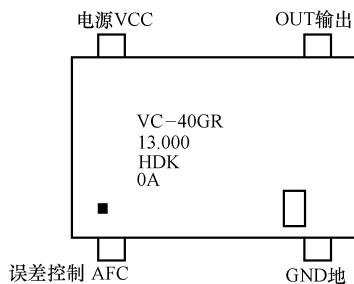


图 4-15 晶振组件引脚示意图



出，回送到电源 IC 的 31 脚，控制电源 IC 内部的稳压器工作，然后从电源 IC 的 25 脚输出 PMIC_VTCXO 主时钟供电电压，通过滤波电容 C411 和 R619、C645 组成的滤波电路后，送到主时钟 26MHz 晶体的 4 脚，作为供电。

U603 得到供电后，开机振荡工作。同时在 1 脚的 AFC 控制下，产生 26MHz 主时钟信号，从晶体的 3 脚输出，经过 C642、R61 耦合组成的电路，送到中频 IC 内部放大，之后从中频 IC 的 31 脚输出，通过耦合电容 C637 后送到 CPU 的 A2 脚，启动 CPU 内部的开机程序运行，完成手机开机。

3. 手机参考时钟

所谓的参考时钟，又称参考频率、基准时钟或基准频率。

基准，简单地说就是以它为标准，其他频率与它相比较能得到一个误差的信号频率，这里的基准就是我们的基准频率，也就是基准时钟，即参考时钟。

举一简单的例子，考试以 60 分为标准，这个 60 分就是基准。只不过参考时钟不是分数，而是时钟。

手机中常用的参考频率大多是 13MHz，因此这个 13MHz 就是我们常说的参考时钟。

(1) 手机参考时钟的产生及其作用

参考时钟仍然是由 26MHz 或者 13MHz 晶体产生的，和前面的主时钟的产生是相同的。

这里我们一定要清楚，无论是主时钟还是参考时钟，在同一部手机里边它们都是由同一个时钟晶体产生，如图 4-17 所示，只是输出后分两个不同的去向：

一个去到射频 IC 进行放大后送到 CPU 作为开机的主时钟。

一个是去到频率合成电路中，与振荡电路产生的信号频率进行合成，也就是说，参考时钟在手机频率合成电路中，主要是将振荡器产生的信号频率与 13MHz 在频率合成电路中进行比较，产生误差的控制信号，控制振荡频率的稳定性。如果没有这个稳定的振荡频率，手机就会出现无信号或者无发射等故障，因此参考时钟 13MHz 在电路中起着非常重要的作用。

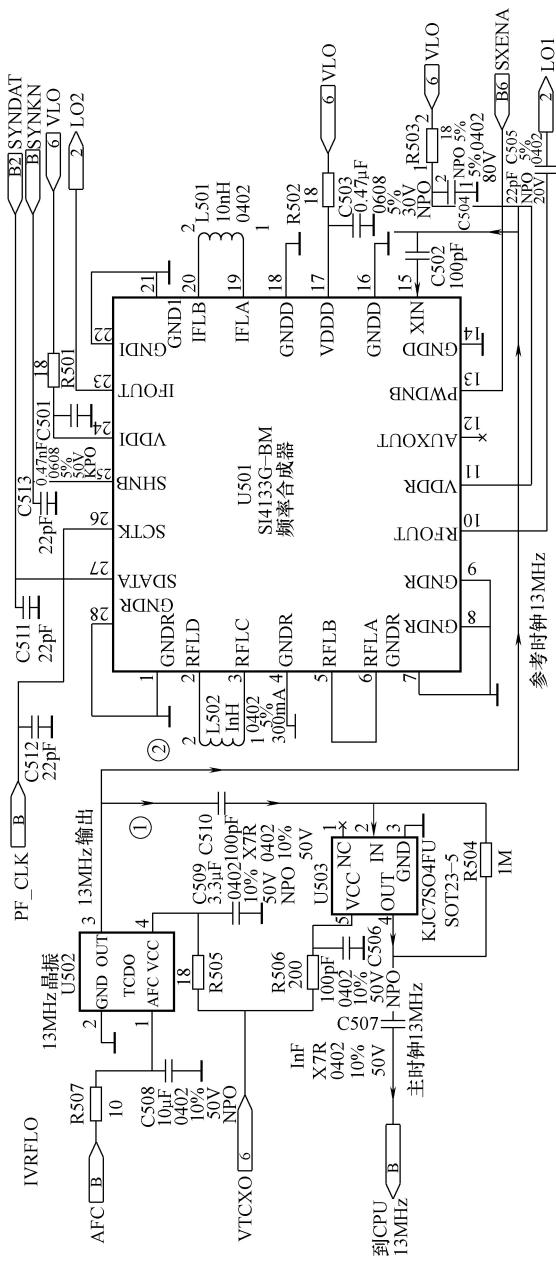


图 4-17 主时钟和参考时钟 (13MHz) 的产生电路



下面，我们对图 4-17 中重要的元器件做一简要的了解。

U501：即频率合成器。其 15 脚 XIN 表示时钟振荡信号输入，X 表示时钟振荡信号，IN 表示输入。

U502：即 13MHz 主时钟晶振。其 1 脚为 AFC 自动频率控制信号，2 脚为 GND 接地，3 脚为 OUT 13MHz 信号输出，4 脚为 VCC 供电。

U503：即 13MHz 主时钟信号放大管，经放大后的 13MHz 主时钟信号送到 CPU，作为手机开机的第二大条件。

C510、C507：即开机主时钟信号电路中的耦合电容。

R507、C508：即构成 AFC 自动频率控制信号中的滤波元件。R507 为电路中的降压限流电阻，C508 为滤波电容。

R505、R506：即供电限流保护电阻。

C506、C509：即主时钟晶振供电的滤波电容。

R504：即主时钟信号输出反馈电阻。其阻值很大，因为反馈的是交流信号，所以阻值相对来说就要大一些。

(2) 参考时钟电路的工作原理

我们知道，和主时钟一样，参考时钟也是由晶振产生的，只是两者输出去向不同。我们参考图 4-17，具体来了解手机参考时钟电路的工作原理。

当 VTCXO 主时钟供电电压通过滤波电路 R506、C509 到时钟晶振 U502 的 4 脚后，晶振开始振荡工作，产生 13MHz 信号，从 3 脚输出，分两路去向：

第一路（图中①箭头去向）通过 C510 耦合到 U503 放大管的 2 脚，经放大后，从 4 脚输出，经过 C507 耦合电容，送到手机的 CPU，为手机开机做好准备。

第二路（图中②箭头去向）通过耦合电容 C502 直接就送到频率合成器的 15 脚输入，为频率合成器内部提供一个基准频率，使之产生一个控制信号去控制手机的本振频率保持准确稳定，实现手机的接收和发射。

从以上分析来看，手机的主时钟信号与参考频率是相同的，只是去向不同而已。



4. 手机实时时钟

所谓的手机实时时钟，是指显示手机时间，包括年、月、日、时等的时钟。

实时时钟也称休眠时钟、待机时钟。我们会发现，平时如果打电话的次数或者时间较长的话，手机很快就没有电了，说明手机在接打电话时都很耗电；如果我们不打电话，手机耗电就慢。这是为什么呢？这是因为手机不打电话时，手机处于待机状态，此时手机耗电很少，控制手机待机时耗电少的控制信号就是我们这里的实时时钟，因此把这个控制待机时的实时时钟称为待机时钟或者休眠时钟。

(1) 实时时钟的产生

和主时钟产生的道理一样，实时时钟也是由一个时间晶体来产生，这个时间晶体就是我们通常说的 32.768kHz 贴片晶体。如图 4-18 所示，为 32.768kHz 贴片晶体实物图。



图 4-18 32.768kHz 贴片晶体实物图

如果将手机电池取下来充电，等充满电再装上电池后，手机时间仍然在走，与北京时间同步，这是因为手机中还有一个很重要的器件后备电池，正是因为有这个后备电池，才使得手机取下电池后，时间仍然还能同步。

实时时钟晶体电路一般是 32.768kHz 晶体与 CPU 内部的 OSC 振荡电路一起构成，它的后备电池供电电路基本都是与电源电路相连，既能实现后备电池的供电，又能实现后备电池充电的电路。

也有的是 32.768kHz 与电源 IC 内部的 OSC 振荡电路构成，然后从电源 IC 输出一个 32.768kHz 的信号到 CPU，控制手机的时间及待机模式。

(2) 32.768kHz 晶体与 CPU 构成的实时时钟电路

如图 4-19 所示，为 32.768kHz 与 CPU 内部的 OSC 振荡器一起构成的实时时钟产生电路。

1) 电路中元器件。下面我们将对图 4-19 中重要的电路元器件做一个简要的了解。

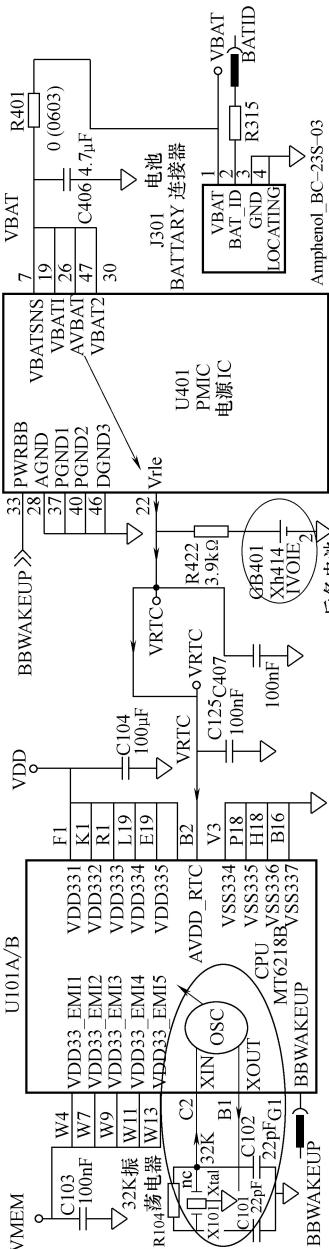


图 4-19 产生实时时钟的电路构成



U101A/B：即 CPU。其内部的 OSC 表示振荡器，这只是简单图形。

U401：即电源 IC。它是整部手机工作的能源。

J301：即电池接口。它为手机提供供电的总能源。

GB401：即后备电池。它是实时时钟电路中的一个主要器件。

X101：即 32.768kHz 实时时钟晶体。它是实时时钟电路中的关键器件。

C101、C102：即实时时钟的振荡电容。它与 32.768kHz 晶体一起构成手机的实时时钟振荡电路。

C103、C104：即 CPU 的供电滤波电容。

C125、C407：即 32.768kHz 实时时钟供电的滤波电容。

R422：即后备电池的充放电限流电阻。

C406：即电池供电滤波电容。

R315：即电池接口类型检测电阻。它的开路可使手机出现“非认可电池”等故障。

R401：即电池供电限流电阻。

2) 32.768kHz 晶体与 CPU 构成的实时时钟电路的工作原理。如图 4-19 所示，该类型的实时时钟电路的工作原理如下。

当给手机加电池时，电池电压通过电池接口 J301、R401、C406 限流滤波后，为手机电源 IC 供电。

当按下手机开机键后，电源 IC 的 22 脚输出一个实时时钟供电电压 V_{RTC} (1V) 分两路，一路经 R422 电阻到 GB401 后备电池 + 极，为后备电池供电；另一路经 C407、C125 滤波电容滤波后，送到 CPU 的 B2 脚 AVDD_RTC，为 CPU 内部的实时时钟振荡器与外部实时时钟晶体 X101 构成的振荡电路供电，使 CPU 内部的振荡器工作，将振荡输出的信号从 CPU 的 B1 脚输出 (XOUT 表示振荡输出)，经 C101 滤波后送到 32.768kHz 晶体 X101，使 X101 也开始启振工作，由于该晶体振荡频率是固定的 32.768kHz，因此控制输出的振荡频率也就为 32.768kHz，再回到 CPU 的 C2 脚输入 (XIN 表示振荡输入)，控制内部振荡器振荡在 32.768kHz 振荡频率状态，使之产生出准确稳定的振荡频率为 CPU 提供实时时钟和待机工作的时钟，这就是手机实



时时钟信号产生的原理，也是为什么我们手机的时间非常准确的原因。

3) 32.768kHz 晶体与电源 IC 构成的实时时钟电路

如图 4-20 所示，为 32.768kHz 晶体与电源 IC 构成的实时时钟电路。

1) 电路英文符号的含义。下面我们对图 4-20 中重要的英文符号的含义做一简要的了解。

BATTERY：表示电池电压。其电压值为 3.6V。

VBAT/D34VBAT/HCVBAT：都表示电池供电，只是表示在内部供电给不同的电路。

VSAVE：表示后备电池供电。它与 VRTC 意思相同。

OSCI/OSCO：分别表示振荡器输入和输出。SC 表示振荡器；“I”是 IN 的简写，表示输入；“O”是“OUT”的简写，表示输出。

CLK32K：表示时钟频率为 32MHz 信号。这里常表示 32.768kHz 信号输出。

2) 电路中元器件。下面我们对图 4-20 中重要的电路元件做一简要的了解。

U4：即电源 IC。该电源 IC 集成了一个 OSC 振荡电路，它是一个自由振荡电路，如果没有外接 32.768kHz 晶体，则它的振荡频率是随机的，是电路设计而固定，不受 32MHz 晶体的控制；如果外加 32MHz 晶体，它的振荡就收晶体的控制。

BT1：即后备电池。

Y1：即 32.768kHz 的实时时钟晶体。它利用其固有的振荡去控制电源 IC 内部的 OSC 振荡电路，使之产生准确而稳定的 32.768kHz 的信号频率，使手机能准确走时及实现休眠待机节能的控制。

C40、C55、C62、C45：即手机电池供电的滤波电容。

C25、C189：即 32kHz 晶体信号输入、输出滤波电容。

R11：即信号反馈电阻。其电阻值很大，如果开路会导致 32.7658kHz 信号频率不准。

3) 32.768kHz 晶体与电源 IC 构成的时钟电路的工作原理。下面，我们对图 4-20 中的电路工作原理作简要的了解。

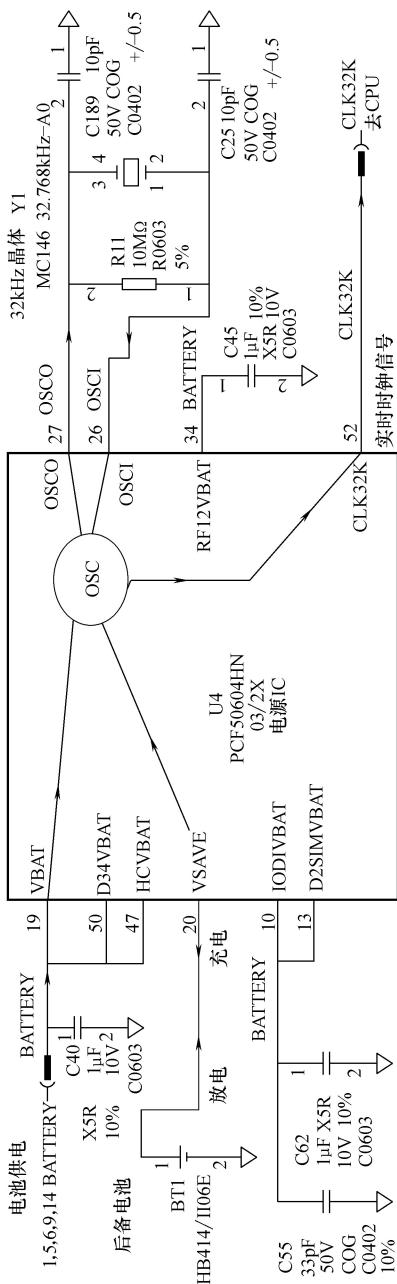


图 4-20 32.768kHz 晶体与电源 IC 构成的实时时钟电路



首先，当给手机装上电池，电池电压就会给电源 IC 提供电，此时电源 IC 内部的 OSC 振荡电路工作，此时，振荡产生的信号就从电源 IC 的 27 脚输出，经 C189 滤波后送到 32kHz 晶体 Y1 的 3、4 脚输入，然后控制其振荡频率信号为 32.768kHz，从晶体的 1、2 脚输出，经 C25 滤波送到电源 IC 的 26 脚输入，控制内部 OSC 振荡器使其产生准确稳定的 32.768kHz 信号 CLK32K，从电源 IC 的 52 脚输出，送到 CPU，控制 CPU 内部电路，使手机走时和休眠待机工作。

这里我们应注意，手机电池装上后，不但实时时钟电路工作，同时电池电压经电源 IC 降压后输出一个充电电压给后备电池 BT1 充电。当电池取下后，后备电池又会放电，送到电源 IC 的 20 脚输入，仍然为内部的 OSC 振荡器供电，使得振荡器一直处于工作状态，这样手机的时间就会一直走时。

4.3.3 手机逻辑电路图解

1. 手机逻辑电路的构成

逻辑电路是手机电路工作的核心部分。

手机中的逻辑电路主要分为硬件和软件两大部分。

(1) 硬件部分

硬件部分是指组成逻辑的各个元器件，包括 CPU、字库、暂存器、逻辑三总线（地址总线 ADD BUS、数据总线 DATA-BUS、控制总线 CBUS）等。

(2) 软件部分

软件部分是指在 CPU 与字库、暂存器之间运行的程序（在手机中常称为资料）。

如图 4-21 所示，为手机微处理器单片机的控制电路。

在图 4-21 中我们可以看到，一部手机就是一个单片机系统，所有的功能部件都是以 CPU 为核心，以字库、暂存器作为存储器件，以三总线作为逻辑工作的连接纽带来构成逻辑电路的工作系统。

2. 逻辑电路工作所需的条件

通常把手机的供电、时钟、复位、软件是否正常作为逻辑电路工作的 4 个必要条件。由于手机 CPU 是手机逻辑电路工作的核心，实

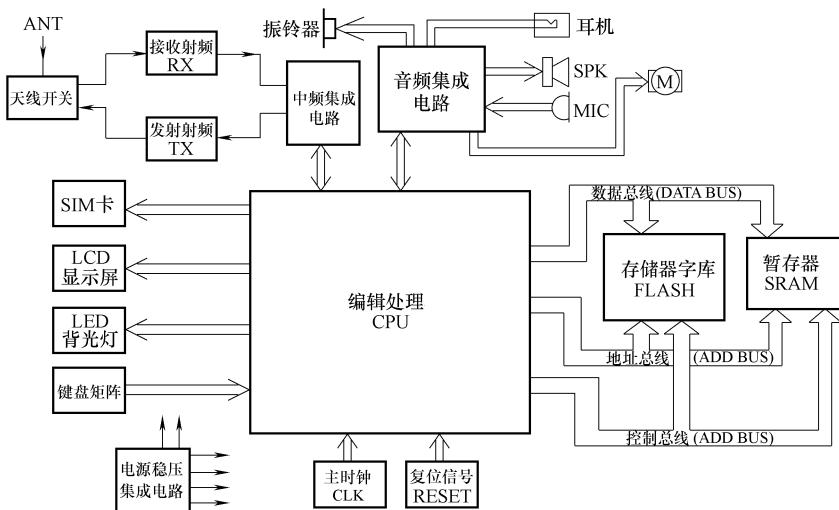


图 4-21 手机微处理器单片机控制电路

际上，这 4 个条件也是手机 CPU 正常工作的必要条件。

(1) 稳定的直流供电条件

我们知道，无论是模拟电路还是数字逻辑电路，它们工作都需要稳定的供电，也就是说要有一个稳定的逻辑供电系统。

在手机中，逻辑供电系统一般都是通过电源集成电路内部的调压器、稳压器来提供。

这里我们要注意的是，不同的手机其逻辑供电的表示法是不同的，一般供电端都用“VDD”表示，接地端用“VSS”来表示，通常称为逻辑供电和逻辑接地（简称为逻辑地）。

以下是两种常见品牌手机中微处理芯片（CPU）供电的表示方法。

1) 摩托罗拉手机 CPU 的供电表示。如图 4-22 所示，为早期摩托罗拉 V998 手机 CPU 部分引脚图。

图 4-22 中，我们可以看到逻辑供电都是用“VDD”表示，在供电引脚的外面都分别接了一个“V2、V3”。这里“V2、V3”表示由电源稳压输出的供电。同时在接地引脚上都用“VSS”来表示的，所以称为逻辑地。

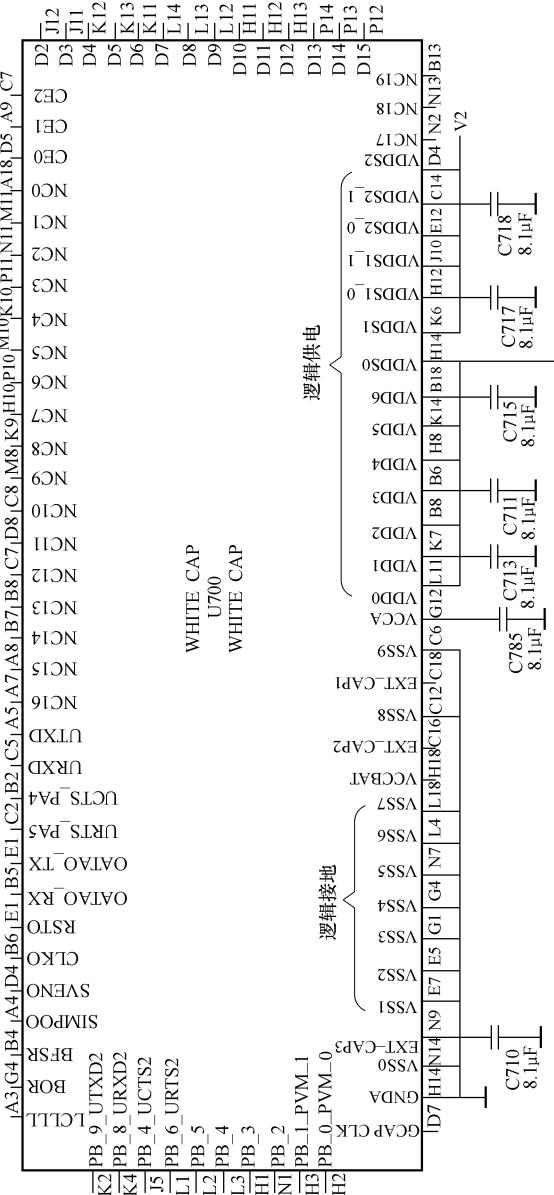


图 4-22 摩托罗拉 V998 手机 CPU 部分引脚示意图



在手机原理分析和维修中，我们通常都不知道 CPU 供电引脚，而这些供电引脚表示也各不相同，虽是如此，无论外接供电英文如何表示，其内部“VDD”或者“AVDD”等表示是不会改变的，只要有“VDD”的引脚，都表示供电。

如图 4-23 所示，为摩托罗拉 L7 多媒体功能手机 CPU 的部分引脚功能图。

图 4-23 中，我们可以看到 CPU 内部供电引脚上的“AVDD”，显然有“VDD”英文，因此表示为逻辑供电。在外部供电引脚上可以看到一个英文“VBUCK”，如果单独看这个英文是表示休眠供电或者待机供电，不过在这里意义就变成了逻辑供电，这是由于该 CPU 只有这些引脚供电，无论是正常工作还是待机（待机是指开机后不接打电话或其他操作的状态），都是 VBUCK 提供供电，因此称为逻辑供电。

2) 诺基亚手机 CPU 的供电表示。如图 4-24 所示，诺基亚手机 CPU 供电引脚都是在“VDD”后面加了一个英文“CORE”，这个英文刚好和外接的英文“VCORE”相同，意义为“核心供电”，即逻辑供电。而外接的“VIO”，“I/O”为 CPU 输入/输出接口，所以该供电就是 CPU 内部接口供电，也称为逻辑供电。

关于 CPU 供电引脚的认识，其他手机也是大同小异。

(2) 准确而稳定的时钟信号

关于时钟的作用，前面我们已作了解。我们知道，手机 CPU 工作需要有稳定、有规律的时钟。手机中 CPU 的时钟和我们的学习、工作、休息要严格遵守作息表一样，也必须遵循一定的时间规则。

手机 CPU 中类似“作息时间表”的东西，我们称为时序信号。手机之所以能够准确、迅速、有条不紊地工作，正是因为在 CPU 中有一个时序信号产生器。手机一旦供电启动，在时钟脉冲的作用下，CPU 开始取指令并执行指令，操作控制器就利用定时脉冲的顺序和不同的脉冲间隔，有条理、有节奏地指挥机器各个部件按规定时间动作，规定在这个脉冲到来时做什么，在那个脉冲到来时又做什么，给手机各部分提供工作所需的时间标志。

我们知道，指令和数据都是用二进制数来表示的，放在内存里，那么 CPU 是怎样识别出它们是数据还是指令呢？

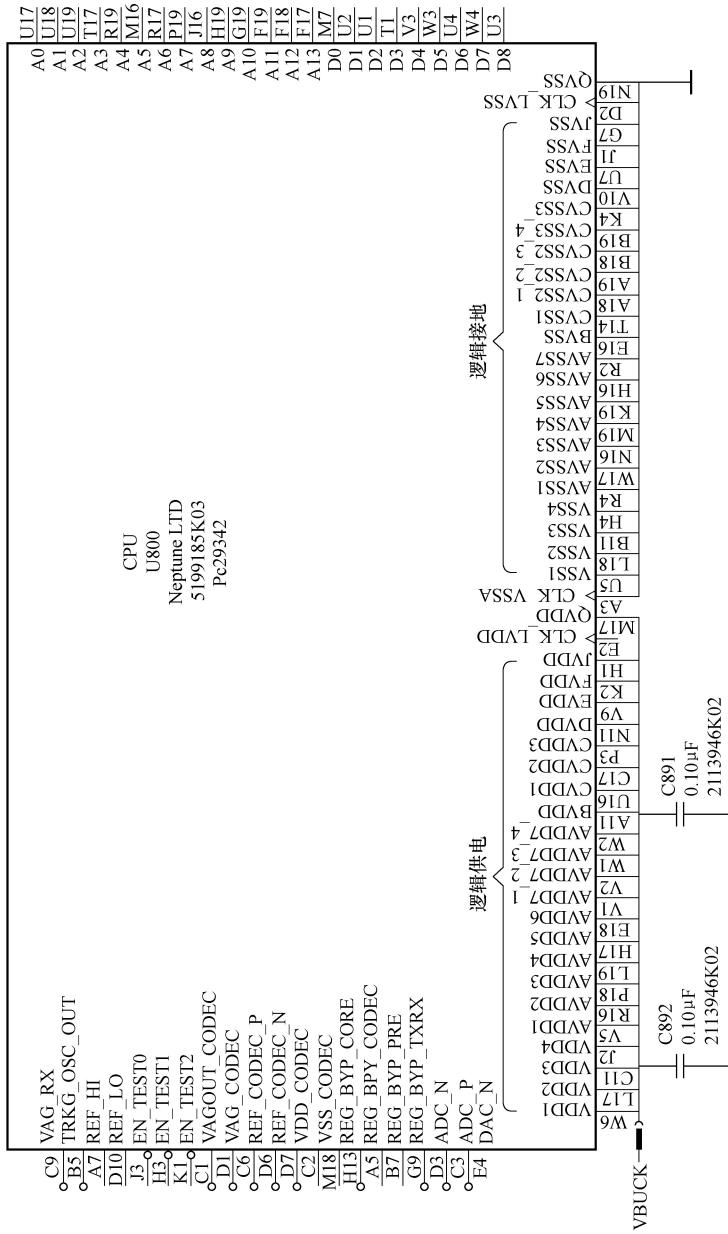


图 4-23 摩托罗拉 L7 手机 CPU 部分引脚示意图

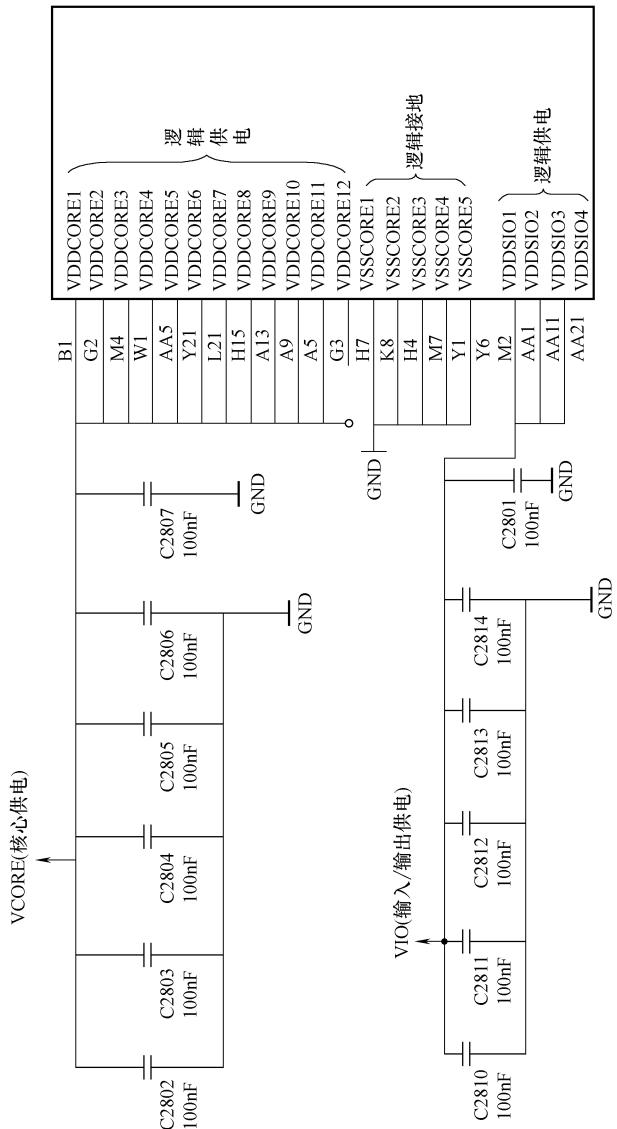


图 4-24 谢基亚手机 CPU 部分供电引脚



答案就是，通过指令周期来识别的。它的指令系统分为取指指令和执行指令，从时间上来说，取指令事件发生在指令周期的第一个 CPU 周期中，即发生在取指阶段，而取指令所需操作数发生在指令周期的后面几个 CPU 周期中，即发生在执行指令阶段。如果取出的代码是指令，那么一定送往指令寄存器，如果取出的代码是数据，那么一定送往运算器。

通过上述分析，可见时间控制对手机非常重要。不仅如此，在一个 CPU 周期中，又把时间分为若干个小段，以便规定在这一小段时间内 CPU 干什么，在那一小段时间内 CPU 又干什么。时间进度不能来得太早或是太晚，如果各部件在时间操作上不同步就可能造成丢失信息或导致错误的结果。

(3) 复位信号

1) 复位信号的含义及表示方法。所谓复位，即到位的意思。我们来做一个简单的比喻：比如在学校，一到上课铃声响起，全部的学生都必须回到自己的座位上，这就是复位。同理，手机中的 CPU 如果供电、时钟都到了，而复位信号没到，那 CPU 就不能指挥程序的运行。

复位信号在在大多数手机中都用“RESET”或“RST”来表示，只有诺基亚手机表示复位信号的英文有所不同，用“PURX”来表示。

如图 4-25 所示，在同一部手机中，不同功能电路表示复位的英文也不同，比如 SIM 卡电路复位表示为“SIMRST”，照相电路的复位表示为“CAMRST”，等。

由此可以看出，对于手机各功能电路来说，其复位就是用该功能的英文加复位英文“RST”来表示。

2) 复位电路。复位电路在系统电源建立过程中，为系统 CPU 和某些接口电路提供一个几十毫秒至数百毫秒的复位脉冲，利用这段时间，系统振荡器启动并稳定下来，CPU 复位内部的寄存器和程序指针为执行程序做好准备。另外，复位期间，CPU 总线处于高阻状态，所有控制信号处于无效状态，以免出现误操作。对系统中某些需要复位的接口电路，复位使它们内部的控制寄存器和状态寄存器处于某种确定的初始状态。

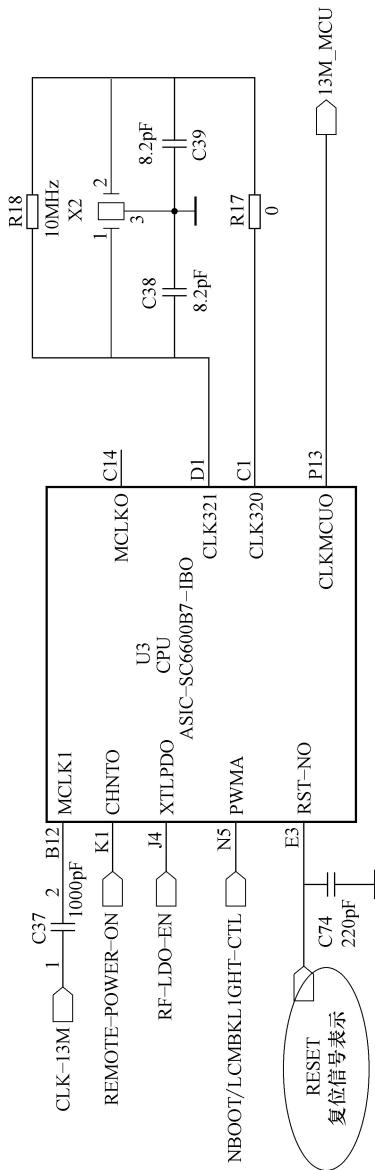


图 4-25 手机复位信号的表示



复位电路有多种形式，其中阻容复位电路（RC复位电路）是使用最为普遍且成本低廉的复位电路，图4-26所示的就是一个简单的RC复位电路。

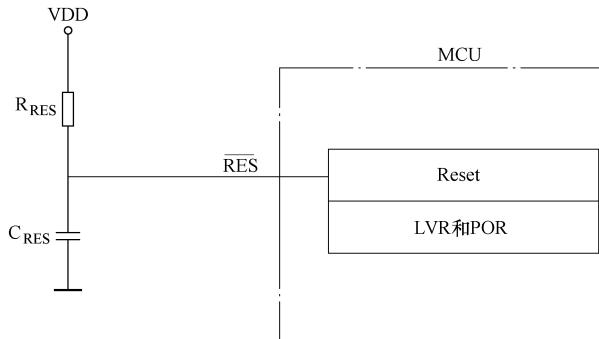


图4-26 最基本的阻容复位电路

复位时间的长短由电阻 R_{RES} 与电容 C_{RES} 的值决定。简单的 RC 复位电路通常用于干扰比较小的环境。

图4-27所示的就是三星E708手机中存储器的复位电路，该电路由电阻 R416 与电容 C418 组成。当数字电压调节器输出的 VDD3 送到该电路时，产生复位信号，对存储器复位。

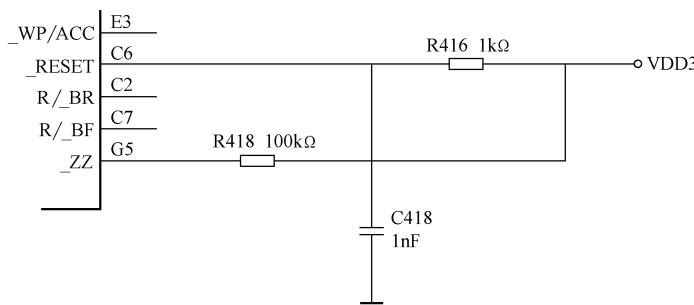


图4-27 三星E708手机存储器的复位信号产生电路

除 RC 复位电路外，有的手机中还用专门的复位信号产生器来产生复位信号。图4-28所示的就是手机中采用专用复位信号产生器的两个复位电路。

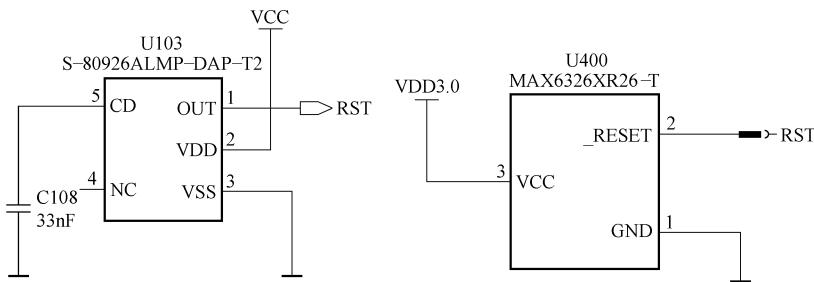


图 4-28 复位电路

3. 逻辑电路的工作原理

手机的发展史可说是时代科技发展史的一个缩影，自面世以来，手机的发展一日千里，功能不断翻新，从最初的基本接收通话功能到如今的 MP3、MP4、照相、摄像、上网发传真、发电子邮件等功能。

但无论手机如何增加新功能，其基本的电路结构还是不会改变的，所有的电路都是围绕 CPU 为核心，实现手机的各种功能作用。因此，了解手机逻辑电路工作原理是非常重要的，那么，手机逻辑电路的结构组成以及工作原理是怎样的呢？

如图 4-29 所示（见书后插页），为手机逻辑电路结构原理图。

（1）CPU 功能引脚的说明

图 4-29 中，我们可以看到，虽然 CPU 功能引脚较多，但这些引脚是进行分类的，每一部分功能都是相对应的。下面我们根据图 4-29 中的序号顺序来详细了解。

① 部分：表示 CPU 的供电。

在图 4-29 中，我们可以看到，每一组供电都有滤波电容，这些滤波电容是检测 CPU 是否供电正常的测试点。VCORE 表示逻辑的核心供电；VMEM 表示逻辑供电；VSIM 是表示 SIM 卡供电；VRTC 表示后备电池供电。

② 部分：CPU 的地址总线部分。

在图 4-29 中，我们可以看到，该总线部分共 22 条，分别为 ADD01 ~ ADD22。

如果逻辑电路中没有地址总线的话，逻辑电路将无法实现数据交



换，也就不能输出数据信号，因此，地址线是逻辑电路工作必须的前提条件。

逻辑电路中的地址线基本都是 CPU 与存储器之间的总线，在维修时，一定要保证这些相同的功能线是相通的。那么，应如何判断手机中的 CPU 与存储器之间的地址线是相通呢？

首先，我们一定要明白，CPU 的地址线对应的引脚与字库地址线对应的引脚要相同，否则无法测量其通断。

我们先来看 CPU 的地址线 ADD01，它是 CPU 的 J3 脚，ADD02 是 CPU 的 J2 脚，它们对应的存储器的引脚就是图 4-30（见书后插页）中 G2 脚和 F2 脚，因为 G2 脚也是 ADD01，F2 脚也是 ADD02，所以我们就可以判断 CPU 的 J3 脚与存储器的 G2 脚相通，J2 脚与 F2 脚相通。

很多进水的手机，经常会出现引脚断线，此时要进行飞线处理，因此你必须知道飞线到哪个点上，所以要知道相通的引脚。

③ 部分：手机键盘列数据线与行数据线

在图 4-29 中，我们可以看到，手机键盘上的每一根数据线都是连接到 CPU 的，因此 CPU 连接到键盘上的某一根线断的话，就会导致手机部分按键失灵或某一个按键失灵。

手机按键电路是一个行列矩阵电路模式，由列数据线（KEY-PADCOL）与行数据线（KEYPADROW）组成。KEY PAD 表示键盘。

因此，如果手机出现按键失灵的故障，必须根据原理图看清楚这个失灵的按键是连接到 CPU 的哪一个引脚，是行线断还是列线断，找到了断线的点进行飞线连接，手机按键失灵即可修复。

④ 部分：32.768kHz 的实时时钟振荡电路

该部分我们在前面已做过了解，这里不再赘述。

⑤ 部分：主时钟 13MHz 信号的输入端

在图 4-29 中，我们可以看到，CPU 引脚 L12 标示有 CLKIN，它表示时钟信号的输入，与其相连的英文 SIN13M_RF 表示射频 13MHz，看不出 L12 是主时钟的意思，但可以看出这个 13MHz 与射频有关，也就是说这个 13MHz 来自射频 IC，因此它是主时钟信号的输入端。



至于主时钟电路的工作原理，我们在前文已作了解，这里不再赘述。

⑥ 部分：界面接口相关的信号

在图 4-29 中，我们可以看到，这一部分包括显示屏部分的控制信号、红外线、SIM 卡控制信号、系统接口控制信号、指示灯信号等。下面，我们对该部分各自的英文符号含义作一简单的了解。

LCD_BL_CTRL：表示显示、背光灯控制信号输出。LCD 表示显示屏，BL 表示背光灯，CTRL 表示控制。

SER_RED：表示红色指示灯信号输出。SER 表示指示灯，RED 表示红色。

PENIRQ：表示红外线控制信号输出。IRQ 表示红外线。值得说明的是，英文上面的横线表示“非”的意思。也就是说上面不加横线时，表示控制信号是高电平有效，即高电平起控制作用；加横线表示“非”就不是高电平起作用了，而是低电平起作用。

LCD_RESET：表示显示屏复位信号输出。LCD 表示显示屏，RESET 表示复位。上面的横线表示低电平有效。

DEBUG_RX：表示接收总线控制信号输出。DEBUG 表示总线信号，RX 表示接收。

DEBUG_TX：表示发射总线控制信号输出。DEBUG 表示总线信号，TX 表示发射。

IRQ_CAMERA_IO：表示红外线、照相控制信号输入输出切换信号。IRQ 表示红外线，CAMERA 表示照相机，IQ 表示输入输出。

NFLIP_DET：表示逻辑门开关检测信号输出。NFLIP 表示逻辑门开关信号，DET 表示检测信号。

GPIO7_SLEEP：表示第 7 根为休眠控制信号输出。GPIO7 表示第 7 根控制线，SLEEP 表示休眠控制信号。

MIDI_IRQ：表示中间红外线信号输出。MIDI 表示中间，IRQ 表示红外线。上面的横线表示低电平有效。

MIDI_RST：表示中间复位信号输出。MIDI 表示中间，RST 表示复位信号。上面的横线表示低电平有效。

SER_BLUE：表示蓝色指示灯信号输出。SER 表示指示灯，



BLUE 表示蓝色。

IO_CTRL_WB：表示写控制信号输入输出。IO 表示输入输出，CTRL 表示控制，WB 表示写数据线。

SER_GREEN：表示绿色指示灯信号输出。SER 表示指示灯，GREEN 表示绿色。

LPG：表示绿灯控制信号输出。

I2C_SCL：表示串行总线时钟信号输出。I2C 表示串行总线，SCL 表示时钟信号。

DCD：表示直流检测信号输出。DC 表示直流电；D 为 DET 的简写，表示检测信号。

HOLD_CAMERA：表示照相存储控制信号输出。HOLD 表示存储控制信号，CAMERA 表示照相机。

I2C-SDA：表示串行总线数据信号输出。I2C 表示串行总线，SDA 表示数据信号。

DSR：表示 SIM 卡编程信号输出。不过，这里单从 DSR 的意思无法理解，这时我们可以看 CPU 引脚上的英文为 SIMPROG。SIM 是表示 SIM 卡，PROG 是表示编程信号，因此合起来表示 SIM 卡编程信号输出。

SIM_RST：表示 SIM 卡复位信号之意。

DATA_RI：表示 SIM 卡供电干线控制信号输出。我们单从 DATA_RI 并不能理解，这时就要 CPU 引脚上的英文 SIMSUPPLY。SUPPLY 表示供电干线控制信号，与 SIM 合起来就表示供电干线控制信号输出。

SIMDATA_IO：表示 SIM 卡数据输入输出控制信号。DATA 表示数据信号，IO 表示输入输出。

SIM_CLK：表示 SIM 卡时钟信号。

JTAG_TCK：表示系统接口时钟信号输出。JTAG 表示系统接口，TCK 表示时钟信号。

JTAG_TMS：表示系统接口检测信号输出。JTAG 表示系统接口，TMS 表示检测信号。

JTAG_TDI：表示系统接口数据信号输入。JTAG 表示系统接口，



TDI 表示数据信号输入。

JTAG_TDO：表示系统接口数据信号输出。JTAG 表示系统接口，TDO 表示数据信号输出。

JTAG_EN：表示系统接口启动信号输出。JTAG 表示系统接口，EN 表示启动信号。

在图 4-29 中，我们不难发现，这里的信号大多数都是输出，这是因为手机 CPU 是中央处理器，任何一个控制信号都是由它输出的。只要是 CPU 输出的控制信号都是属于脉冲信号，也就是脉冲方波信号，如图 4-31 所示，为方波信号示意图。

方波信号的电平值一般来说就是 CPU 的供电电压值，如果 CPU 的供电为 2.8V，那么它输出的控制信号脉冲也就是 2.8V 或者比其稍低一些。

⑦ 部分：表示 CPU 的接地

表示手机的接地有两种方式，一种是 GND 表示的模拟接地，一种是 VSS 表示的数字接地，所以这里的 GND 都表示它的模拟地，而 VSSRTC 则表示后备电池供电的数字接地。

⑧ 部分：其他的信号

在图 4-29 中，其他的信号也就是一些单一的信号，既有输出也有输入。下面，我们对这些输入输出信号的英文含义作一简要的了解。

CLKOUTGATE：表示时钟启动控制信号输出。CLKOUT 表示时钟信号输出，GATE 表示门，门就是开关，也就是启动和关闭的意思。

CLK13MOUT：表示 13MHz 时钟信号输出。值得说明的是，13MHz 信号之所以要送到电源 IC，从前面的内容我们可知，主时钟晶体有四个引脚，其中 1 脚为自动频率控制信号 AFC，这个 AFC 信号就是 13MHz 信号送到电源 IC 内部与音频处理信号进行比较输出的误差控制信号，因此我们称这里的 13MHz 信号为音频参考时钟信号。

ABB INT：表示音频中断请求信号输出。ABB 表示音频总线信号，INT 表示中断信号。

CLKON：表示时钟供电启动信号输出。“ON” 表示开启，即启

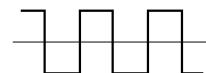


图 4-31 脉冲方波
信号示意图



动信号。

PWRON：表示电源开关启动信号输出。PWR 表示电源，ON 表示开启、启动。

RESET：表示复位信号输入。上面的横线表示低电平有效。

⑨部分：CPU 与电源 IC 里边音频处理信号的电路

该手机的音频电路是集成在电源 IC 里边的，其音频处理由 CPU 来控制。下面，我们对该部分中英文符号的含义作一简单的了解。

BUZZER：表示振铃控制信号输出。用来控制手机来电铃声。

VSDI：表示音频数据信号输入。手机送话音频处理信号送到 CPU 进行数字处理，即音频编码、调制等处理。

VSDO：表示音频数据信号输出。手机受话音频处理信号从 CPU 送出到电源 IC 里边进行数模转换进行音频放大处理的信号。

VSFS：表示音频检测信号输出。用来控制电源 IC 内部音频处理器。

BSDI：表示音频基带数据信号输入。

BSIFS：表示音频基带检测信号输入。

BSDO：表示音频基带数据信号输出。

BSOFS：表示音频基带检测信号输出。

ABB_RESET：表示音频复位信号。上面的横线表示低电平有效。

ASDI：表示音频数据信号输入。

ASDO：表示音频数据信号输出。

ASF5：表示音频检测信号输入。

RXON：表示音频接收启动信号输出。

ASM：表示音频检测启动信号输出。

TXON：表示音频发射启动信号输出。

⑩部分：系统接口控制信号

该部分也称 USB 接口控制信号。在图 4-29 中，我们可以看到 7 条线，如果手机在连接软件仪器数据线时，不能读写资料，那就要检查这些线是否有断线，如果有断线，飞线连接，直到修复。

⑪部分：与射频相关的信号



从图 4-29 中我们可以看出，这一部分也就是连接到手机的射频 IC 或者射频的其他控制电路。下面我们将对该部分的英文符号的含义作一简要的了解。

SCLK_RF：表示射频时钟信号输出。也就是控制射频 IC 内部的频率合成电路的控制信号，通常把这个信号称为射频频率合成时钟信号。

SDATA_RF：表示射频数据信号输出。也就是控制射频 IC 内部的频率合成电路的控制信号，通常把这个信号称为射频频率合成数据信号。

SEN_RF：表示射频启动信号输出。也就是控制射频 IC 内部的频率合成电路的控制信号，通常把这个信号称为射频频率合成启动信号。

CAMERA_RESET：表示照相复位信号输出。上面的横线表示低电平有效。

BAND_SEL：表示频段切换控制信号输出。

DTR：表示收发控制信号输出。

TR_SW4_RF、TR_SW3_RF：表示 GSM 收发控制信号输出。

TR_SW2_RF、TR_SW1_RF：表示 DCS 收发控制信号输出。

TXPHASE：表示发射射频相位控制信号输出。

PA_EN_RF：表示功放启动信号输出。

TX_EN：表示发射启动信号输出。

DISPLAYCS：表示显示屏片选控制信号输出。

⑫ 部分：与字库相关的控制信号

下面，我们将对该部分英文符号的含义作一简单的了解。

NCS_FLASH_2#：表示字库片选信号输出。

NCS_SRAM：表示暂存片选信号输出。

NRD：表示字库读数据信号输出。

NCS_MUTI：表示字库片选控制信号输出。

NCS_FLASH_1#：表示字库片选信号输出。

NLBS：表示低电平读写控制信号输出。

NWR：表示读写控制信号输出。



NUBS：表示高电平读写控制信号输出。

⑬部分：手机逻辑电路中数据总线信号

从图4-29中，我们可以看到，这一部分共有16条数据总线，由DATA00~DATA15。下面我们对该部分英文符号含义作一简要的了解。

DATA00：表示数据00序号总线。下同。

4. 逻辑电路中CPU及存储器的工作原理

前面，我们通过对图4-29中CPU及存储器引脚功能的分析，基本上就可以大致了解逻辑电路中CPU和存储器的工作原理。

就CPU来说，实际上就是满足第①部分的供电、第⑤部分的时钟、第⑧部分的复位信号等正常输入后，CPU逻辑系统开始通过数据线、地址线、控制线运行逻辑程序。当这些程序运行正常，又通过第⑧部分的PWRON启动信号控制电源IC一直处于工作状态，使手机一直开机，因此这里的PWRON信号就是手机的维持信号。当然，其他手机表示维持信号的英文有的是“WATCHDOG”，即“看门狗”，通常简写为“WDG”。如果手机没有这个维持信号，手机会出现“松手关机”故障。所以，只要手机出现“松手关机”故障，就必须考虑维持信号是否正常。

4.4 手机界面电路图解

我们已经知道，手机的界面电路大致由送、受话器电路，SIM卡电路、多媒体卡电路，键盘电路，显示电路，振铃、振子电路，背光灯电路，蓝牙电路，摄像电路，MP3、MP4电路，收音机电路，耳机、免提电路等组成。

界面电路通常也称“人机接口电路”或者“用户接口电路”，由此实现人机的互动。

下面，我们就来对这些电路做一详细的了解。

4.4.1 受话器、送话器电路图解

我们用手机接打电话，最直接的就是要用到送话器和受话器。也就是话筒、听筒。下面，我们对受话器和送话器电路做详细的



了解。

1. 受话器电路

由于手机的工作是先接收后发射，我们下来看受话器电路。

(1) 受话器电路的构成

手机受话器电路是指从音频 IC 输出到受话器之间的电路。

受话器电路可以分为两种：1) 本机受话器电路；2) 耳机受话器电路。两者都是从音频电路输出的。

(2) 受话器电路的识别

前面我们已经知道，有的手机音频电路是集成在电源 IC 里边，有的是单独的音频 IC，还有的是集成在 CPU 里边（目前市场上杂牌手机较多这种集成）。实际上，无论怎样集成，我只要掌握一点，从它的关键英文表示来识别。在电路图中，手机受话器电路的英文表示有：SPK +、SPK -、EAP +、EAP -、AUDIO1、AUDIO2、SPEAKER +、SPEAKER -等，只要在手机电路中看到有其中的英文，就表示受话器信号从该 IC 输出，那么由此输出之后的电路就是手机的受话器电路。

(3) 受话器电路的工作原理

如图 4-32 所示，是目前最新 MTK 芯片手机的音频处理电路，它的音频处理电路是集成在 CPU 里边来完成的。

1) 英文符号的含义。下面，我们对图 4-32 中重要的英文符号的含义作一简要的了解。

MP3_OUTL\AU_MOUTL：表示 MP3 左声道信号输出。

MP3_OUTR\AU_MOUTR：表示 MP3 右声道信号输出。

SPKN0\AU_OUT0_N：表示正极性受话器信号输出。

SPKP0\AU_OUT0_P：表示负极性受话器信号输出。

MICBIASP\AU_MICBIAS_P：表示正极性送话器偏置供电电压。

MICBIASN\AU_MICBIAS_N：负极性送话器偏置供电电压。

MICP0\AU_VIN0_P：表示正极性送话信号输出。

MICN0\AU_VIN0_N：表示负极性送话信号输出。

MICP1\AU_VIN1_P：表示正极性送话信号输入。

MICN1\AU_VIN1_N：表示负极性送话信号输入。

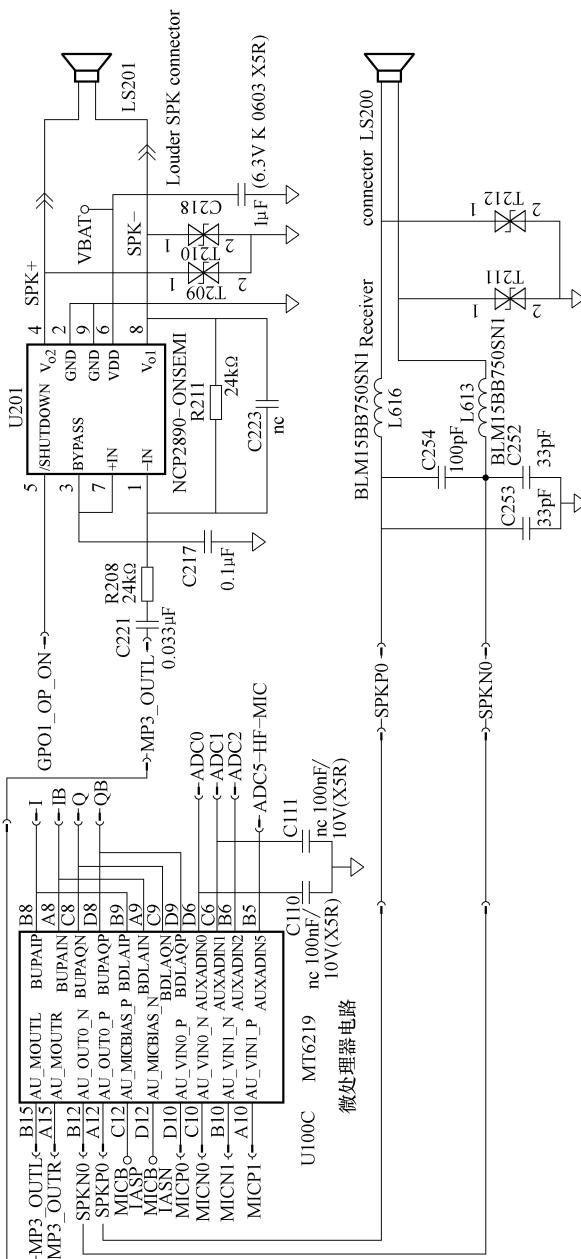


图 4-32 CPU 输出的受话器信号申路原理图



I\BUPAIP：表示正极性基带 I 信号输入。

IB\BUPAIN：表示负极性基带 I 信号输入。

Q\BUPAQP：表示正极性基带 Q 信号输入。

QB\BUPAQN：表示负极性基带 Q 信号输入。

ADC0\AUXADIN0：表示外部音频数据信号输入 0。

ADC1\AUXADIN1：表示外部音频数据信号输入 1。

ADC2\AUXADIN2：表示外部音频数据信号输入 2。

ADC5\AUXADIN5_HF_MIC：表示外部耳机送话音频数据信号输入 5。HF 表示耳机信号，MIC 表示送话器。

GPO1_OP_ON\SHUTDOWN：表示音频放大器启动控制信号。

BYPASS：表示音频旁路滤波电容。

+ IN：表示输入信号正极。

MP3_OUTL\ - IN：表示 MP3 音频信号从 CPU 输出到音频放大器输入 - IN。

V_{o2}\SPK +：V_{o2} 表示受话器音频信号输出，SPK + 表示受话器信号正极。

GND：表示接地。

VDD\VBAT：表示音频放大器供电。由电池电压提供。

V_{o1}\SPK -：V_{o1} 表示受话器音频信号输出，SPK - 表示听筒信号负极。

Louder SPK connector：表示受话器接口。Louder 表示音响，SPK 表示扬声器，connector 表示连接器。

SPKP0：表示正极性受话器信号输出。

SPKN0：表示负极性受话器信号输出。

Receiver connector：表示受话器接口。Receiver 表示受话器，connector 表示接口。

2) 电路中的元器件。

U100C：即手机的微处理器。为 MT6219 型 CPU 的一部分。

U201：即音频放大器。

C110、C111：即音频数据信号滤波电容。

C221：即 MP3 音频信号输入耦合电容。



R208：即 MP3 音频信号输入耦合电阻。

R211、C223：即 MP3 音频放大器输出反馈阻容元件。

C218：即放大器供电滤波电容。

T209、T210：即 MP3 音乐输出信号保护管。

LS201：即音乐喇叭。

C252、C253、C254：即受话器信号滤波电容。

L613、L616：即受话器信号输出耦合电感。

T211、T212：即受话器信号输出保护管。

LS200：即手机机内受话器。

3) 受话器电路的工作原理。

从图 4-32 中我们可以看到，经过 CPU 进行音频处理后的语音信号 SPKPO、SPKN0，从 CPU 的 B12、A12 脚输出，直接通过电感 L616、L613 耦合电感后，送到受话器，完成受话器电路的工作。

与此同时，手机在播放音乐时，CPU 从多媒体存储卡或者手机本机存储器中，取出音频信号，经过内部的音频处理后，从 CPU 的 B15、A15 脚分别输出 MP3_OUTL 和 MP3_OUTR 音乐信号，通过 C221、R208 耦合到 MP3 音乐放大器 U201 的 1 脚和 5 脚，进行放大后，从其 4 脚和 8 脚输出到音乐喇叭。

2. 送话器电路

实际上，手机送话器电路与受话器电路互为反过程。

手机送话器电路是说话声音通过送话器将声音信号转变成电信号送到音频处理器进行音频放大、A/D 转换、语音编码处理后，再送到 CPU 内部音频数字处理，输出调制信号通过发射电路发射出去，完成手机将语音信号发射到对方的过程。

(1) 送话器电路的构成

手机送话器电路同样也分为两种：本机送话器电路；耳机送话器电路和耳机免提电路。事实上无论是怎样的送话器电路，都是起着将声音信号转变成电信号的作用。

(2) 送话器电路的识别

手机送话器电路常用英文“MICROPHONE”来表示，简写为“MIC”。我们在手机电路图中看到有 MIC 英文标示时，就应该明白



与送话器电路有关。

(3) 送话器电路的工作原理

如图 4-33 所示, 为手机送话器电路结构原理图。

1) 英文符号的含义。下面, 我们对图 4-33 中重要的英文符号的含义作一简要的了解。

ADC0_I -\AUXADIN0: 表示外部音频数据信号输入 0。

ADC1_I +\AUXADIN1: 表示外部音频数据信号输入 1。

ADC2_TBAT \AUXADIN2: 表示外部音频供电输入。TBAT 表示电池电压。

ADC3_VCHG \AUXADIN3: 表示外部充电电压输入。VCHG 表示充电。

ADC4_LCD \AUXADIN4: 表示外部显示屏供电输入。LCD 表示显示屏。

ADC5_HF_MIC \AUXADIN5: 表示外部耳机送话器音频数据信号输入。HF 表示耳机信号。

ADC6_USB_ID \AUXADIN6: 表示外部 USB 数据信号输入。

MICP1: 表示正极性送话器信号。

MICN1: 表示负极性送话器信号。

MICBIASP: 表示送话器供电电压。BIASP 表示偏置供电。

XMICP: 表示外接耳机送话器信号。X 为 AUX 的简写, 表示外接。

MICBIASP_N+: 表示送话器供电电压正极。

MICBIASP_N-: 表示送话器供电电压负极。

MP3_OUTL \AU_MOUTL: 表示 MP3 音频信号从 CPU 输出到音频放大器输入 - IN。

MP3_OUTR \AU_MOUTR: 表示 MP3 右声道信号输出。

2) 电路中的元器件。下面, 我们对图 4-33 中关键的元器件作一简要的了解。

U100C: 即 CPU 中的音频处理部分电路。它是完成手机音频处理的电路。

FL200: 即本机送话器信号耦合器。起平衡滤波的作用。

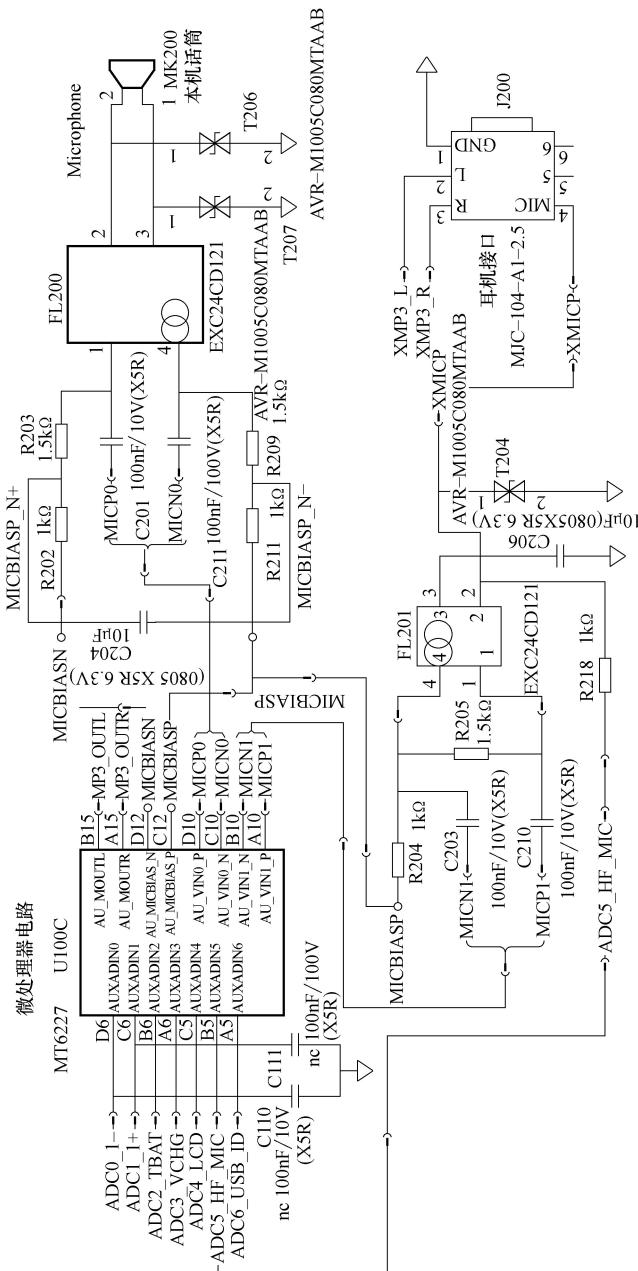


图 4-33 手机送话器电路结构原理图



FL201：即耳机送话器信号耦合器。

J200：即耳机接口。

C110、C111：即外部音频数据信号输入滤波电容。

C204：即送话器供电滤波电容。

C201、C211：即本机送话器信号输入耦合电容。

R211、R202、R203、R209：即本机送话器供电限流电阻。

T206、T207、T204：即送话器信号输入保护管。

MK200：即本机送话器。用来实现将声音转变为电信号。

R204：即耳机送话器供电偏置电阻。

C203、C110：即耳机送话器送话信号滤波电容。

C206：即耳机送话器信号耦合滤波电容。

R218：即耳机送话器供电偏置电阻。

3) 手机送话器电路的工作原理。图 4-33 中，我们可以看到，该电路包括两个部分：本机送话器电路部分和耳机送话器电路部分。下面我们就来具体了解这两部分的工作原理。

① 本机送话器电路原理。手机开机后，CPU 就会输出送话器供电电压（2V）经偏置电阻 R202、R200 到送话器，随时等待接听或者拨打电话。接听电话时，声音信号通过送话器 MK200 将声音信号转变为电信号，送到耦合器 FL200 的 2、3 脚输入，从 1、4 脚输出，通过 C201、C211 耦合到 CPU 的 D10、C10 脚，在内部进行一系列的音频处理。

② 耳机送话器电路原理。手机开机后，CPU 送出一个耳机送话器供电 ADC5_HF_MIC（2V）经偏置电阻 R218 到耳机接口的 4 脚。当我们插上耳机接听电话时，该电压就为耳机送话器供电，送话器得到供电就可以将说话声音转变成电信号，又从 4 脚输出，因此 4 脚既是送话器的供电端，也是送话器信号的输出端。

输出的送话器信号送到 FL201 的 2 脚输入，经耦合滤波后，从 1、4 脚输出，经 C203、C210 后到 CPU 的 A10、B10 脚输入，在 CPU 内部进行一系列音频处理，完成耳机送话工作。

通过上述分析，我们可知，无论是耳机还是本机送话，其最终都



是送到 CPU 内部进行音频处理的。因此，如果手机出现既无耳机送话，又无本机送话，就说明问题不是耳机或者本机单一的电路问题，而是它们的公共电路——CPU 出问题了。如果是单独有音频 IC 的电路，那就是该音频 IC 的问题。

4.4.2 手机 SIM 卡和多媒体卡的电路图解

1. SIM 卡

(1) SIM 卡的结构

手机 SIM 卡是带有微处理的芯片，包括常见的几个模块，每个模块相对应一个功能，微处理程序存储器、工作存储器、数据存储器等。SIM 卡常见的端口如图 4-34 所示，有：电源、复位、时钟、接地、编程、数据。

(2) SIM 卡电路的构成

基于上述 SIM 卡端口的分析，我们大致就能概知 SIM 卡电路的结构。如图 4-35 所示，主要由 SIM 卡接口、保护管电路、卡供电、卡时钟、卡复位、卡数据、卡编程、卡接地等电路组成。

1) 英文符号的含义。下面，我们对图 4-35 中重要的英文符号的含义作一简单的了解。

VSIM (SIMVCC)：表示 SIM 卡供电。这个供电必须在手机不插 SIM 卡时，用示波器瞬间测量为 3V 跳到 5V，它是由电源 IC 提供的。

RST (SIMRST)：表示 SIM 卡复位信号。这个复位必须在手机不插 SIM 卡时，用示波器瞬间测量为 3V 跳到 5V，它是由电源 IC 提供的。

CLK (SIMCLK)：表示 SIM 卡时钟信号。这个时钟必须在手机不插 SIM 卡时，用示波器瞬间测量为 3V 跳到 5V，它是由电源 IC 提供的。

I/O (SIMDATA)：表示 SIM 卡数据输入/输出信号。这个数据必须在手机不插 SIM 卡时，用示波器瞬间测量为 3V 跳到 5V，它是由电源 IC 提供的。

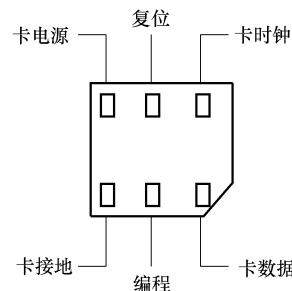


图 4-34 SIM 卡端口

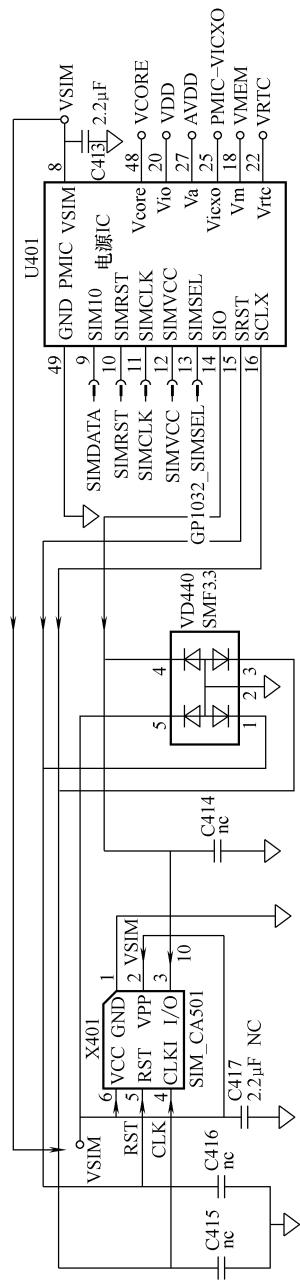


图 4-35 SIM 卡电路结构原理图



VPP：表示 SIM 卡编程信号。这个编程必须在手机不插 SIM 卡时，用示波器瞬间测量为 3V 跳到 5V，它是由电源 IC 提供的。

GND：表示 SIM 卡接地。

SIMSEL：表示 SIM 选择信号。它是由 CPU 送来的控制信号。若没有该信号则会导致手机不识别 SIM 卡的故障。

VCORE：表示核心供电。即是逻辑供电，为 2V。

VDD：表示逻辑供电，为 2.5V。

AVDD：表示逻辑供电。也是 CPU 内部的音频处理供电。

VTCXO：表示主时钟供电。专门为主时钟晶体供电。

VMEM：表示逻辑供电，为 2.5V。

VRRTC：后备电池供电。

2) 电路中的元器件。下面，我们对图 4-35 中关键的元器件作一简要的了解。

X401：即 SIM 卡接口。这个接口有 6 个引脚，我们已作了解。这里主要说明怎样判断这 6 个引脚：先找接地端，即用数字式万用表蜂鸣档，一表笔接地，另一表笔去碰这 6 个引脚，相同一脚则为接地脚，与接地相对的那一脚则为供电脚，按逆时针方向顺序依次是复位、时钟、数据入/出、编程、接地等。

C415：即卡时钟滤波电容。

C416：即卡复位滤波电容。

C417：即卡供电滤波电容。

C414：即卡数据滤波电容。

VD440：即 SIM 卡保护管。

U401：即电源 IC，所有卡的供电、时钟、复位、数据、编程都是电源 IC 来提供的。

C413：即卡供电滤波电容。

(3) SIM 卡电路的工作原理

我们参考图 4-35 来分析 SIM 卡电路的工作原理。

当手机插上 SIM 卡后，加电按手机开机键开机，此时电源 IC 就会输出 VSIM 卡供电 3V 经 C413、C417 和卡保护管后送到 SIM 卡座的 6 脚，为 SIM 卡提供供电，如果没有这个供电，手机会出现不识别



SIM 卡故障，此时必须先拆下 C413、C417 和卡保护管，如果还是不能识别 SIM 卡，则必须加焊或者更换电源 IC。

与此同时，当按手机开机键后，电源 IC 还会输出 SIM 卡复位、卡时钟、卡数据、卡编程信号，都是瞬间的 3V，任何一个没有，都会导致手机不能识别 SIM 卡。同样检查其滤波电容 C414、C415、C416、保护管 D440 或者电源 IC 等元器件。当然，根据维修经验，一般是卡保护管损坏，卡座弹片接触不良，电源 IC 损坏等。

2. 多媒体卡

这里我们主要就多媒体卡 TF 卡、SD 卡的电路结构及电路工作原理做具体的了解。其他类型多媒体卡电路结构及电路工作原理可参照分析。

(1) 多媒体 TF 卡

1) TF 卡的电路结构。如图 4-36 所示，为 TF 卡的电路结构原理图。

① 英文符号的含义。下面我们将对图 4-36 中重要的英文符号作一简要的了解。

TF_DAT0：表示 TF 卡接口数据信号线 0。装上卡用示波器测量应有 2V 脉冲方波信号。

TF_DAT1：表示 TF 卡接口数据信号线 1。装上卡用示波器测量应有 2V 脉冲方波信号。

TF_DAT2：表示 TF 卡接口数据信号线 2。装上卡用示波器测量应有 2V 脉冲方波信号。

TF_DAT3：表示 TF 卡接口数据信号线 3。装上卡用示波器测量应有 2V 脉冲方波信号。

TF_CMD：表示 TF 卡接口启动信号线。装上卡用示波器测量应有 2V 脉冲方波信号。

TF_CLK：表示 TF 卡接口时钟信号线 0。装上卡用示波器测量有 2V 脉冲方波信号。

VSS：表示 TF 卡接口接地线。

NC：表示 TF 卡接口空脚。

② 电路中的元器件。下面我们将对图 4-36 中关键的元器件作一简单的了解。

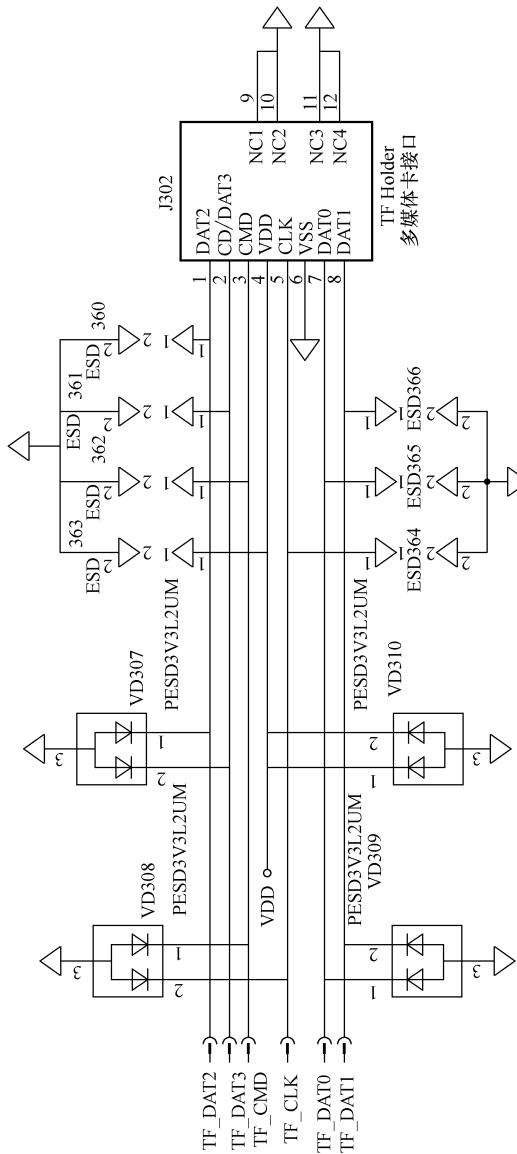


图 4-36 TF 卡的电路结构原理图



VD307、VD308、VD309、VD310：即 TF 卡数据线、控制线、时钟线的保护二极管。

ESD360、ESD361、ESD362、ESD363、ESD364、ESD365、ESD366：即卡接口中的供电、数据、时钟、控制信号的保护器。

J302：即 TF 卡接口。

2) TF 卡接口电路的工作原理。我们知道，多媒体卡的作用就是用来存储我们需要的信息，比如照片、MP3、MP4 等。当我们插上 TF 卡，开机后，如果用手机将我们需要的信息传送到存储卡中，需要什么条件这个卡才能正常的存储呢？其工作条件如下。

首先，必须有卡供电 VDD，即接口的 4 脚，无论是否插卡，该脚都有 2.7~3.6V 之间的电压，随时等待插卡工作。

其次，要保证其 4 条数据线 DAT0~DAT3，接口的 1 脚、2 脚、7 脚、8 脚必须为 2V 的脉冲波形；时钟线 CLK 也要为 2V 脉冲波形；接口的 5 脚、控制线 CMD、接口的 3 脚也必须为 2V 脉冲波形。这 3 个条件都要正常。

再次，就是接地要正常。

满足供电、数据、时钟、控制、接地等条件后，手机则能正常识别 TF 卡，并进行数据的传输。

图 4-36 中数据线是双向的，它们都是连接到手机的 CPU。当我们向多媒体卡传输资料时，这些信号就是从 CPU 发出到存储卡的，比如向多媒体卡存储 MP3 歌曲；反过来，如果我们播放 MP3 时，就是将多媒体卡中的歌曲信息通过数据线传送到手机的 CPU，通过手机内部的音频放大器放大送到手机扬声器发出声音，完成多媒体卡的写入和读出信息的操作。

(2) 多媒体 SD 卡

1) SD 卡的电路构成。SD 卡是高度集成闪存卡，其供电电压范围为 2.0~3.6V，具有低电压消耗、自动断电、自动睡醒、智能电源管理等功能。

如图 4-37 所示，为 SD 卡的电路结构原理图。

① 英文符号的含义。下面我们将对图 4-37 中重要的英文符号的含义作一简要的了解。

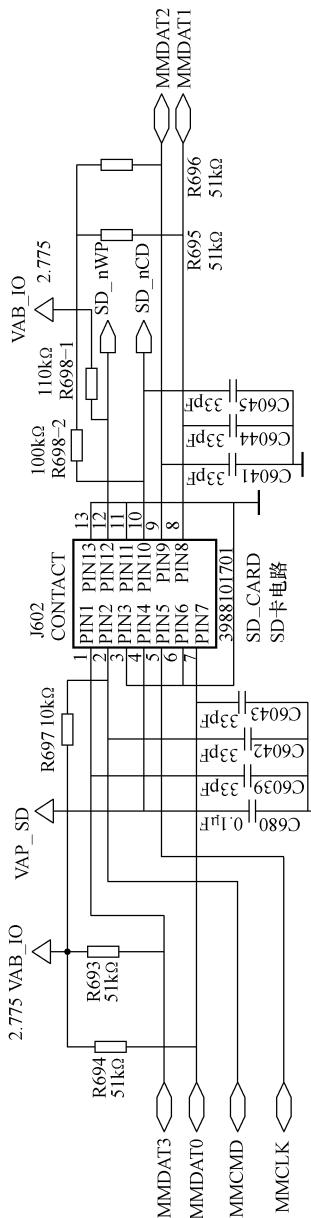


图 4-37 SD 卡的电路结构原理图



MMDAT0：表示 SD 卡数据 0 线。在正常数据交换时，用示波器可测量到 2V 的脉冲波形。

MMDAT1：表示 SD 卡数据 1 线。在正常数据交换时，用示波器可测量到 2V 的脉冲波形。

MMDAT2：表示 SD 卡数据 2 线。在正常数据交换时，用示波器可测量到 2V 的脉冲波形。

MMDAT3：表示 SD 卡数据 3 线。在正常数据交换时，用示波器可测量到 2V 的脉冲波形。

MMCMD：表示 SD 卡启动控制线。在正常工作时，用示波器可测量到 2V 的脉冲波形。

MMCLK：表示 SD 卡时钟线。在正常工作时，用示波器可测量到 2V 的脉冲波形。

VAB_IO：表示逻辑供电。这里作为 SD 卡数据线上的偏置，提供所需的电平值 2V 脉冲幅值。

VAP_SD：表示 SD 卡接口供电。电压值为 2.0 ~ 3.6V，正常工作时为 2.775V，由电源 IC 直接输出。

SD_nWP：表示 SD 卡的读数据线。也就是通过该接口读取 SD 卡里边的信息。

SD_nCD：表示 SD 卡的选择控制信号线，也就是片选信号，正常时仍为 2V 的脉冲波形。

SD_CARD：表示多媒体 SD 卡。

② 电路中的元器件。下面我们将对图 4-37 中的关键元器件作一简要的了解。

J602：即 SD 卡接口。

R693、R694、R695、R696：即 SD 卡数据线的偏置供电电阻。

R697：即 SD 卡控制线上的偏置供电电阻。

R698：即 SD 卡读写和选择控制线上的偏置供电电阻。

C680：即 SD 卡供电线路上的滤波电容。

C6039、C6042、C6043、C6041、C6044、C6045：即 SD 卡数据线、时钟线、控制线、读写线路上的滤波电容。

2) SD 卡接口电路的工作原理。前面，我们了解的 TF 卡的工作



条件及其接口电路的工作原理。同样，SD卡要正常工作，也需要具备以下所需的条件，才能正常存储和读取。

首先，必须有卡供电 VAP_SD，即接口的 4 脚，无论是否插卡，它都有 2.0~3.6V 之间的电压，随时等待插卡工作。

其次，要保证接口的 1 脚、7 脚、8 脚、9 脚 4 条数据线 MM-DAT0~MMDAT3 有 2V 的脉冲波形，5 脚的时钟线 CLK 也要为 2V 脉冲波形，2 脚的控制线 CMD 也必须为 2V 脉冲波形，12 脚和 10 脚的读写和选择控制线等都要正常，接地也正常之后，手机才能正常识别 SD 卡，进行数据的传输。

从图 4-37 中，我们可以看到，SD 卡与 TF 卡不同的是，它多了两个信号，即 12 脚和 10 脚的读写和选择控制信号，其他都是相同的工作条件。

4.4.3 手机键盘电路图解

手机键盘又称“人机接口”。它是人与手机互动的基本纽带，人们可以通过键盘操作，将所想所做的信息通过键盘输入手机，实现对手机的操作与控制。

1. 键盘电路的构成

任何一部手机的键盘电路都是由键盘行数据线 ROW 和列数据线 COL 组成的行列矩阵电路，如图 4-38 所示，为手机键盘矩阵结构。

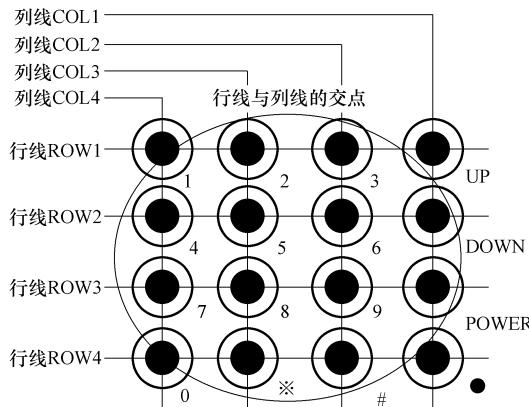


图 4-38 手机键盘电路矩阵结构



在手机电路中，只要有行数据线 ROW 和列数据线 COL 组成的交叉矩阵结构，那该电路一定就是键盘电路。

键盘电路是通过其行列矩阵中的交点实现按键的控制作用。

图 4-38 中，ROW1 ~ ROW4 表示键盘矩阵的行数据线，COL1 ~ COL4 表示键盘矩阵的列数据线，其中的每一个按键都是行线和列线的交点，比如数字“1”键，它是行线 ROW1 和列线 COL4 相交的一个点，它们分别是一个连接交点的内心，一个连接交点的外圆，但按下按键时，这个内心和外圆接触，即行线和列线相交。那么，两者相交为什么能显示数字“1”呢？

原来，行线和列线的电平值是不同的，一个为高电平，一个为低电平，所以当我们按下键时，高电平被拉低变成低电平，实现了行线或列线的电平转换，其转换的电平变化送到 CPU，经过 CPU 检测控制后，送到显示屏显示所按的数字出来，这就是按键电路的基本工作原理。

实际上，按键电路工作的核心就是电平变换的结果，没有电平变换，按键也就不能工作，这就是平时我们所说的按键失灵的根本原因。因此维修按键失灵故障就是查找它的行线或者列线有无高低电平变化。

2. 手机键盘电路的工作原理

我们平时在看手机键盘电路图时，有的电路图直接画出每一个按键的连接线；有的没有画出按键连接线，这时就必须根据接口进行一个一个按键的测量，来判断与 CPU 所相连的按键的行列数据线。无论有没有画出连接线，手机键盘电路的分析都是很简单的，只要知道键盘数据线与哪个 CPU 引脚相连即可。

如图 4-39 所示，为波导 d6508 手机键盘电路原理图。

在图 4-39 中我们可以看到，左上角有一个音量按键接口 S302。一般手机的音量按键是单独设计的，大多数安装在手机的侧面上。从接口上看，1 脚接列线 KCOL3，2 脚接行线 KROW0，3 脚接到列线 KCOL1，4 脚接地。S303 标示有 Side Key，表示侧键。

我们再来看 SW300 键，它连接的行线是 KROW0，列线是 KCOL0。我们知道，一般行线为高电平，列线为低电平，此时如果按

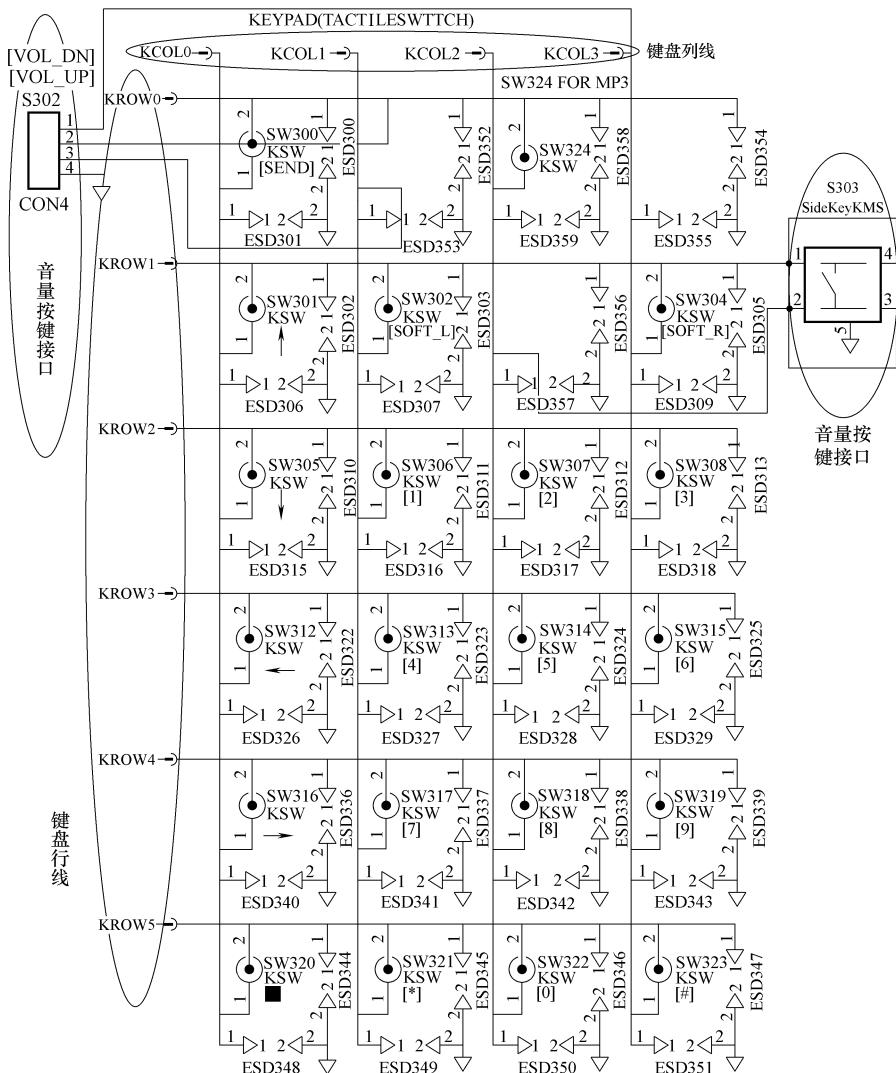


图 4-39 波导 d6508 手机键盘电路结构原理图

下 SW300 按键，行线 KROW0 与列线 KCOL0 相交，将行线的高电平拉为低电平，低电平就送到 CPU，如图 4-40 所示的 F18 脚。

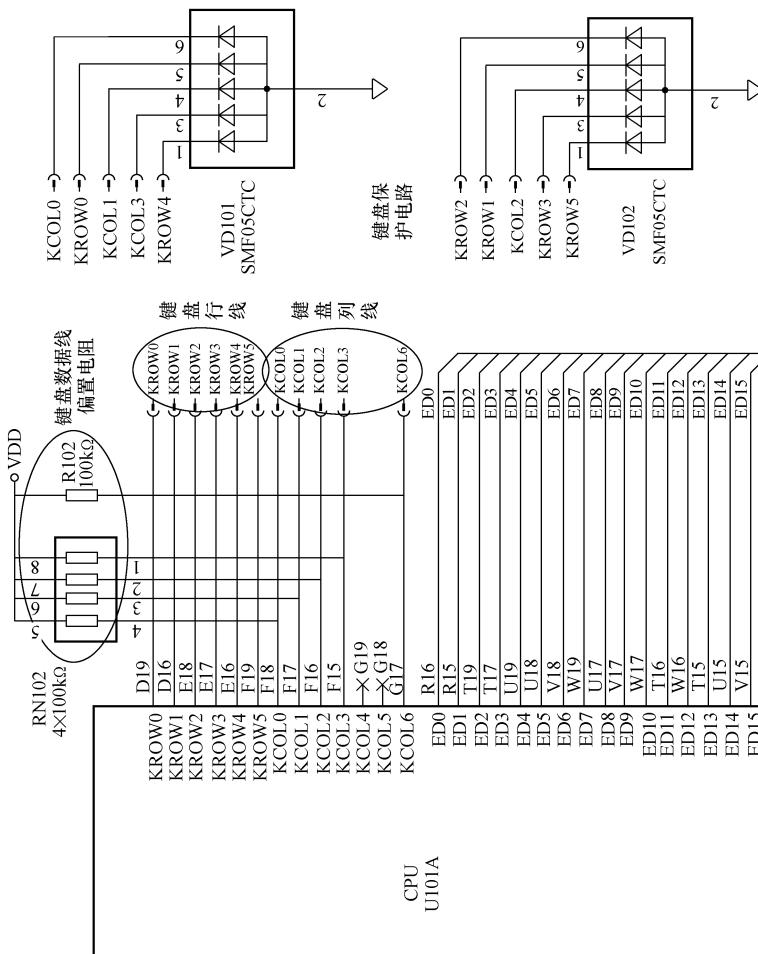


图 4-40 波导 d6508 手机键盘控制电路原理图



我们知道，每一个按键都必须由 CPU 输出的键盘行线数据信号和列线数据信号组成。不过，在手机键盘电路中，一条行线和一条列线不只连接一个键，而是连接了多个按键。譬如图 4-39 中行线 KROW0，它还连接了 SW324 按键；而列线 KCOL0 连接了图 4-39 中左边竖排的按键，SW301、SW305、SW312、SW316、SW320 等按键。在维修时，如果同时出现这几个按键失灵，其他按键正常，那一定是这根列线断线。

从行线 KROW1 来看，它连接了 SW301、SW302、SW304 按键和侧键 S303，如果是这几个按键失灵，那一定是连接的公用线 KROW1 断线。

其他的行线也是相同的结构。

下面我们再来看 CPU 与按键的电路之间的连接与控制原理。

从图 4-40 中我们可以看到，键盘电路的行数据线 KROW0 ~ KROW5 和列数据线 KCOL0 ~ KCOL6 全部都是由 CPU 输出的，送到键盘矩阵电路中。但这里我们看到由 CPU 输出的列线中，都连接了一个 $100\text{k}\Omega$ 的电阻 RN102 和 R102，这些电阻称为键盘电路的偏置电阻，也就是为键盘提供高电平的电阻，由此可以明白在这个键盘电路中的列线是高电平 2.8V，行线是低电平。当按下按键时，列线的高电平就变成低电平使得相应的按键信息传送到 CPU，通过 CPU 控制后显示出来。

需要说明的是，按键电路一般都有保护电路，大多数采用保护二极管和压敏电阻或者诺基亚手机常用的玻璃晶体保护器来完成按键保护。如图 4-40 中的保护电路，这个保护二极管 VD101 和 VD102 是可以拆下不用的，对手机没有多大影响。但如果它短路，将导致其行列线相连的按键全部失灵，此时将其拆除即可。

4.4.4 手机显示电路图解

我们平时所看到的手机中的各种信息主要是靠手机显示电路驱动显示屏来完成的。下面，我们对手机的显示电路作一具体的了解。

1. 手机显示电路的工作原理

(1) 手机显示电路的构成

手机显示电路主要由 CPU、显示译码驱动 IC、显示接口和液晶



显示屏等组成。它主要是接收由 CPU 发过来的显示指令和数据，经分析判断、存储后，按一定的时钟速度将显示的点阵信息输出至行和列驱动器进行扫描，在显示屏上显示出相应的内容来。

(2) 普通 TFT-LCD 显示屏手机显示电路的构成及工作原理

由于目前手机较多使用 TFT-LCD 显示屏，因此，这里主要就其电路结构及工作原理作具体的了解。

1) 普通 TFT-LCD 显示屏手机显示电路的构成。一般来说主要由 CPU、显示译码驱动 IC、显示接口和液晶显示屏等组成结构。

但不同的手机，其显示屏电路的组成结构不是完全相同的：有的显示接口是单独的显示屏接口，一般直板手机较多；有的显示接口和其他功能接口是组合在一个大的接口上，这种接口在电路分析时，要分别进行，主要接口的哪一些是与显示有关的，这种接口一般用于翻盖手机中。正因为接口不同，因此其工作原理也就不同。如图 4-41 所示，为诺基亚 6610 手机普通 TFT-LCD 显示屏电路的结构，它采用单独的显示屏接口。

① 英文符号的含义。下面，我们对图 4-41 中重要的英文符号的含义作一简要的了解。

VIO：表示逻辑供电。在这里作为显示供电。

GENIO：表示通用数据线输入/输出。这里是显示复位。

LCDUI：表示显示总线信号。3 脚 SDA 表示显示数据信号，4 脚 SCLK 表示显示时钟信号，5 脚 CSx 表示显示选择控制信号。

UIDRV：表示驱动总线信号。DRV 为 Drive 的缩写，表示驱动。

KLight：表示键盘灯控制信号。K 为 Key 的缩写，表示键盘；Light 表示背光灯。

DLight：表示屏灯控制信号。D 表示 LCD 显示屏。

CallLED：表示显示启动信号。Call 表示唤醒，LED 表示灯。

VBAT：表示电池电压。它是为灯升压 IC N300 提供供电。

VFLASH：表示字库供电。这里是将字库供电也作为显示供电来用。

EN：表示启动信号。

Cx：表示电容。即外接一个滤波电容。



LCD Connector

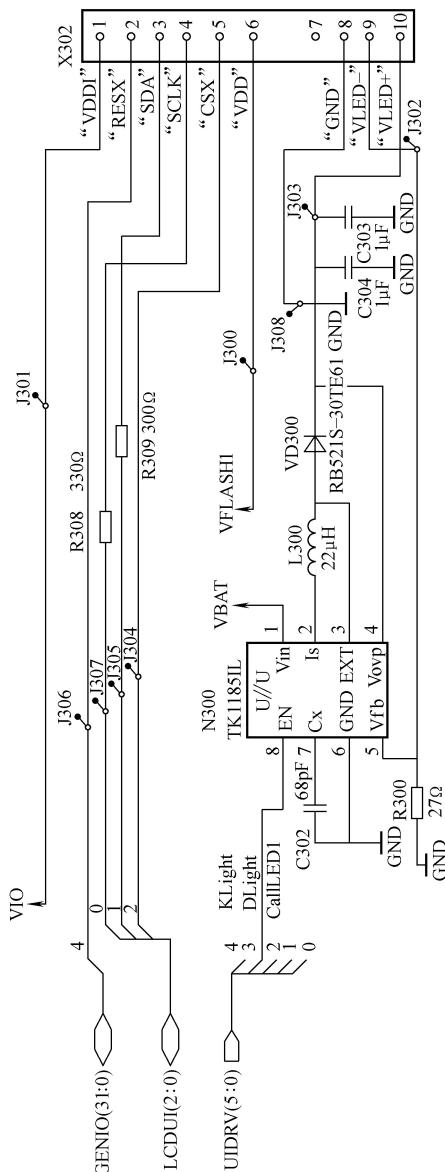


图 4-41 谱基业 6610 手机普通 TFT-LCD 显示屏电路的结构



Vfb：表示背光灯负极。因其连接到显示接口 9 脚的英文为 VLED -。

Vovp：表示背光升压供电的正极。因其连接到显示接口 10 脚的英文为 VLED +。

EXT：表示外接升压输入。

Is：表示交流电流输出。因其外接一个升压电感元件。

Vin：表示电压输入。即外部供电输入。

VDDI：表示显示供电输入。

RESX：表示显示复位信号输入。

SDA：表示显示数据信号输入。

SCLK：表示显示时钟信号输入。

CSX：表示显示选择控制信号输入。

VDD：表示显示供电电压输入。

GND：表示显示屏接地。

VLED -：表示显示背光灯负极。

VLED +：表示显示背光灯供电正极。

LCD Connector：表示显示接口。

② 电路中的元器件。下面，我们对图 4-41 中关键的电路元器件作一简要的了解。

X302：即显示接口。

N300：即背光灯升压 IC。

R308：即显示时钟信号线上的限流电阻。

R309：即显示数据信号线上的限流电阻。

C302：即升压 IC 内部供电滤波电容。

R300：即背光灯负极限流电阻。

L300：即背光灯升压电感。

VD300：即背光灯升压整流二极管。

C303、C304：即背光灯升压供电滤波电容。

2) 普通 TFT-LCD 显示屏手机显示电路的工作原理。我们参考图 4-41，主要就显示接口部分的工作原理作具体的了解。

当手机开机后，电源 IC 输出逻辑供电 VIO 和 VFLASH 到逻辑电路的



同时，还供电给这里的显示屏接口 1 脚和 6 脚，为手机显示屏提供供电。

逻辑电路得到供电后，CPU 就会输出显示数据 SDA、显示时钟 SCLK、显示控制信号 CSX 到显示接口，为显示屏提供数据、时钟和控制。与此同时，CPU 还会输出一个背光灯启动信号到背光灯升压 IC 的 8 脚，启动该 IC 工作，从 2 脚输出一个交变电压经升压电感 L300 升压、VD300 整流、电容 C303、C304 滤波后，产生约 12V 的灯供电电压为背光灯供电，完成手机的显示和背光工作原理。

通过分析我们可以看出，普通显示接口电路只需要显示供电、显示复位、显示数据、显示时钟、显示启动信号即可完成手机的显示。再加上显示背光灯，就可以看到手机显示内容了。

2. 手机触摸屏的工作原理

目前，触摸屏在手机上被广泛的使用。那么，手机触摸屏是怎样一回事呢？手机触摸屏的电路构成及电路工作原理又是怎样的呢？

（1）手机触摸屏的分类

手机触摸屏是一个以屏幕中心为原点的绝对坐标系，手指摸到哪里就定位哪里，不需要第二个动作。

触摸屏根据其工作原理和传输信息的介质，可分为 4 种类型，即：电阻式、电容感应式、红外线式和表面声波式触摸屏。

1) 电阻式触摸屏。它是一种历史最早、使用最多的触摸屏，而且结构原理也极为简单。如图 4-42 所示，电阻式触摸屏的屏体部分是一块与液晶显示器表面相匹配的多层复合薄膜，由一层玻璃或有机玻璃作为基板，表面涂有一层透明的导电层 ITO（氧化铟，弱导电体）；上面再盖有一层外表面硬化处理、光滑防刮的塑料柔性透明层，它的内表面也涂有一层透明导电层 ITO。这两层透明导电层分别对应 X、Y 轴，并且在它们之间用细微透明的绝缘颗粒（小于 1/1000in）隔开绝缘。

电阻式触摸屏的工作原理如下：

当手指触摸屏幕时，平常相互绝缘的两层导电层就在触摸点位置有了一个接触，即触摸产生的压力会使两导电层接通，该点到输出端的电阻值也不同，因其中一面导电层接通 Y 轴方向的 5V 均匀电压场，使得侦测层的电压由零变为非零，这种接通状态被控制器侦测到后，输出与该

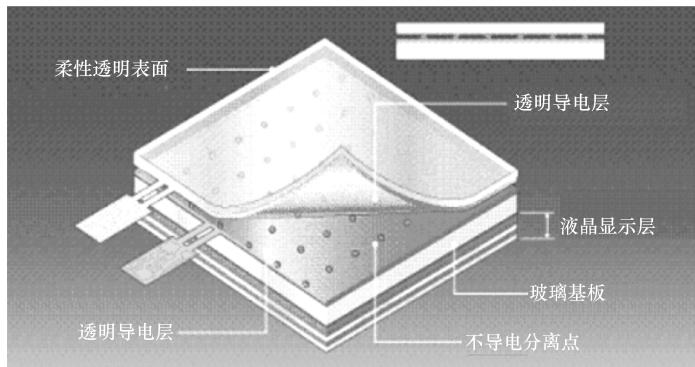


图 4-42 电阻式触摸屏的结构原理图

点位置相对应的电压信号（模拟量），进行 A-D 转换，并将得到的电压值与 5V 相比较即可得到触摸点的 Y 轴坐标，同理得出 X 轴的坐标，手机 CPU 同时检测电压及电流，计算出触摸的位置，反应速度为 10 ~ 20ms，这就是所有电阻技术触摸屏共同的最基本的工作原理。

电阻式触摸屏根据其引出线数的多少，可分为四线、五线、六线等多线电阻式触摸屏。

2) 电容感应式触摸屏。如图 4-43 所示，为电容感应式触摸屏的结构原理图。

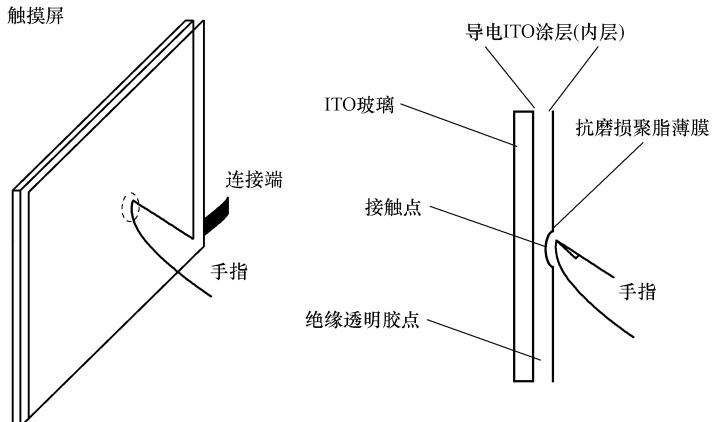


图 4-43 电容感应式触摸屏的结构原理图



这种屏幕表面涂有透明电导层 ITO，电压连接到 4 角，电荷分布于屏幕表面，形成一个均匀的电场。当手指碰触（或接近）屏幕表面时，人体作为耦合电容的一极，电流会从屏幕的 4 个角汇集形成耦合电容的另一极，通过控制器计算电流传到碰触位置的相对距离即可得到触摸处的坐标值。

3) 红外线式触摸屏。如图 4-44 所示，为红外线式触摸屏的结构原理图。

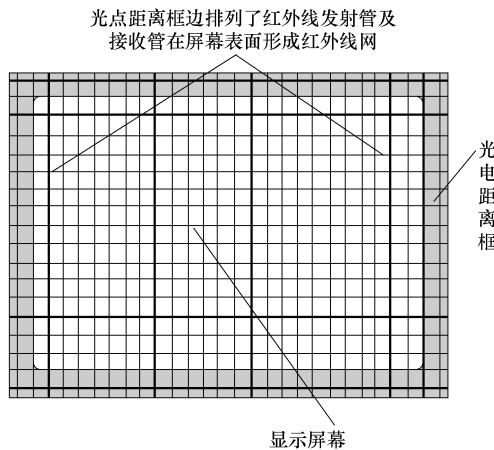


图 4-44 红外线式触摸屏的结构原理图

红外线式触摸屏是利用 X、Y 方向上密布的红外线矩阵来检测操作者的触摸动作。

红外线式触摸屏需要在显示器的前面安装一个电路板外框，电路板在屏幕四边布置有红外线发射管和红外线接收管一一对应形成横竖交叉的红外线矩阵。用户在触摸屏幕时，手指就会挡住经过该位置的横竖两条红外线，因而判断出触摸点在屏幕的位置。任何不透光的物体都可改变触点上的红外线而实现触摸屏操作。

4) 表面声波式触摸屏。如图 4-45 所示，为表面声波式触摸屏的结构原理图。

表面声波式触摸屏的 3 个角分别粘贴着 X、Y 方向的发射和接收声波的换能器，4 个边刻着反射表面超声波的反射条纹。当手指或软

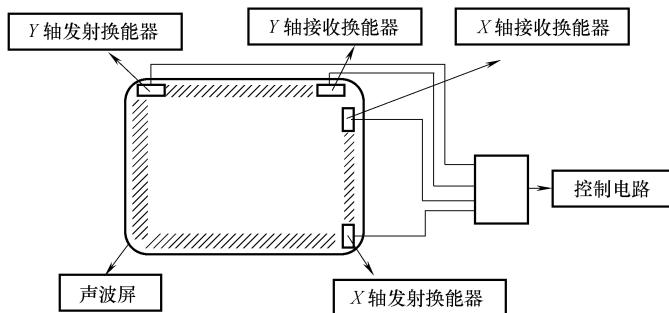


图 4-45 表面声波式触摸屏的结构原理图

性物体触摸屏幕，部分声波能量被吸收，于是改变了接收信号的强度，通过控制器对接收信号的强度进行分析就可以得到触摸点的 X、Y 坐标。

(2) 常见的手机触摸屏

如图 4-46 所示，通常手机使用的都是四线电阻式触摸屏。

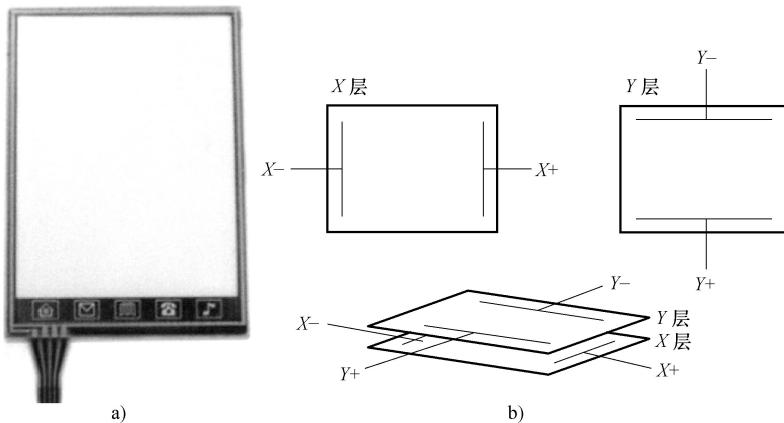


图 4-46 四线电阻式触摸屏

a) 实物图 b) 结构原理图

如图 4-46，四线电阻式触摸屏触摸屏板接口为 4 根引线，一般排列顺序为 $X +$ 、 $Y +$ 、 $X -$ 、 $Y -$ ，极少数排列为 $X +$ 、 $X -$ 、 $Y +$ 、 $Y -$ 。



触摸屏板的四周都有线，有些手机可以直观地看出线的走向，左边的对应 $X -$ ，右边的对应 $X +$ ，上边的对应 $Y -$ ，下边的对应 $Y +$ 。 $X +$ 和 $X -$ 为一组，其阻值为 $350 \sim 450\Omega$ 左右； $Y +$ 和 $Y -$ 为一组，其阻值为 $500 \sim 680\Omega$ 左右。也就是说 $X +$ 和 $X -$ 控制阻值 $350 \sim 450\Omega$ 左右； $Y +$ 和 $Y -$ 控制上下阻值为 $500 \sim 680\Omega$ 。

如果不能直观看出线的走向，也可以用万用表的两支表笔先接任意接两条引出线，同时用手去触摸屏的触摸面，如果万用表的阻值不变，可以断定这就是相对应的两条线，也就是 $Y +$ 和 $Y -$ 或 $X +$ 和 $X -$ 的引出线，剩下的两条线就是另外一组线；如果阻值有变化，可以判断不是对应的一组线。

(3) 手机中触摸屏电路的工作原理

如图 4-47 所示，为手机触摸屏的电路的原理图。

在手机中，触摸屏主要是用于手机显示信息以及手写输入功能。由于其手写的方便性，被广泛应用于很多的 PDA 手写手机中。

1) 电路中元器件的作用及其英文符号的含义。图 4-47 中，①是触摸屏的接口 IC，它有 36 个引脚。下面我们来具体了解每一个引脚的英文符号含义及其功能作用。

1 脚 VENDOR：表示触摸屏 LCD 启动信号。它与外界的 ADC4_LCD 意义相同。它是由 CPU 的 C5 脚送来。

2 脚 GND：表示触摸屏的接地脚。

3 脚 VCC：表示触摸屏的供电 $2.8V$ 。它外接的 VDD 表示供电，它是由电源 IC 的 20 脚输出，经 C408、C560 滤波电容，保护二极管 V503 后送到接口的 3 脚。

4 脚 $X +$ ：表示触摸屏正极。其外接 XL 表示 X 轴正方向信号，它是由触摸屏控制 IC U701 (ADS7843) 的 2 脚经过一个保护二极管 V701 后送来的。

5 脚 $Y +$ ：表示触摸屏正极。其外接 YU 表示 Y 轴正方向信号，它是由触摸屏控制 IC U701 (ADS7843) 的 3 脚经过一个保护二极管 V702 后送来的。

6 脚 $X -$ ：表示触摸屏负极。其外接 XR 表示 X 轴负方向信号，它是由触摸屏控制 IC U701 (ADS7843) 的 4 脚经过一个保护二极管

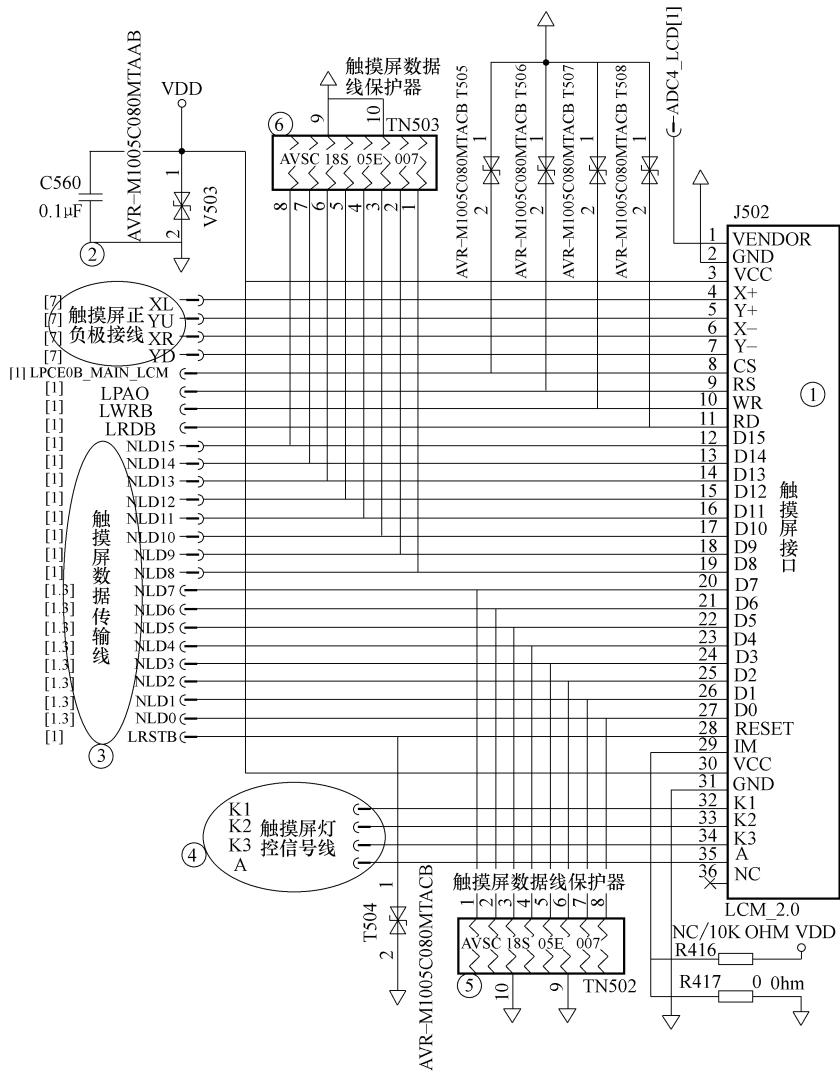


图 4-47 手机触摸屏的电路原理图

V703 后送来的。

7 脚 Y-：表示触摸屏负极。其外接 YD 表示 Y 轴负方向信号，它是由触摸屏控制 IC U701 (ADS7843) 的 5 脚经过一个保护二极管



V704 后送来的。

8 脚 CS：表示触摸屏显示片选信号。其外接 LPCEOB_MAIN_LCM 表示主屏启动控制信号，在这里作为片选控制信号。

9 脚 RS：表示显示复位。它是 LCDRESET 的缩写，其外接 LPAO 表示复位信号。

10 脚 WR：表示触摸屏的读写控制信号线。其外接 LWRB 表示读写控制信号。

11 脚 RD：表示触摸屏的读控制线。其外接 LRDB 表示读控制信号。

12 ~ 27 脚 D15 ~ D0：表示触摸屏的显示数据线。其外接 NLD15 ~ NLD0 表示显示数据信号，主要是控制触摸屏显示所有的操作信息。

28 脚 RESET：表示触摸屏的复位信号。其外接 LRSTB 表示复位信号。

29 脚 IM：表示触摸屏的供电。其外接 VDD 表示供电。

30 脚 VCC：表示触摸屏的供电 2.8V。它是由电源 IC 的 20 脚输出，经 C408、C560 滤波电容，保护二极管 T503 后送到接口的 30 脚。

31 脚 GND：表示触摸屏接地。

32 脚 K1、33 脚 K2、34 脚 K3、35 脚 A：表示触摸屏灯控信号线。

36 脚 NC：表示空脚。

2) 手机触摸屏电路的工作原理。为了能更透彻地分析触摸屏电路的工作原理，我们在图 4-47 的基础上还需联系图 4-48 所示的电路。

下面，我们来具体分析图 4-47 与图 4-48 的联系，从中就可以详细了解触摸屏的电路工作原理。

图 4-48 中的①为 CPU 输出的触摸屏数据传输线，是送到图 4-47 中触摸屏接口 J502 的 12 ~ 27 脚，作为触摸屏所有的数据信息显示。没有这些数据信号线，将导致触摸屏有灯光，但无法进行数据传输而无任何显示信息。

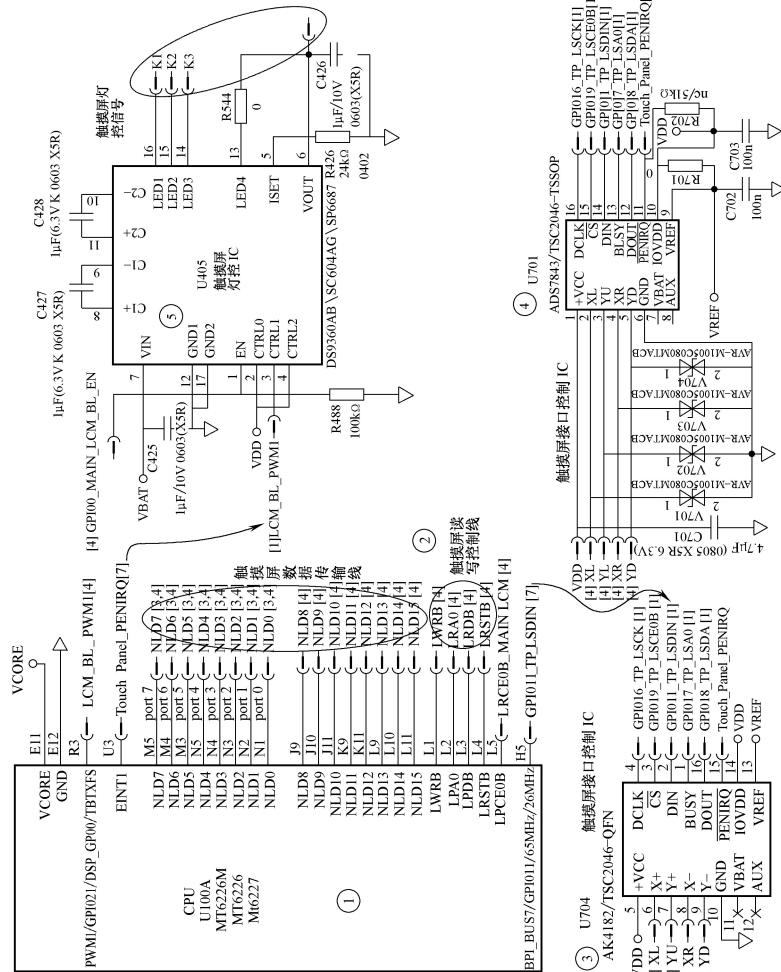


图 4-48 手机触摸屏控制申路



图 4-48 中的②为由 CPU 输出到图 4-47 中触摸屏接口的 8 脚、9 脚、10 脚、11 脚的读写控制信号和复位信号。没有这些信号，会导致触摸屏失灵的故障。

图 4-48 中的③为触摸接口控制 IC，编号是 U704。IC 型号是 AK4182，它与图中④部分中的 U701 是可以互换的，这里的两个触摸屏控制 IC 实际手机主板上只用了一个 U701，而 U704 并没有用上，只是作为电路的参考。U701 的引脚功能见表 4-1。

表 4-1 U701 的引脚功能表

引脚号	引脚名	功 能 描 述
1, 10	+ VCC	供电电源 2.7 ~ 5V
2, 3	X + , Y +	接触摸屏正电极, 内部 A/D 通道
4, 5	X - , Y -	接触摸屏负电极
6	GND	电源地
7, 8	VBAT, AUX	电池电压供电, 辅助/附加接 0
9	VREF	A/D 参考电压输入
11	PENIRQ	中断输出, 需接外拉电阻(10kΩ 或 100kΩ)
12, 14, 16	DOUT, DIN, DCLK	串行接口引脚, 在时钟下降沿数据移出, 上升沿移进
13	BUSY	忙指示, 低电平有效
15	CS	片选

这里主要是看它的 2 脚、3 脚、4 脚、5 脚的 X 轴、Y 轴的矩阵信号，送到图 4-47 中触摸屏控制接口的 4 脚、5 脚、6 脚、7 脚，再到触摸屏，主要是用它来控制触摸屏上下、左右的坐标位置，实现触摸屏手写输入的位置控制。

如果这些信号线有断线，将不能实现对触摸屏的校正，同时在手写输入时，不能完成将手写信息进行正确的排列。

图 4-48 中的⑤为触摸接口的背光灯控制 IC，它的 7 脚、2 脚、4 脚是该 IC 的供电，1 脚、3 脚是它的启动控制信号，该灯控 IC 在满足供电和启动控制的作用下，即可工作，从 6 脚、14 脚、15 脚、16 脚输出灯控信号，到图 4-47 中触摸屏接口 J502 的 32 脚、33 脚、34 脚、35 脚，再送到触摸板，显示灯光。如果有其中一条线断，都将导致触摸屏有显示，但不能看见其显示内容。



4.4.5 手机振铃、振子电路图解

我们知道，将电信号转换为铃声称为振铃；将电信号转换为手机的转动称为振子。下面我们来具体了解两者的电路工作原理。

1. 手机振铃电路

(1) 振铃电路的识别

振铃电路的识别实际上很简单，只要我们在电路图中找到表示振铃的英文 ALRT、ALRTVCCC、BL，就可以判定其相连的电路就是振铃电路。

(2) 和弦铃声电路工作原理

早期的手机，振铃的功能较为简单，振铃电路也简单。如今，多功能手机大行其道，其振铃多了和弦铃声、MP3 音乐铃声等，自然振铃电路也相对复杂。我们以 MP3 铃声电路为例，大多数手机的 MP3 铃声电路都由 MP3 音乐 IC 来完成，即手机中的 MIDI 和弦音乐芯片，它是通过内置高集成度的和弦芯片播放 MIDI 音乐文件来实现的。

目前手机市场有多种和弦控制芯片，其中日本的雅马哈、中国台湾的华邦和旺宏使用得较多。如图 4-49 所示，为雅马哈 YM765 和弦芯片的电路结构。

1) 英文符号的含义。下面，对我们对图 4-49 中重要的英文符号的含义作一简要的了解。

CS5n_MELODY：表示和弦音乐 IC 片选控制信号。它来自 CPU，与芯片内部连接的 CS 即片选控制。

HA (1)：表示和弦音乐 IC 地址线信号。与 IC 内部的 A0 意义相同，A0 表示地址信号线。

OEn：表示选择控制信号。由于它与芯片内部的 RD 相连接，所以在这里为和弦芯片的读数据信号。

+VDD_IO_LOW：表示和弦芯片供电。其供电电压为 2.8V。

26M_DIGIT：表示 26MHz 和弦芯片工作时的参考时钟信号。

M_INT：表示和弦芯片红外线控制信号。与芯片内部的 IRQ 意义相同。

RSTON：表示和弦芯片的复位信号。与内部的 RST 是相同的。

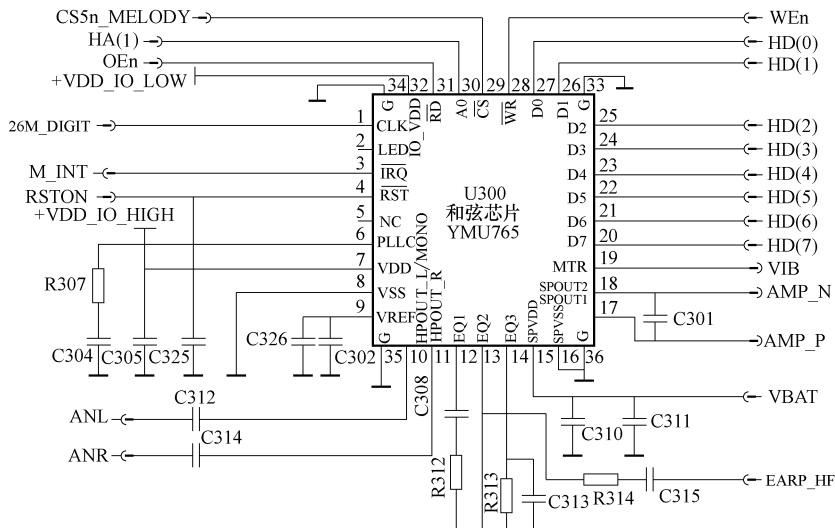


图 4-49 雅马哈 YMU765 和弦芯片的电路结构

意义。

+ VDD_IO_HIGH：表示和弦芯片供电。其供电电压仍为 2.8V。

ANL：表示耳机左声道和弦音乐信号输出。与内部 HPOUT_L_MONO 意义相同。

ANR：表示耳机右声道和弦音乐信号输出。与内部 HPOUT_R 意义相同。

EARP_HF：表示耳机受话器的反馈信号输入。

VBAT：表示电池电压供电。

AMP_P：表示本机受话器信号输出。送到受话器中以发出音乐。

AMP_N：表示本机受话器信号输出。

VIB：表示振子驱动信号输出。送到振子接口或者触点。

HD (0) ~ HD (7)：表示和弦芯片与 CPU 之间的数据线。

WEn：表示该和弦芯片的读写控制线。它与内部相连的 WRD 意义相同。

2) 和弦铃声电路的工作原理。

① 和弦铃声电路的工作条件。无论是什么电路，都必须满足一



定的工作条件后才能正常工作，那么，和弦铃声的工作条件是什么呢？

具体来说，和弦铃声电路的工作条件有以下几点。

供电条件。该电路有两个供电条件，一个是 32 脚 +VDD_IO_LOW，它是和弦芯片供电；另一个是 15 脚的 VBAT 供电，它是和弦 IC 内部振子控制电路的供电。

时钟信号。图 4-49 中 1 脚 26M_DIGIT 就是和弦芯片工作时的参考时钟信号，在这里作为音乐信号的比较时钟。

复位信号。该音乐 IC 内部为一个简单的数字处理电路，因此必须满足复位条件才能正常工作，其复位信号即 IC 4 脚的 RSTON。

控制信号。在图 4-49 中有 3 个控制信号，即：29 脚的 CS5n_MELODY 片选控制信号，它来自 CPU，控制和弦 IC 内部的数字音频处理，包括数字音频解调与 D/A 转换等；31 脚的 RD/OEn 读控制信号，它也是来自 CPU；28 脚的 WR/WEn 写控制信号。这 3 个信号都是控制内部数字处理器工作的。

② 和弦铃声电路的工作原理。参见图 4-49。当和弦芯片 IC 满足了供电、时钟、复位、片选、读写等条件后，在 30 脚输入的 A0/HA 地址信号控制作用下，将 20~27 脚输入的数字音频信号进行数字音频解码、解密以及 D/A 转换后，再经过内部放大处理，然后就可以从该和弦 IC 的 10 脚、11 脚输出 ANL、ANR 和弦铃声信号，送到和弦喇叭，使之在手机来电时出现铃声。

如果手机设置在播放 MP3 时，同样是 CPU 输出的控制信号，通过数字音频处理后，输出动听的音乐，这就是和弦音乐电路的工作原理。

2. 手机振子电路

(1) 振子电路的识别

在手机电路图中，只要找到表示振子的英文 VIB、VIBVCC，就可以判定其相连的电路就是振子电路。

如图 4-50 所示，为手机振子电路结构原理图。

1) 英文符号的含义。下面，我们对图 4-50 中重要的英文符号的含义作一简要的了解。

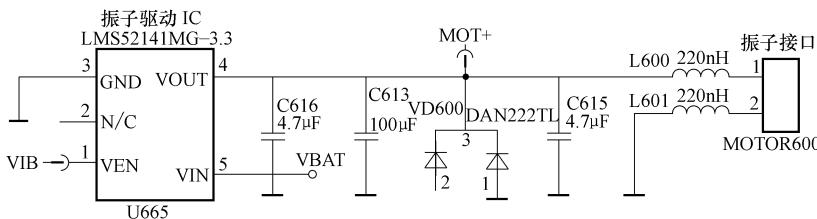


图 4-50 手机振子电路结构原理图

VIB/VEN：表示振子供电启动控制信号。它由和弦音乐 IC 的 19 脚输出。当手机设置在振动状态，来电时，该信号就有 2.8V 高电平控制脉冲。

VIN/VBAT：表示振子驱动 IC 的供电。它由电池电压提供，VIN 表示电压输入，因此这里就表示用电池电压来表示振子驱动 IC 的供电。

MOT +：表示振子供电的正极。

MOTOR600：表示振子接口。

2) 电路中的元器件。下面，我们对图 4-50 中关键的电路元器件作一简要的了解。

U665：即振子驱动 IC。在这里起着放大的作用，就是将和弦 IC19 脚输出的振子驱动信号进行电流放大，将放大的电流从 4 脚输出到振子接口，送到振子内部线圈，使线圈在电流通过的作用下，产生磁场而振动。

C616、C615、C613：即振子驱动信号的滤波电容。

VD600：即振子驱动信号的保护二极管。

L600、L601：即振子电路中的限流电感。

(2) 振子电路的工作原理

我们从图 4-50 中就可以看出，振子电路其实很简单。它只要满足 15 脚的供电、数据控制信号及其来电设置在振动状态后，就可以实现来电时，手机即可实现来电振动提示接听电话了。

图 4-50 中 19 脚就是振子驱动控制信号输出，该信号输出到振子驱动 IC，经驱动放大后，送到振子接口，再到振子完成振子工作。



4.4.6 手机蓝牙电路图解

1. 蓝牙技术的概念

蓝牙技术是 1998 年推出的一种新的无线传输方式，实际上就是取代数据电缆的短距离无线通信技术，通过低带宽电波实现点对点，或点对多点连接之间的信息交流。蓝牙采用跳频技术，抗信号衰落；采用快跳频和短分组技术，减少同频干扰，保证传输的可靠性；采用前向纠错编码技术，减少远距离传输时的随机噪声影响；使用 2.4GHz 的 ISM 频段，无须申请许可证；采用 FM 调制方式，降低设备的复杂性。

蓝牙技术支持 1 个异步数据通道或 3 个并发的同步话音通道，或 1 个同时传送异步数据和同步话音的通道。每一个话音通道支持 64kbit/s 的同步话音；异步通道支持最大速率为 721kbit/s、反向应答速率为 57.6kbit/s 的非对称连接，或者是 432.6kbit/s 的对称连接。

蓝牙常用 Bluetooth 来表示，简写为“ET”。

2. 蓝牙电路的构成

如图 4-51 所示（见文后插页），手机蓝牙电路是一个单独的射频电路，主要由一个蓝牙 IC 及其外围电路组成。

从图 4-51 中我们可以看出，手机蓝牙电路相对比较复杂，其原因是一个简单的蓝牙电路也是一个数字音频处理电路，它既可以接收外界传来的数据信号通过蓝牙存储于手机中，也可以将手机里边的数据信号发送出去，所以蓝牙电路工作也是双向进行的，即接收和发射数据。

蓝牙电路主要是处理音频信号，因此电路中主要是语音信号的电路。

在手机电路中，我们只要看到有一个 IC 上标注有很多 Bluetooth 或者 BT 的英文，就可以判断它就是蓝牙 IC。

(1) 英文符号的含义

ANT：表示蓝牙天线。

SYNCLK/LPRFCLK：表示蓝牙同步时钟信号。

蓝牙 IC N130 引脚英文：

BT_ON/G_LPRF：表示蓝牙启动信号。



UART_RX：表示蓝牙接收通用数据传输信号。

VIO/SPI_CSB：表示蓝牙供电/蓝牙串行片选信号。

RESETB：表示蓝牙复位信号。

SPI_CLK：表示蓝牙串行时钟信号。

SPI_MOSI：表示蓝牙同步串行总线的输入信号。

TEST_EN：表示测试启动信号。

FLASH_EN：表示存储器启动信号。

RF_IN：表示蓝牙射频启动信号。

TX_A：表示蓝牙发射数据信号。

TX_B：表示蓝牙发射数据信号。

XTAL_IN：表示蓝牙时钟输入信号。

LOOP_FILTER：表示环路滤波电路。这里是空脚。

PCM_IN：表示脉冲编码调制信号输入。这里可以理解为蓝牙音频编码信号。

PCM_SYNC：表示同步脉冲编码调制信号。这里可以理解为蓝牙语音时钟信号。

PCM_CLK：表示时钟脉冲编码调制信号。这里可以理解为蓝牙语音时钟信号。

UART_RTS：表示蓝牙发送请求通用数据传输信号。UART 表示通用数据信号，RTS 表示蓝牙发送请求信号。

UART_CTS：表示清除蓝牙发送请求通用数据传输信号。CTS 表示清除发送请求信号。

VREG_IN：表示稳压供电输入。VREG 表示稳压器。

VDD_RADIO：表示蓝牙音频供电电压。RADIO 表示音频信号。

VDD_VCO：表示蓝牙振荡器供电。VCO 表示振荡器。

VDD_ANA：表示蓝牙音频供电。ANA 表示语音信号。

VDD_CORE：表示蓝牙核心供电电压。CORE 表示核心供电。

VDD_IO：表示蓝牙接口供电电压。

VDD_MEM：表示蓝牙存储功能供电。MEM 表示存储记忆。

VSS_RADIO：表示蓝牙音频供电电源接地。

HOST_WAKEUP：表示蓝牙主芯片唤醒信号。HOST 表示主芯



片，WAKEUP 表示唤醒信号。

BT_WAKEUP：表示蓝牙唤醒信号。BT 表示蓝牙。

UART_TX：表示蓝牙发送通用数据传输信号。

PCM_OUT：表示同步脉冲编码信号输出。

XTAL_OUT：表示时钟信号输出。XTAL 表示振荡时钟信号。

SPI_MISO：表示蓝牙同步串行总线的输出信号。

PURX：表示复位信号。

PUSL：表示蓝牙复位时钟信号。PU 为 PURX 的缩写，表示复位；SL 表示时钟。

(2) 电路中的元器件

下面，我们对图 4-51 中关键的电路元器件作一简要的了解。

N139：即蓝牙主芯片 IC。它是蓝牙电路的核心器件，它主要是完成蓝牙音频信号的传输处理，它也是一个逻辑处理芯片，所以它工作时需要供电、同步时钟、复位信号等，才能进行数据的传输。

Z130：即蓝牙天线触点。

Z131：即蓝牙射频信号滤波器。

T138：即蓝牙数据信号耦合器。

C131、L131、C132、L132：它们组成蓝牙射频信号输入滤波电路。

C130、L130：它们构成蓝牙收发反馈数据信号传输线路。

R133：即非门电路输出电压反馈电阻。起到控制信号电平作用。

C133：即蓝牙同步时钟信号输入耦合电容。

D130：即蓝牙同步时钟信号反相器。控制蓝牙芯片内部数字处理器的工作状态，即何时发送数据、何时接收数据等。

R130、C134、R131：它们构成蓝牙同步时钟信号的耦合滤波电路。

C136：即蓝牙芯片唤醒信号滤波电容。

C138、C139、R132、L133、C137、C140：它们构成蓝牙本机振荡电路，也称为蓝牙谐振电路。

C141：即蓝牙音频供电滤波电容。

C143：即蓝牙供电滤波电容。



C142：即蓝牙稳压管供电滤波电容。

C144：即蓝牙稳压输出滤波电容。

N131：即蓝牙稳压供电管。

L134：即蓝牙供电限流电感元件。

3. 蓝牙电路的工作原理

我们参考图 4-51，来具体了解蓝牙电路的工作原理。

蓝牙电路工作时需要满足供电、时钟、复位等条件，还需满足 C138、C139、R132、L133、C137、C140 等构成的蓝牙本机振荡电路要正常。

我们知道，蓝牙是一种进行数据传输的设备，它可以接收和发送数据，实际上蓝牙电路就是一个简单的射频与逻辑处理的电路。不过蓝牙射频要工作，还需要购买手机配备的蓝牙适配器以及驱动安装光盘，安装驱动后，才能进行操作，否则不能进行数据传输。

当安装好蓝牙适配器驱动后，蓝牙适配器插到电脑的 USB 口上，打开手机调节功能菜单中开启蓝牙功能。再打开已经安装在电脑里边的蓝牙功能图标，打开搜索的功能，搜索手机直到找到手机且联机。

蓝牙设备与手机联机后，如果要将电脑里边动听的音乐通过蓝牙传输到手机，需打开电脑里边蓝牙文件菜单，打开电脑里边的需要传输的音乐文件，在单击蓝牙文件中的发送按钮，此时音乐文件数据信号就会通过蓝牙适配器发送出来到手机中，手机中的蓝牙电路开始接收工作。通过蓝牙天线到 Z131 滤波器滤波后，到 T130 耦合器耦合，平衡输出到由 L131、L132、C131、C132 等组成滤波电路后，送到蓝牙 IC 的 E1、F1 脚，在蓝牙芯片里边进行蓝牙音频数据处理后，从蓝牙 IC 的 G8 脚输出到 CPU，通过 CPU 控制后存储到手机存储器，一般是多媒体卡中，这样即完成手机蓝牙接收外部音频数据信号的工作。

当我们要把手机内部的音频数据信号传输到电脑里边时，其过程刚好是相反的。同样打开电脑蓝牙功能界面，再打开它的文件菜单，找到手机存储器里边需要传输的音频数据文件，单击发送文件，此时手机里的音频数据信号就通过蓝牙适配器发送到电脑中。其过程是手机内部存储器里边的音乐信号由 CPU 控制取出，通过 CPU 送到蓝牙



IC 的 H9 脚，通用在蓝牙 IC 处理后，再从蓝牙 IC 的 E1、F1 脚输出，通过 T130 耦合器、Z131 滤波器、天线后发送到适配器后，保存与电脑中，完成蓝牙电路工作时的发送工作。

4.4.7 手机摄像电路图解

平时，我们用手机拍摄相片、录影，非常方便。那么，手机的摄像电路的构成是怎样的呢？其电路工作原理又是怎样的呢？

1. 手机摄像头的结构

独立的手机摄像头由传感器、光学镜头、闪光灯等结构器件组成。

(1) 传感器

传感器又称感光器，它是手机摄像头的心脏，是最关键的技术。

在手机数码相机中，感光器件有两种：CCD（Charge Coupled Device 电荷耦合）；CMOS（Complementary Metal-Oxide Semiconductor，互补金属氧化物导体）器件。最常用的是 CMOS 感光器，如图 4-52 所示。

感光器件实际上就相当于早期传统相机的“胶卷”一样，它是将信息记录到“胶卷（感光器件 CCD 或者 CMOS 器件）”上。

1) CCD。电荷耦合器件图像传感器是用一种高感光度的半导体材料制成，其作用就是将光信号转变成电信号来记录信息的。

CCD 是由一个类似马赛克的网格、聚光镜片以及垫于最底下的电子线路矩阵所组成。

2) CMOS。互补性氧化金属半导体传感器和 CCD 一样都是记录光线变化的半导体，主要是利用硅和锗这两种元素所做成的，使其在 CMOS 上共存着带 N（带负电）和 P（带正电）级的半导体，这两个互补效应所产生的电流即可被处理芯片纪录和解读成影像。

(2) 光学镜头

如图 4-53 所示，镜头是拍摄系统的灵魂，它与感光器是决定照片图像清晰度的关键。

手机摄像镜头都采用的是玻璃材质，由多个透镜组成，表面有很多的“镀膜”，镜头的材质决定了光线进入的质量以及在感光材料上的成像。



图 4-52 CMOS 感光器件

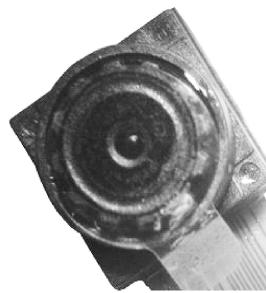


图 4-53 光学镜头

(3) 闪光灯

闪光灯是加强曝光量的方式之一，尤其在昏暗的地方，打闪光灯有助于让景物更明亮。

不过，使用闪光灯也会出现弊端，例如在拍人物时，闪光灯的光线可能会在眼睛的瞳孔发生残留的现象，进而发生“红眼”的情形，因此许多相机商都将“消除红眼”这项功能加入设计。

中低档数码相机一般都具备 3 种闪光灯模式，即自动闪光、消除红眼与关闭闪光灯。

2. 手机摄像头电路的构成

如图 4-54 所示，为手机摄像头的电路组成框图。

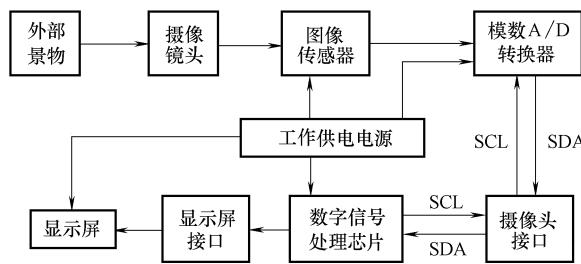


图 4-54 手机摄像头的电路组成框图

该框图电路的工作原理大致为：外部景物通过镜头（LENS）生成的光学图像投射到图像传感器表面上，然后转为电信号，经过 A/D



D（模/数转换）转换后变为数字图像信号，再送到数字信号处理芯片（DSP）中加工处理，再通过 USB 接口传输到电脑中处理，通过显示屏就可以看到图像了。

如图 4-55 所示，为手机摄像头的电路组成原理图。

英文符号的含义：

下面，我们对图 4-55 中重要引脚的英文符号的含义作一简要的了解。

图 4-55 中，标注 A、B、C、D、E 5 个部分都是与照相有关的电路。

1) A 部分。

A 部分电路是 CPU 的一部分引脚，以下是其引脚的英文含义。

K12：CAM_LDOEN 表示相机闪光灯启动信号。它送到 B 部分 BN401 耦合器的 1 脚。

H12：CAM_VSYNC 表示相机阵列场同步参考信号。它由摄像头控制器中存储矩阵输出。

H11：CAM_HREF 表示相机阵列行同步参考信号。它由摄像头控制器中存储矩阵输出。

H9：CAM_PCLK 表示同步时钟控制信号。

H8、J8、K8、L8、M9、M10、M11：表示由摄像头组件输出的数字信号。

H10：CAM_XCLK 表示相机同步时钟控制信号。

2) B 部分。

CAM_XCLK：表示相机同步时钟控制信号。它由 CPU 送到照相接口到摄像头内部的控制器，控制摄像头照相时同步工作。

3) C 部分。

其电路与 A 部分相同。

4) D 部分。

CAM_SCL、CAM_SDA：表示串行数据总线信号，也是 I²C 总线控制信号。在照相时，由 CPU 将总线时钟 CAM_SCL 和总线数据 CAM_SDA 经过照相接口送到摄像头组件里边的控制器和模数转换电路，控制阵列存储单元的工作。

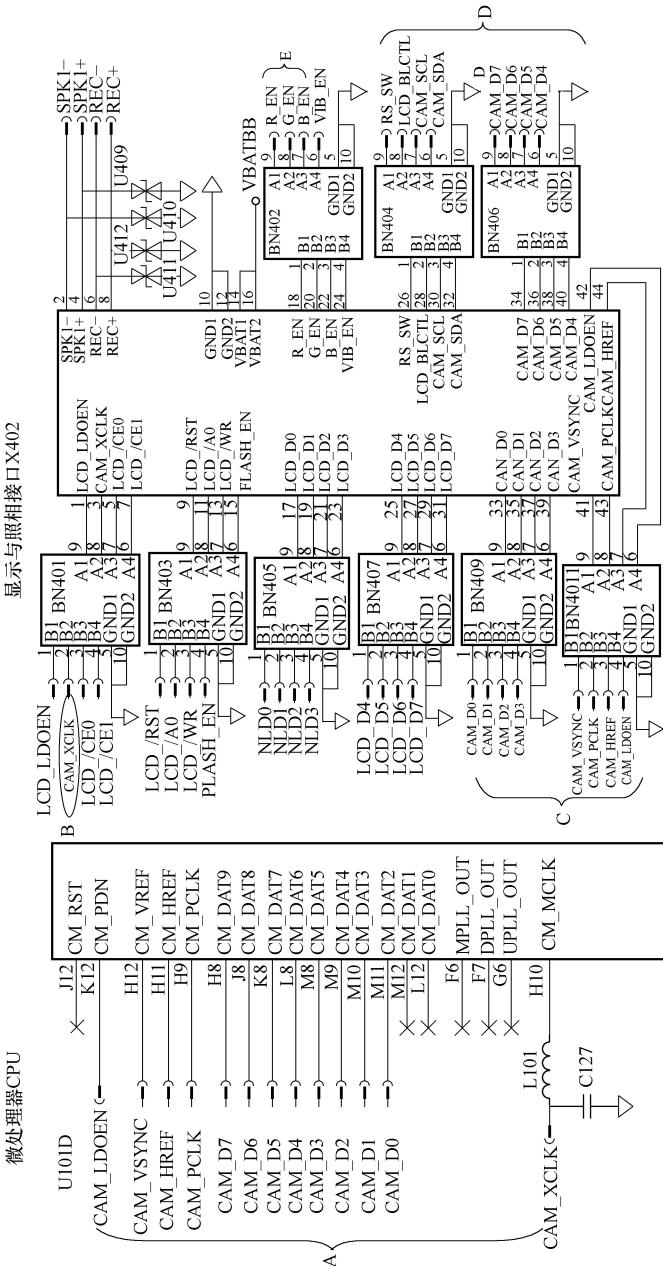


图 4-55 手机摄像头的电路组成原理图



5) E 部分。

E 部分是 RGB 三基色控制信号，是由 CPU 输出经照相接口送到摄像头的控制器，控制 RGB 滤色片的工作状态。

从图 4-55 的电路结构来看，摄像头电路工作还必须要有供电，也就是接口中的 14、16 脚，作为摄像头感光元件及放大器、模数转换器的供电。因此在维修不能照相故障时，一定要在接口上测量供电是否正常，一般为 2.5~36V。

3. 手机摄像头电路的工作原理

(1) 摄像头电路的工作条件

从图 4-55 中我们可以看到，手机摄像头电路要正常工作必须满足的工作条件有：相机供电、相机灯控启动信号、相机系统时钟信号、相机闪光灯控制信号，相机数据总线和相机时钟总线，此外就是图片数据传输线 CAM_D0~D7 要正常。

(2) 手机摄像头电路的工作原理

我们参考图 4-55，来分析手机摄像头电路的工作原理。

当手机不照相时，I²C 总线在空闲状态，数据线 SDA 和时钟线 SCL 总是处于高电平输出状态。当进行照相操作时，CPU 控制其总线发出启动信号，使数据线 SDA 和时钟线 SCL 由高电平变为低电平，同时时钟线 SCL 也就发出时钟信号，使照相摄像头工作，手机开始实现照相。

当手机照相完成时，拍摄的每一个图片都按帧存储在摄像头的存储单元里边。如果我们要看所拍摄的图片时，操作手机的图片预览，此时摄像头的存储单元就将存储的图片数据通过数据线 CAM_D0~D7 等经接口 33~40 脚后传送到手机的 CPU，在 CPU 内部进行 DSP 后，转变成显示屏所需的显示数据信号，经显示接口 17 脚、19 脚、21 脚、23 脚、25 脚、27 脚、29 脚、31 脚后送到手机显示屏显示出图片来，这就是拍摄照片工作的过程。

4.4.8 手机收音机电路图解

目前，几乎所有的手机都有收音机功能。那么，手机的收音机电路的怎样的呢？

1. 手机收音机电路的构成



一般来说，收音机电路结构都比较简单，在手机电路中，它是一个单一的组成电路，主要通过电调谐实现收听不同频段的电台。

手机收音机电路一般都采用一个收音机 IC 和一个单独双变容二极管组成的调谐电路，通过控制变容二极管的充放电产生本机振荡频率实现选取不同的收音节目。

如图 4-56（见书后插页）所示，为手机的收音机电路结构原理图。

(1) 英文符号的含义

下面，我们对图 4-56 中重要的英文符号的含义作一简要的了解。

PUSL：表示复位时钟信号。PU 为 PURX 的缩写，表示复位信号；SL 为 SCLK 的缩写，表示时钟。

GPIO (37:0)：表示通用串行接口输入输出。

FMANT：表示收音机天线。

VAUX1：表示收音机电路音频供电。

XAUDIO (17:0) 表示外部音频信号。其中 AUDIO 表示音频之意。

(2) 收音机 IC 各引脚的功能

图 4-56 中收音机 IC N656 的引脚功能如下。

1、10、20、21、30、31、40、42 脚 NC：表示空脚。

2 脚 CPOUT：表示调谐电压输出。CP 表示锁相电压，主要用来控制变容二极管的充放电，产生不同的振荡频率，实现选台的功能。它是收音机电路中的关键。

3 脚 VCOT ANK1：表示振荡电压控制 1 端。通过该脚的控制，可以改变变容二极管 VD656 的导通状态。

4 脚 VCOT ANK2：表示振荡电压控制 2 端。

5 脚 VCCVC0/VAUX1：表示收音机 IC 内部的振荡器供电。其电压值为 2.8V。

6 脚 DGND：表示接地端。

7 脚 VCCD/VAUX1：表示收音机 IC 内部的振荡器供电。其电压值为 2.8V。

8 脚 DATA/FMCtrl Data：表示由 CPU 输出的收音机数据信号。控制收音机 IC 内部实现收音频处理功能作用。



9 脚 CLOCK/FMCtrl Clk：表示由 CPU 输出的收音机时钟信号。控制收音机 IC 内部实现收音音频处理功能作用。

11 脚 W/R/FMWrEn：表示由 CPU 输出的收音机启动信号。控制收音机 IC 内部实现收音音频处理和启动该 IC 工作的作用。

12 脚 BUSMODE：表示收音机 IC 内部的音频解调电路的供电。

13 脚 BUSEN/FMBusCrl：表示由 CPU 输出的收音机启动信号。控制收音机 IC 内部实现收音音频处理和启动该 IC 工作的作用。

14 脚 SWPORT1：表示收音机开关的端口 1。在这里是空脚。

15 脚 SWPORT2：表示收音机开关的端口 2。在这里是空脚。

16 脚 XTAL1：表示时钟晶体振荡信号输入。在这里是空脚。

17 脚 XTAL2/FMClk/PUSL：表示时钟晶体信号输入/收音机时钟信号/时钟复位和时钟信号。在这里采用总线的形式表示出来的。

18 脚 PHASEFIL：表示外接鉴相滤波。PHASEL 表示鉴相器，FIL 表示滤波电路。

19 脚 PILFIL：表示音频滤波电路。

22 脚 VAFL：表示收音机左声道音频信号输出。

23 脚 VAFR：表示收音机右声道音频信号输出。

24 脚 TMUTE：表示调谐电压滤波电路。

25 脚 MPXO：表示收音机振荡信号输出。这里是空脚。

26 脚 VREF：表示参考电压滤波电路。

27 脚 TIFC：表示连接器滤波电路。

28 脚 LIMDEC1：表示限幅滤波电路 1。

29 脚 LIMDEC2：表示限幅滤波电路 2。

32 脚 IGAIN：表示增益输入滤波电路。GAIN 表示增益。

33 脚 AGND：表示模拟接地。

34 脚 VCCA：表示供电电源。

35 脚 RFI1/FMANT：表示收音机射频信号输入/收音机天线信号输入。

36 脚 RFGND：表示收音机射频接地。

37 脚 RFI2：表示收音机射频信号输入 2 端。即平衡滤波输入端。



38脚 TAGC：表示收音机信号增益滤波电路。

39脚 LOOPSW：表示调谐回路开关控制信号输出端。控制变容二极管的导通与截止状态。

41脚 GND：表示接地。

(3) 电路中其他的元器件

Z812：即收音机数据信号通路中的V带处理器。起到滤波的作用。

Z811：即收音机数据信号通路中的V带处理器。起到滤波的作用。

R663：即收音机数据信号通路中的偏置电阻。提供数据信号中的电压幅度。

R656：即收音机供电限流电阻。

C659：即收音机供电电路中的滤波电容。

R664、R665：它们组成收音机复位时钟信号电路的分压电路，控制复位时钟信号的电压幅度。

C674：即收音机复位时钟信号电路中的耦合电容。

C667：即收音机天线信号输入耦合电容。

R657：即收音机启动控制信号偏置电阻。

R662：即收音机供电限流电阻。

C672、C671：即收音机供电电路中的滤波电容。

C678、C679：即收音机天线信号输入滤波电容。

L658：即收音机天线信号输入耦合电感。

C670：即收音机天线输入信号放大增益滤波电容。

C658、C657、R659、R660、VD656、VD657、L656、L657：即收音机电路的本机振荡元件。其中VD656、VD657为该电路中调谐二极管，改变其两个二极管的充放电，即可改变其振荡频率的大小，从而改变收音机选台作用。

R658：即收音机本机振荡电路的供电限流电阻。

C662：即收音机本机振荡电路的供电滤波电容。

C680、C682：即收音机音频信号输出耦合电容。

R669、C664、C673：它们构成外接鉴相滤波电路。



R667：即收音机天线输入信号放大增益滤波电阻。

C663、C669：即限幅滤波电容。

C666：即连接器滤波电容。

C665：即调谐电压滤波电容。

C661：即音频处理器滤波电容。

C668：即音频参考信号滤波电容。

2. 收音机电路的工作原理

我们参考图 4-56 来分析手机的收音机电路的工作原理。

当手机设置在收音机工作状态时，收音机天线将外界电磁波信号接收来，经耦合电容 C667 耦合，再经 L658、C678、C679 构成的耦合滤波电路耦合滤波后送到收音机 IC 的 35 脚、37 脚输入，在其收音机 IC 内部进行音频放大，与 3 脚、4 脚输入的本机振荡频率信号进行变频处理，然后再经解调电路及其内部的 A/D 转换电路，转变成音频数据信号，在 CPU 控制作用下，进行语音数字解调处理，然后再经 D/A 转换器转换成音频模拟信号从 22 脚、23 脚输出，经耦合电容 C680、C682 耦合后，再送到电源 IC 内部的音频放大器，放大后输出送到受话器或者耳机受话器而发声，从而完成整个收音机电路工作。

第5章 手机检修工具、仪器及检修方法

5.1 手机检修工具、仪器及其应用

在检修手机时，必须要配备一些常用的检修工具和仪器，否则检修工作将无法进行。那么，手机检修都要用到哪些工具和仪器呢？这些工具和仪器怎样去使用呢？下面来详细了解。

5.1.1 热风枪和电烙铁

1. 热风枪

如图 5-1 所示，热风枪是手机维修最常用的工具之一，它的作用是帮助维修人员快速地将手机印制电路板上的贴片元器件取下。

热风枪在使用中应掌握一些技巧。

(1) 拆卸前的注意事项

使用热风枪拆卸手机电路板贴片元器件前应注意以下事项：

1) 热风枪、手机维修平台应良好接地。

2) 记住集成电路的定位情况，以便正确恢复。

3) 根据不同的集成电路选好热风枪的喷头。

4) 往集成电路的引脚周围加注松香水。

(2) 拆卸时注意事项

使用热风枪拆卸手机电路板贴片元器件过程中应注意以下事项：

1) 调好热风枪的热量和风速。拆卸集成电路时热量开关一般调至 3~6 档，风速开关调至 2~3 档（拆卸小型电子元器件时，风速开关应调至 2 档以内。绝对不能调得过大，否则，易把小元器件吹跑）。



图 5-1 热风枪实物图



2) 用单喷头拆卸时，应注意使喷头和所拆集成电路保持垂直，并沿集成电路周围引脚慢速旋转，均匀加热，喷头不可触及集成电路及周围的外围元器件，吹焊的位置要准确，切不可吹跑集成电路周围的外围小的元器件。

3) 待集成电路的引脚焊锡全部熔化后，用小旋具或镊子将集成电路掀起或镊走，切不可用力，否则，极易损坏集成电路的锡箔。

(3) 焊接时注意事项

使用热风枪焊接手机电路板贴片元器件时应注意以下事项：

1) 将焊接点用平头烙铁整理平整，必要时，对焊锡较少的焊点应进行补锡，然后，用酒精清洁干净焊点周围的杂质。

2) 将更换的集成电路和电路板上的焊接位置对好，最好用放大镜进行调整，使之完全对正。

3) 先焊 4 脚，将集成电路固定，然后再用热风枪吹焊 4 周。焊好后应注意冷却，不可立即去动集成电路，以免其发生位移。

4) 冷却后，用放大镜检查集成电路和引脚有无虚焊，若有，应用尖头烙铁进行补焊，直至全部正常为止。

(4) BGA 集成电路的拆焊技巧

如今越来越多的手机的电源 IC、CPU、版本 Flash 开始采用小型的 BGA 封装芯片，这种 BGA 封装的芯片体积都较小、较薄。在手机的生产线上，这种 BGA 封装的芯片均采用精密的光学贴片仪器进行安装，误差只有 0.01mm，而在实际的维修工作中，大部分维修者并没有贴片机之类的设备，光凭热风枪和感觉进行焊接安装，成功的机会微乎其微，搞得不好就会使手机报废。

以下介绍一种安装 BGA 芯片的简单方法，以资借鉴。

1) BGA 芯片的拆卸。拆卸前，应先用铅笔将 BGA 集成电路 4 周做好标记，以使焊接时恢复到原来的位置。再用热风枪将芯片卸下，拆卸的过程与拆卸普通元器件的方法一般无异。

2) 处理拆除芯片后的底板。芯片拆除后，在原芯片的引脚位置上会残留凹凸不平的锡点，可用吸锡带将各个焊点吸平，再用清洁剂将底板抹净。

3) BGA 置锡。先用吸锡带将 BGA 集成电路引脚位置上残留的



锡点吸净，然后，将 BGA 放入 BGA 置锡工具的下板对应的位置固定，盖上置锡板并仔细调整，当置锡板与 BGA 焊点位置对准后用夹具夹住，将锡浆均匀地涂在置锡板上，并将多余的锡刮去，用热风枪在不装喷嘴的情况下将锡浆吹焊，使之熔成锡球，并在 BGA 芯片底部引脚锡球上涂上少许助焊剂。

4) BGA 芯片的贴焊。将 BGA 芯片放置于手机底板原位置，以已印在底板上的标记或事先作好的标记作为校正点，待 BGA 芯片位置调整正确后，用小镊子将其夹住使之固定，用热风枪均匀地加热，吹焊时，最好把喷嘴取下，一般把温度档设定在 3~4 档处，风速档设定在 2~3 档处。在吹焊过程中待锡球完全熔解后，用镊子轻轻地对其左右拨动，使虚焊部分能充分地焊接好。要注意的是在吹焊时千万不能向下压，否则锡球间会连接起来。

2. 电烙铁

电烙铁有防静电的，也有不防静电的，有可调温度的，也有不可调温度的，最好选用防静电可调温度电烙铁。将电烙铁头对准所焊元器件焊接，最好使用助焊剂，有利于焊接良好又不造成短路。

5.1.2 直流稳压电源

如图 5-2 所示，直流稳压电源在维修手机电路时为其提供稳定的直流供电电压，以便进行元器件测试和维修。目前，直流稳压电源型号较多，但功能基本一致。

1. 直流稳压电源功能介绍

(1) 电源开关

电源开关用于直流稳压电源的开和关，由于输出端无开关，所以在接入维修的手机之前，应先了解这种手机所用电池的电压范围，打开电源，调好电压值之后再接入手机。

(2) 电压表

电压表用于观察输出电压值，由于稳压电源电压表精度不高，而且使用时间长了以后，电压表会指示不准



图 5-2 直流稳压电源



确，所以最好在使用前用万用表测试输出电压值，看电压表的指示误差有多大。否则会产生因指示不准造成输出电压过高或过低的现象。

(3) 电流表

电流表用于观察维修手机时电流值的大小，有经验的人往往通过观察电流表指针的摆动来判别故障。

(4) 电压调节旋钮

电压调节旋钮用于调节输出电压的大小。

(5) 电源输出端口

电源输出端口可通过电源线使电源与手机接通。

2. 直流稳压电源的使用方法

1) 根据不同类型的手机，调节好输出电压值，必须先调好电压再将电源线接到手机，否则会因输出电压过高而烧坏手机。

2) 根据不同类型的手机采用不同类型的手机接口，特别是诺基亚和摩托罗拉手机，维修时要求用专用电源接口。

3) 加电源时，要按照先接电源负极，后接电源正极的次序；在取下电源时，要按照先取下电源正极后取电源负极的次序，否则易造成静电损坏手机。

5.1.3 万用表

万用表检测技术是电子测量的基础，掌握万用表的使用，是手机维修人员的一项基本功。

万用表包括指针式万用表和数字式万用表两种。

1. 指针式万用表

指针式万用表具有指示直观、测量速度快等优点，在手机维修中的主要作用是测量手机的直流工作电压、各种元器件的电阻值和判断二极管、晶体管、电容、电感等元器件的好坏。

如图 5-3 所示，指针式万用表主要由标度盘、转换开关、调零旋钮、测试插孔、表笔等组成。

各种指针式万用表的功能略有不同，但最基本的作用有 4 项：一是测试直流电流；二是测试直流电压；三是测试交流电压；四是测试直流电阻。有的万用表可以测量音频电平、交流电流、电容、电感及晶体管的 h_{fe} 值等，由于这些功能的不同，万用表的外形布局也有



图 5-3 指针式万用表实物图

差异。

指针式万用表的转换开关用来选择不同量程的切换器件。它包含有若干固定触点和活动触点，当固定触点和活动触点闭合时就可以接通电路，进行不同量程的测量。

(1) 指针式万用表的基本使用方法

1) 插孔和转换开关的使用。首先应根据测试项目选择插孔或转换开关的位置，由于使用时测量电压、电流和电阻等交替地进行，一定不要忘记换档。切不可用测电流或测电阻的档位去测电压。如果用直流电流或电阻档去测量交流 220V 电源，则万用表会立刻烧毁。

2) 测试表笔的使用。指针式万用表有红、黑两根表笔，使用中能否运用自如很有学问。如果位置接反、接错，将会带来测试错误或有烧坏表头的危险。一般万用表的红表笔为“+”，黑表笔为“-”。表笔插入万用表插孔时一定要严格按颜色和正负插入。测直流电压或直流电流时，一定要注意正负极性。测电流时，表笔与电路串联，测电压时，表笔与电路并联，不能搞错。

在测量电压或电流的过程中，不要转换开关调整量程。

3) 指针式万用表的正确读数

指针式万用表使用前应检查指针是否指在零位上。如不指零位，可调整表盖上的机械零位调节器，调至零位。



指针式万用表有多条标尺，一定要认清所对应的读数标尺，不能图省事而把交流和直流标尺任意混用，更不能看错。

万用表的同一测量项目有多个量程，例如直流电压量程有1V、10V、25V、100V、500V等，量程选择应使指针移动到满刻度的2/3附近。测电阻时，应将指针指向该档中心电阻值附近，这样才能使测量准确。

(2) 常用元器件测量

1) 电阻的测量

用指针式万用表测量电阻时，首先应将两根表笔短接，拧动调零电位器调零，使指针指在欧姆零位上，而且每次换档之后也必须重新调整调零电位器调零。

在选择欧姆档位时，应尽量选择被测阻值在接近表盘中心阻值读数的位置，以提高测试结果的精确度。如果被测电阻在电路板上，则应焊开一端方可测试，否则被测电阻有其他元器件分流，读数不准。

测高阻值电阻时，不要两手手指分别接触表笔及电阻引线，以防人体电阻分流，增加误差；对于阻值要求不严格的电阻，阻值在 $\pm 20\%$ 内属合格，同时应注意，万用表本身一般也有 $\pm 2.5\%$ 的误差。在测量时，应特别注意不能在带电情况下测量电阻。

2) 对地测量电阻值。所谓对地测量电阻，即是用万用表红表笔接地，黑表笔接被测电路的某点（如元器件、集成电路各引脚等），测量该点对地电阻值，以便与正常的电阻值进行比较来判断故障的范围。

在测量时，欧姆档位设置在R×1k档，当测得某点的电阻值与正常的比较相差较大时，说明该部分电路存在故障，如滤波电容漏电、电阻开路或集成电路损坏等。在维修手机时，如果找不到故障原因，最好的方法就是用测对地电阻法去测量各有关电路的对地电阻值，从而进行判断，这是很有效的方法。

3) 交直流电压的测量。我们可以用万用表的直流电压档和交流电压档分别测直流和交流电的电压值。

测量时，要把万用表与被测电路以并联的形式连接上。要选择表头指针接近满刻度偏转2/3的量程。如果电路上的电压大小估计不出



来，就要先用大的量程，粗略测量后再用合适的量程，这样可以防止由于电压过高而损坏万用表。

在测量直流电压时，要把万用表上的红表笔接在被测电路的正端，而把黑表笔接到电路的负端，千万不能接反。

在测量比较高的电压时，应该特别注意两只手分别握住红、黑表笔的绝缘部分去测量，或先将一根表笔固定在一端，而后再将另一根表笔触及被测试点。

4) 充电变压器的测试。可以在变压器不通电情况下用万用表的欧姆档初步判断一下其好与坏，其方法如下。

先将万用表选择在 $R \times 10$ 档，测量一下变压器一次线圈的直流电阻阻值，一般在几百欧姆到几千欧姆，如果阻值无穷大，说明绕组已开路不能使用。

然后再测量一下一次线圈与二次绕组之间的绝缘阻值，应越大越好。如果阻值很小，说明一次线圈绝缘不良，也不能使用。

以上测量如果都良好，就可以将变压器接上电源测量其输出电压。对带有整流滤波电路的变压器，要注意红、黑表笔应该正确地分别放在电压输出端的正负极上。如果测出的输出电压正常，说明该变压器的性能良好。

5) 二极管的测量。把万用表的量程旋钮旋转到欧姆档 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档来测量二极管。不能用 $R \times 10$ 档，也不能用 $R \times 10k$ 档。因为前者电阻太小，通过二极管的电流太大，易烧坏二极管。后者因万用表内部电压较高，容易击穿耐压低的二极管。如果量出的电阻只有几百欧到几千欧（正向电阻），则应将表笔对换一下再测，这时量出的阻值应是几百千欧（反向电阻），说明这只二极管可以使用。当测量二极管的正向电阻时，红表笔所测的那一头是二极管的负极，而黑表笔所测的一头是该二极管的正极。

通过测正、反向电阻，可以检查二极管的好坏。一般要求反向电阻比正向电阻大几百倍。也就是说，正向电阻愈小愈好，反向电阻愈大愈好。

(3) 使用指针式万用表的注意事项

使用指针式万用表检测手机电路元器件时应注意以下事项：



- 1) 使用万用表之前，应熟悉各转换开关、旋钮或按键、专用插口、测量插孔以及相应附件的作用，了解每条刻度线对应的被测电量。第一次拿起表笔准备测量时，务必核对测量种类及量程选择开关是否拨对位置，否则可能损坏万用表。
- 2) 万用表在使用时一般应水平放置，在干燥、无振动、无强磁场、环境温度适宜的条件下使用。
- 3) 测量完毕，应将量程选择开关拨到最高电压档，防止下次开始使用时不慎烧坏万用表。
- 4) 测电压时，应将万用表并联在被测电路两端；测电流时应将万用表串联在电路中。而且一定要注意正负极性。
- 5) 严禁在测较高电压（如交流 220V）或较大电流（如 500mA）时拨动量程选择开关，以免产生电弧，烧坏开关的触点。
- 6) 测量晶体管、稳压二极管、电解电容等有极性元器件的等效电阻时，必须注意两表笔的极性。在电阻档，红表笔（即正表笔，其插座上标有“+”）接表内电池负极；黑表笔（即负表笔，其插座上标有“-”或“*”）接电池正极。

2. 数字式万用表

如图 5-4 所示，数字式万用表具有输出阻抗高、误差小、读数直观的优点，一般用于测量不变的电流、电压值。数字式万用表由于有蜂鸣器，因而测量电路的通断比较方便。

(1) 数字式万用表的使用

数字式万用表的使用方法如下。

1) 电阻的测量。将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 VΩ 插孔（注意红表笔极性为“+”）。将功能开关置于所需量程上，将测试笔跨接在被测电阻上。

当输入开路时，会显示过量程状态“1”。如果被测电阻



图 5-4 数字式万用表



超过所用量程，则会指示出过量程“1”，需用高档量程。当被测电阻在 $1M\Omega$ 以上时，该表需数秒后方能稳定读数，对于高电阻测量，这是正常的。检测在线电阻时，需确认被测电路已关掉电源，同时已放完电，方能进行测量。

当用 $200M\Omega$ 量程进行测量时须注意，在此量程，两表笔短接时读数为1.0，这是正常现象，此读数是一个固定的偏移值。如被测电阻为 $100M\Omega$ 时，读数为101.0，正确的阻值是显示值减去1.0，即 $101.0 - 1.0 = 100$ 。

2) 电压的测量。将黑表笔插入COM插孔，红表笔插入VΩ插孔。测DCV时，将功能开关置于DCV量程范围（测ACV时则应置于ACV量程范围），并将测试表笔连接到被测负载或信号源上，在显示电压读数时，同时会指示出红表笔所接电源的极性。

这里要注意的是，如果不知被测电压范围，则首先将功能开关置于最大量程。然后视情况降至合适量程。如果示值显“1”，表示过量程，功能开关应置于更高量程。DCV不要输入高于1000V的电压(ACV时不要输入高于750V有效值电压)，显示更高的电压值是可能的，但有损坏内部电路的危险。

3) 二极管的测量。在测量二极管时，要把转换开关拨到有二极管图形符号所指示的档位上。红表笔接正极，黑表笔接负极。对硅二极管来说，应有 $500 \sim 800mV$ 的数字显示。若把红表笔接负极，黑表笔接正极，表的读数应为“1”。若正反测量都不符合要求，则说明二极管已损坏。

4) 短路线的检查。将功能开关拨到短路测量的档位上，将红黑表笔放在要检查的线路两端，如电阻小于 50Ω ，则万用表会发出声音。

(2) 使用数字式万用表的注意事项

使用数字式万用表应注意以下事项：

1) 注意检查电池，将数字式万用表的[ON-OFF]钮按下，如果电池不足，则显示屏左上方会出现电池正负极符号。

2) 注意测试表插孔旁边的符号，这是警告要留意测试电压和电



流不要超出指示数字。

3) 在使用前要先将量程放置想要测量的档位上。

5.1.4 电子示波器

电子示波器是用示波管或电视显像管组成的波形显示器，是用途最广的测量仪器之一。如图 5-5 所示。

电子示波器不仅可以直观地显示出信号的波形，还可以用来测量信号电压、频率、周期以及相位等参数。通过转换，也可以测量电流、电阻值。

示波器在维修手机过程中经常用于测量晶体振荡器是否起振，特别在数字手机中要经常用示波器测量是否有 RXON 和 TXON 信号等。

1. 示波器面板

示波器的控制操作旋钮一般都分布在前面板上。我们这里主要介绍通用双踪示波器的面板，其面板如图 5-6 所示。



图 5-5 电子示波器

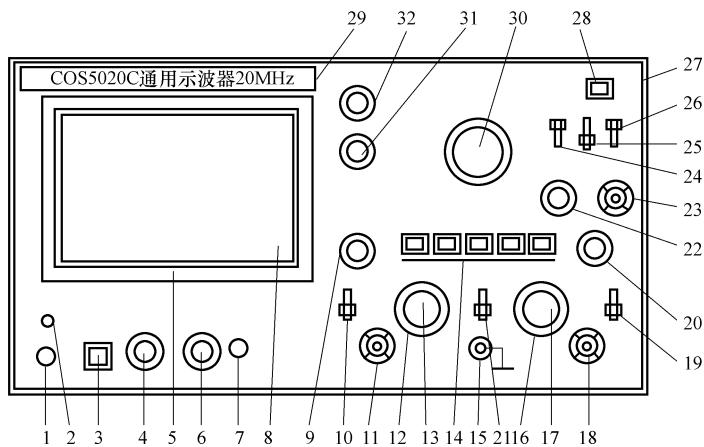


图 5-6 通用双踪示波器面板示意图

该示波器采用矩形内刻度显示屏幕波管，工作面垂直刻度为 8



格，水平刻度为 10 格。控制旋钮分为示波管系统、垂直偏转系统、触发系统、时基系统和其他部分。

(1) 示波管系统

3——电源 (Power)：示波器的主电源开关，当按下此开关时，开关上方的指示灯 2 亮，表示主电源已接通。

4——辉度 (INTEN)：控制光点和扫描线的亮度。

6——聚焦 (FOCUS)：调节该旋钮使扫描线最清晰。这种示波器具有线性聚焦功能，一旦聚焦到最佳状态，就能自动维持聚焦状态，而与辉度变化无关。

7——光迹旋转：用来调整水平扫描线，使之平行于水平刻度线。

(2) 垂直偏转系统

11——Y1 (X)：Y1 的垂直输入端。在 X—Y 工作时为 X 轴输入端。

18——Y2 (Y)：Y2 的垂直输入端。在 X—Y 工作时为 Y 轴输入端。

10、19——AC - ⊥ - DC：输入信号与垂直放大器连接方式的选择开关。置“AC”位置为交流耦合。置“⊥”位置时输入信号与放大器断开，同时放大器输入端接地。置“DC”位置为直流耦合。

12、16V——V/DIV：垂直幅度衰减开关，从 5 ~ 10mV/DIVC (格) 共分 10 档，供选择垂直偏转因数用。

13、17——Y 轴微调：垂直偏转因数微调，能微调波形的垂直幅度，可调至面板指示值的 2.5 倍以上，当置“校准”位置时，偏转因数校准为面板指示值。

9、20——↑↓位移：调节扫描线或光迹的垂直位置。

14-Y 轴方式：选择垂直系统的工作方式。其中：“Y1”指 Y1 通道单独工作。“交替”指 Y1 通道和 Y2 通道交替工作，适用于较高扫速。“断续”指以频率为 250kHz 的速率轮流显示 Y1 通道和 Y2 通道的波形，适用于低扫速。“相加”指用来测量代数和 (Y1 + Y2)，若 Y2 位移旋钮拉出，则显示两通道信号之差。“Y2”指 Y2 通道单独工作。



21——内触发开关：选择内部的触发信号源，当“触发源”开关26设置在“内”时，由此开关选择馈送到触发电路的信号。其中“Y1（X-Y）”指以Y1输入信号作触发源信号，在（X-Y）工作方式时，该信号连接到X轴上。Y2指Y2作为触发信号。在“Y方式”时把显示的荧光屏上的输入信号作为触发信号，当“Y方式”开关14置“交替”时，触发也处在交替方式中，Y1和Y2的信号交替地作为触发信号。

（3）触发系统

26——触发源开关：选择触发信号。“内”指由内触发开关21选择的内部信号作为触发信号，当内触发开关置“X-Y”工作方式时，起连通信号的作用。“电源”指用交流电源信号作为触发信号。“外”指由外触发输入端23输入的信号作为触发信号。

25——耦合开关：选择触发信号和触发电路之间的耦合方式，也选择与TV同步触发电路的连接方式。其中“AC”指通过交流耦合施加触发信号。“HFR”也是交流耦合，可抑制高于50Hz的信号。“TV”指触发信号通过示波器内部的电视同步分离电路连接到触发电路，并由“TIME/DIV”开关选择TV-H和TV-V同步。TV-H范围为：50μs/DIV~0.2μs/DIV，TV-V范围为：0.5s/DIV~0.1ms/DIV。“DC”为通过直流耦合施加触发信号。

24——触发极性开关：选择触发信号的极性。其中“+”指在信号正斜率上触发，“-”指在信号负斜率上触发。

22——电平旋钮：用于调节触发电平。当旋钮转向“+”时，显示波形的触发电平上升，当此旋钮转向“-”时，触发电平下降。

（4）时基系统

30——TIME/DIV：选择扫描时间因数，根据被测信号的频率选择不同的扫描速度，从而改变显示波形的宽度。共20档，选择范围为0.2~0.5μs/DIV。

31——微调及“位×10”旋钮：微调扫描时间因数。扫描时间因数可调至面板指示值的2.5倍以上，“微调”处于校准位置时，扫描时间因数被校准到面板指示值。该旋钮拉出时处于×10扩展状态。

32——←→位移旋钮：调节光点的水平位置。



28——扫描方式开关：为一“推一推”式开关，按下该开关时处于“常态”，此时若无触发信号加入，扫描就处于准备状态，没有扫描线。主要用于观察低于50Hz的信号。开关弹出时处于“自动”状态，自动选择需要的扫描方式。当无触发信号加入或触发信号的频率低于50Hz时，扫描为自激方式。

(5) 其他

1——校准信号：该输出端可输出频率为1kHz、校准电压为0.5V的正方波，输出阻抗约为 500Ω 。

15——上端子：示波器外壳接地端子。

2. 示波器探头

示波器探头是把被测电路的信号耦合到示波器内部前置放大器的连接器件，根据测量电压范围和测试内容的不同，有1:1、10:1和100:1等规格的探头。一般测量手机时用1:1或10:1探头即可。

示波器探头是一个范围很宽的电压衰减器，应有良好的相位补偿，否则，显示出来的波形会因探头的性能而产生畸变，产生测量误差。在使用之前，应对探头进行适当的补偿调节。以10:1探头为例，把探头接到通道Y1或Y2的输入端，并把探头的衰减开关置 $\times 10$ 位置。把垂直幅度衰减开关调到10mV/DIV档，再将探头针触到校准电压输出端子“1”，用示波器附带的无感改锥调节探头上的补偿器，使之获得理想的波形，如图5-7所示。

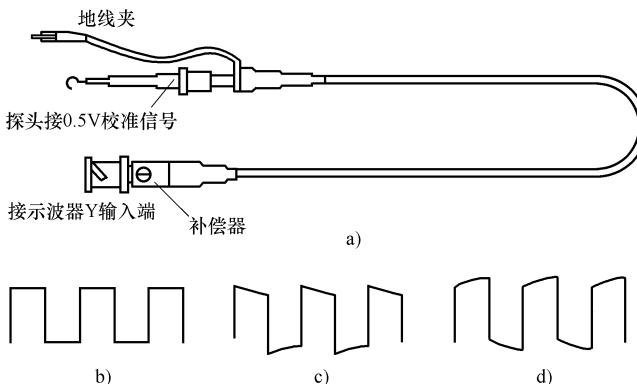


图5-7 示波器探头和相应的测试波形



3. 检修手机需要的示波器

手机检修中要观察的波形，一般是音频波形、中频信号波形、13MHz 时钟波形、逻辑电路输出的 RXON、FXON 波形等。从频带宽度上来看，应选用 Y 轴带宽大于待测信号带宽的示波器，加之手机中的很多信号是不确定的，因此应尽量选择数字存储示波器。但是，由于手机的中频信号达几百兆赫，带宽大于几百兆赫的数字存储示波器十分昂贵。

灵敏度反映示波器测试弱信号的能力，也叫最小垂直偏转因数。从灵敏度方面考虑，选用较高的灵敏度对测量一些弱信号有利，在手机维修中选用示波器时，灵敏度应优于 10mV/DIV 档（此值越小，灵敏度越高）。示波器面板上的垂直偏转因数，最好应有 10V/DIV 档或 15V/DIV 档，这样，当用 10:1 的衰减探头测量手机发光板电压波形时，能较准确地读出脉冲幅度数值。

4. 示波器的使用方法

示波器的使用方法如下。

(1) 准备工作

示波器在使用前，应将 AC-DC 按钮置于 AC 位置；亮度旋钮适当。打开电源开关，指示灯亮。调整亮度、聚焦旋钮，使光点最小；调整水平位移和垂直位移旋钮，将光点调到屏幕中央；注意不要让光点长时间停留在某一固定位置，以免灼伤屏幕，预热几分钟，示波器就可使用了。

(2) 操作方法

1) 被测信号的幅度值的解读。被测信号的幅度值等于被测信号在垂直方向所占的格数与 V/DIV 选择开关档位（垂直幅度）的乘积，其公式为

$$\text{幅度值} = \text{V/DIV 选择开关的档位} \times \text{被测信号所占格数}$$

譬如，图 5-8 中，V/DIV 选择开关置于 0.5V/DIV，扫描时间选择开关（扫描速度）置于 0.5ms/DIV，测试探头置于 1:1 时，测得的某一振荡信号的波形，从图 5-8 中可以看出，该波形的峰峰值在垂直方向上占 4 格 (DIV)，根据上述公式，可知该信号的幅度值为

$$0.5\text{V/DIV} \times 4(\text{DIV}) = 2\text{V}$$



若测试探头置于 10:1，则被测信号的幅度值应乘以 10，即 $2\text{V} \times 10 = 20\text{V}$ 。

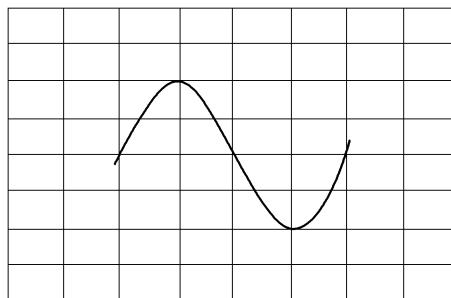


图 5-8 正弦波形图

2) 被测信号的周期和频率的解读。示波器上显示的波形的周期和频率，用波形在 X 轴上所占的格数来表示。被测信号一个完整的波形所占的格数与扫描时间开关的档位的乘积，就是该波形的周期 T。周期的倒数就是频率 f。其公式表示为周期 (T) = 扫描时间选择开关的档位 × 被测信号一个周期在水平方向上所占的格数频率 (f) = $1/T$ 。

譬如，从图 5-8 中可以看出，被测信号在一个周期内占用 4 个格，所以被测信号的周期应为

$$0.5\text{ms} \times 4 = 2\text{ms}$$

频率应为

$$f = 1/T = 1/2\text{ms} = 1/0.002\text{s} = 500\text{Hz}$$

3) 测量直流电压。置输入耦合开关于“DC”位置，扫描时间选择开关可置任意档，被测信号直接从 Y 轴输入，若扫描线原在中间，则正电压输入后，扫描线上移，负电压输入后，扫描线下移，扫描线偏移的格数乘以 V/格选择开关的档位，即可计算出输入信号的直流电压值。

譬如，图 5-8 是输入耦合开关置于“AC”位置所测得的信号，若将输入耦合开关置于“DC”后，被测信号波形向上平移了 3DIV，则根据上述可知被测点的直流电压为

$$3\text{DIV} \times 0.5\text{V/DIV} = 1.5\text{V}$$



若使用的是 10:1 探头，则被测点的直流电压为

$$3\text{DIV} \times 0.5\text{V/DIV} \times 10 = 15\text{V}$$

5. 示波器的使用技巧

示波器在使用过程中，应掌握以下一些技巧。

1) 测试前，应首先估算被测信号的幅度大小，若不明确，应将示波器的 V/DIV 选择开关置于最大档，避免因电压过大而损坏示波器。

2) 示波器工作时，周围不要放置大功率的变压器，否则，测出的波形可能会有重影和噪波干扰。

3) 示波器可作为高内阻的电压表使用。我们知道，电压表的输入阻抗越高越好，电流表的输入阻抗越低越好，用阻抗高的电压表测量才会更准确，对电路的工作状态不会造成影响。手机电路中有一些高内阻电路，比如测量 VCO 变容二极管上的电压等。若使用普通万用表测电压，由于万用表内阻较低，测量结果会不准确，而且还可能会影响被测电路的正常工作，而示波器的输入阻抗比起万用表要高得多，使用示波器直流输入方式，先将示波器输入接地，确定好示波器的零基线，就能方便地测量被测信号的直流电压。

4) 示波器可以准确地测量接收一本振、二本振、发射本振的锁相电子波形。在实际维修中，因波形异常引起的无信号、无发射故障不在少数，没有频谱仪的可以通过测量锁相电平的方法修理射频故障也不失为一种好方法。

5) 示波器既能看出波形的异常，也能看出其幅度及其频率。因此，用示波器检修手机的射频电路非常方便。用示波器检修手机的射频电路，实际上就是充分利用示波器的 AC 档的优点以及射频电路的特点来检修判断射频电路的故障。

5.1.5 扫频仪

在手机维修过程中，高频信号频率在 1000MHz 左右（双频手机的 DSC 频段在 1800MHz 左右），特别是数字手机中信号为离散的，信号的频率用频率计无法测量，用示波器误差较大。为了测量高频信号的频率和幅度，最好采用频谱分析仪。

频谱分析仪的结构较复杂，价格也较示波器贵得多。下面以国产



安泰 AT5010 型频谱分析仪为例介绍其使用方法。

1. AT5010 型频谱分析仪的性能特点

AT5010 型频谱分析仪最低能测到 $2.24\mu V$ ，即 $-100dBm$ 。其频率范围在 $0.15Hz \sim 1000 MHz$ (1G)，其系列还有 3G、8G、12G 等产品。

AT5010 型频谱分析仪的性能指标如下。

(1) 频率

- 1) 频率范围： $0.15 Hz \sim 1050MHz$ 。
- 2) 中心频率显示精度： $\pm 100kHz$ 。
- 3) 频率显示分辨率： $100kHz$ 。
- 4) 扫描宽度： $100kHz/DIV \sim 100MHz/DIV$ 。
- 5) 中频带宽（ $-3dB$ ）： $400kHz$ 和 $20kHz$ 。
- 6) 扫描速度： $43Hz$ 。

(2) 幅度

- 1) 幅度范围： $-100 \sim 13dBm$ 。
- 2) 屏幕显示范围： $80dBm$ ($10dB/DIV$)。
- 3) 参考电平： $-27 \sim 13dBm$ (每级 $10dB$)。
- 4) 参考电平精度： $\pm 2dB$ 。
- 5) 平均噪声电平： $-99dBm$ 。

(3) 输入

- 1) 输入阻抗： 50Ω 。
- 2) 插座： BNC 接口。
- 3) 衰减器： $0 \sim 40dB$ 。
- 4) 输入衰减精度： $\pm 1dBm$ 。
- 5) 最大输入电平： $+10dBm$ 、 $+25V$ (DC)。

2. AT5010 频谱分析仪功能介绍

AT5010 频谱分析仪面板功能示意图如图 5-9 所示。

- 1——聚焦旋钮 (POCUS)：用于光点锐度调节。
- 2——亮度调节旋钮 (INTENS)：用于光点亮暗调节。
- 3——电源开关 (POWER)：被按下后，频谱分析仪开始工作。
- 4——轨迹旋钮 (TR)：即使有磁性 (铍膜合金) 屏蔽，地球磁

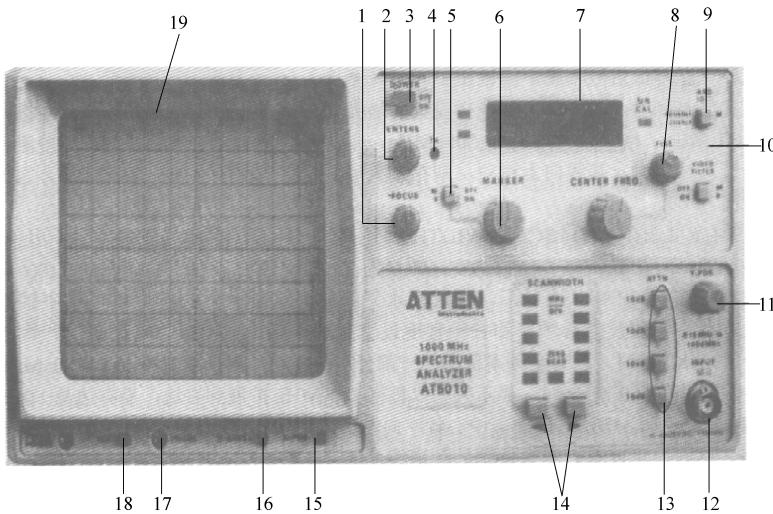


图 5-9 AT5010 频谱分析仪面板功能示意图

场对水平扫描线的影响仍不可能避免，通过轨迹旋钮内装的一个电位器来调整轨迹，使水平扫描线与水平刻度线基本对齐。

5——标记按钮（ON/OPP）：当标记按钮置于 OR（断）位置时，中心频率读出的是中心频率，当此开关在 ON（通）位置时，标记（MK）指示器发亮，此时显示器读出的是标记频率，该标记在屏幕上是一个尖峰。

6——标记旋钮（MARKER）：用于调节标记频率。

7——LED 指示灯：闪亮时表示幅度值不正确。这是由于扫频宽度和中频滤波器设置不当而造成幅度降低所致。这种情况可能出现在扫频范围过大时（相对于中频带宽 20kHz，或视频滤波器带宽 4kHz）。如果要正确测量，可以不用视频滤波器或者减小扫频宽度。

8——中心频率粗/细调（CENT PERQ 和 FINE 两个旋钮）：两旋钮均用于调节中心频率。

9——中频带宽选择（400 kHz、20 kHz）：选在 20kHz 带宽时，噪声电平降低，选择性提高，能分隔频率更近的频谱线。此时，若扫频宽度过宽，则需要更长的扫描时间，从而造成信号过渡过程中信号幅度降低，测量不准确。此时“较准失效”，LED 将发亮表明测试不准。



10——视频滤波器选择 (VIDE FILTER)：可用来降低屏幕上的噪声，使平均噪声刚好高出其信号（小信号）频谱线，以便于观察。该滤波器带宽是 4kHz。

11——Y 移位调节 (Y ~ POS)：调节射束垂直方向移动。

12——BNC 50Ω 输入端口 (INPUT 50Ω)：在不用输入衰减时，不允许超出的最大允许输入电压为 25V (DC) 和 10dBm (AC)。当加上 40dB 最大输入衰减时，最大输入电压为 20dBm。

13——衰减器按钮：输入衰减器包括有 4 个 10dB 衰减器，在信号进入第一混频器之前，利用衰减器可以降低信号幅度，按键压下时衰减器接入。

在连接信号到输入端之前，先选择设置为最高衰减量 ($4 \times 10\text{dB}$) 和最高可用频宽（扫频宽度 100MHz/DIV，若频率调在 500MHz，则在最大可测和显示频率范围内检测出任意谱线。当衰减减小时，基线向上移动，则在最大可显示频率范围（如 1200MHz）之外信号幅度有溢出。

14——扫屏宽度选择按键 (SCAN WIDTH)：用来调节水平轴的每格扫频宽度。用 U 按键增加每格频宽，用 T 按键减少扫频宽度，转换是 1-2-5 步级，从 100kHz/DIV ~ 100MHz/DIV。此扫频宽度以 MHz/DIV 显示，它代表水平线每格刻度，中心频率是指水平轴心垂直接刻度线处的频率。假设中心频率和扫频宽度设置正确，X 轴有 10 分格的长度，则当扫频宽度低于 100MHz 时，只有全频率范围的一部分可被显示。当扫频宽度设在 100MHz/DIV 位置，中心频率设在 500MHz 时，显示频率以每格 100MHz 扩展到右边，最右边是 1000 MHz ($500\text{MHz} + 5 \times 100\text{MHz}$)。同理，中心频率向左边，则频率减低。此情况下，左边的刻度线代表 0Hz。这时，可以看到一条特别的频谱线，即“0 频率”。

15——水平位置旋钮 (X-POS)：水平位置调整旋钮。

16——水平幅度调整旋钮 (X-AMPL)：水平幅度调整旋钮。水平位置及水平幅度调节，仅仅在仪器校准时才用。在正常使用下一般无需调节。

17——耳机插孔 (PHONE)：阻抗大于 16Ω 的耳机或扬声器可



以连到耳机插孔。

18——音量调节（VOL）：调节耳机输出的音量。

19——频率显示屏：在频谱分析仪上有一个频率显示屏，显示屏标所在位置的频率。

3. 频谱分析仪的测量方法

譬如用频谱分析仪测量某款手机第二中频信号（6MHz），可按以下步骤进行测量：

1) 打开频谱分析仪，调节亮度和聚焦旋钮，使屏幕上显示的光迹清晰。

2) 调节水平扫描按键，使1MHz指示灯亮，表示每格所占频率为1MHz。

3) 调节频标指示调节旋钮，使频标位于屏幕中心位置，所指频率为6MHz。

4) 将频谱仪探头外壳与该手机电路主板接地点相连，探针插到第二中频滤波器的输出端，在电流表指针摆动时观察频谱仪屏幕上是否有脉冲式图像，正常情况下，当电流表指针摆动时，有脉冲图像出现在6 MHz频标位置。

再如，用频谱分析仪测量某款手机功放输出信号的频谱，可按以下步骤进行测量：

1) 打开频谱分析仪，调节亮度和聚焦旋钮，使屏幕上显示清晰的图像。

2) 调节频标指示旋钮，使频标位于屏幕中心位置，显示屏显示频率值为900MHz。

3) 调节水平扫描按键，使10MHz指示灯亮，表示每格所占频率为10MHz。

4) 将频谱仪外壳与该手机主板接地点相连，探针插到功放块的输出端，并拨打“112”，观察电流表摆动的同时观看频谱仪屏幕上是否有脉冲图像，正常情况下，在900MHz频标附近会出现脉冲图像，但幅度可能超出屏幕范围，可以按衰减按键，使图像最高点在屏幕范围内。

5.1.6 手机常用的拆卸工具

1. 手机拆卸工具



不同的手机所需的拆卸工具是不同的，作为维修人员，应预备好常用的拆卸工具。

(1) 螺钉旋具

包括一字螺钉旋具、十字螺钉旋具、T3 螺钉旋具、T5 螺钉旋具、T6 螺钉旋具、T7 螺钉旋具、T8 螺钉旋具等。

(2) 专用拆机工具

譬如某些手机，前后壳没有螺钉固定，前后壳配合十分紧凑，给拆卸工作带来了很大困难，拆卸时应采用专用的拆卸工具，否则极易对外壳造成不可修复的损伤。

(3) 其他辅助工具

手机拆卸时，除需以上所介绍的拆卸工具外，还需要如镊子、刀片、电吹风、撬具、88 型天线螺钉刀等辅助工具，以提高拆卸效率。

2. 拆卸手机的注意事项

拆卸与重装手机，必须按一定的方法与步骤进行。

拆卸时应注意以下几点事项：

1) 拆卸与重装操作时，要配戴防静电手腕、接地线、防静电垫，以免因静电而造成手机内部电路的损坏。

2) 所有手机拆卸前应先取下电池（电板）、SIM 卡后再进行拆卸操作。

3) 拆卸前应准备好拆卸工具，并掌握拆卸工具的正确使用方法。

4) 对于一时不易拆卸的手机，应先研究一下手机的外壳，看清手机壳的配合方式，然后再进行拆卸。

5) 有些手机的固定螺钉十分隐蔽，拆卸前应仔细查找，在没有全部拆下螺钉的情况下绝不能硬撬机壳，以免对机壳造成不可修复的损伤。

5.2 手机检修方法

在实际的手机维修工作中，一些维修人员通常会对某些故障现象“张冠李戴”，走入弯路。造成这种定位错误的原因是弄不清手机维



修中一些规律和方法。

因此，下面我们主要对手机检修步骤、常见的维修方法来做具体的了解。

5.2.1 手机检修步骤“六字诀”

手机的检修，需要一步步地有序进行。在手机检修实践中，我们可以将检修步骤总结为六个字，即“问、看、听、摸、思、修”。

1. 问

就像医生问诊一样，首先要向用户了解一些基本情况。如产生故障的过程和原因、手机的使用年限及新旧程度等有关情况。这种询问结果应该成为进一步观察所要注意和加以思考的线索。

2. 看

由于手机的种类繁多，难免会遇到自己以前接触不多的新机型或市面上较少的机型。看时应结合具体机型进行。譬如，某手机接上稳压电源就有漏电电流，维修技术人员可能会想到电源 IC 及功放漏电，但有一点容易疏忽，像三星、诺基亚系列手机电池电压直接作为功放的电源，而摩托罗拉系列手机常由电池电压经过电源电子开关导通以后得到 B+ 电压，再经过功放供电电子开关才提供电源，而此供电电子开关在待机状态是不通的，只有进入发射状态才导通，其功放与供电电子开关同时击穿的可能性小，因此，盲目说功放漏电是不合情理的。

另外，在修手机时，要看待机时的绿色 LED 状态指示灯是否闪烁，还要观察呼叫拨出时显示屏的信息等。结合这些观察到的现象为进一步确诊故障提供思路。

3. 听

可以从待修手机的语音质量、音量情况、声音是否断续等现象初步判断故障。

4. 摸

主要是针对功率放大器、晶体管、集成电路以及某些组件。用手触摸可以感触到表面温度的高低，如烫手，可联想到是否电流过大或负载过重，即可根据经验粗略地判断出故障部位。

5. 思



根据以前观察、搜集到的全部资料，运用自己的维修经验，结合具体电路的工作原理，运用必要的检测手段，综合地进行分析、思考、判断，最后提出检修方案。

6. 修

对于已经失效的元器件进行调换、焊接。对于可以经过技术处理后再使用的零部件尽量不丢弃，以节省开支。特别是对于一些不常见的元器件、难以配购的元器件，应通过各种有效办法尽量检修。

进行手机检修时，千万不要盲目地做通电实验及随意拆卸、吹焊元器件和电路板，这样很容易使旧的故障没排除又产生了人为的新故障，使原来可简单修复的手机，变成故障复杂的手机。

维修人员要掌握一些手机维修的基本术语及基本常识，从而判断故障产生的原因和大致范围，避免根据其原理逐一测试或在整个电路板上盲目查找故障点。

5.2.2 常见的手机检修方法

手机的检修方法在许多方面与其他家用电子产品有着共同之处，但由于手机软件的复杂性和采用元器件贴片安装的特殊性，又使得手机维修有它自身的特点。在手机检修中，经常采用的方法有以下几种。

1. 电流法

电流法是手机维修中最常用的一种方法。有经验的维修人员通过观察不同工作状态下的工作电流，即可判断出故障的大致部位。

任何一部手机，其工作电流都有相应的参数，而且在其供电、时钟、复位、软件、维持等方面均有不同的数值，根据不同的动态变化和不同的数值可大致判断出疑难故障所在。使用简易仪器即可大致判断出故障所在，而且很有实用价值，往往收到事半功倍的效果。

2. 电压法

加电后通过测试电路中几个关键点的电压，就可以快速地判断出故障范围和故障点。这种方法简单、方便，只需要一个万用表即可。

3. 电阻法

电阻法在手机维修中也较为常用，其特点是安全、可靠。当用电流法判断出手机存在短路故障后，此时用电阻法查找故障部分十分有



效。另外，电阻法用于判断电阻、晶体管是否正常，电路之间是否存在断路故障也十分方便。

4. 补焊法

所谓补焊法，就是通过对工作原理的分析来判断故障可能在哪一单元，然后在该单元采用“大面积”补焊并清洗，即对相关的、可疑的焊接点均补焊一遍。补焊的工具可用热风枪和尖头的防静电电烙铁。

与其他电子产品相比，手机电路的焊点面积要小很多，因此能够承受的机械应力很小，极容易出现虚焊的故障。正因为如此，许多手机维修人员也都是靠一把热风枪“打天下”和起家的，由此可见补焊法在手机维修中的重要意义。

5. 信号追踪法

信号追踪法主要用于查找射频电路的故障，使用此法一般需要射频信号发生器(1~2GHz)、频谱仪(1GHz以上)和示波器(20MHz以上)等仪器。

(1) 接收电路的检修

手机接收电路出现的故障，如无接收、不入网、信号不稳定等，可按如下步骤进行测试：

1) 信号发生器产生某一个信道的射频信号（如62信道的收信频率为947.4MHz），电平值一般设定在-50dBm。

2) 使手机进入测试状态并锁定在与信号发生器设定的相同信道上（摩托罗拉系列手机使用测试卡就可以进入测试状态并锁定信道；诺基亚系列手机要用原厂提供的专用电脑软件才能进入测试状态并锁定信道）。

3) 将信号发生器的射频信号注入到手机的天线口，然后用频谱仪观测手机整个射频部分的收信流程、频谱波形与电平值（低频部分用示波器观察），并与标准值比较，从而找出故障点。

(2) 发射电路的检修

手机发射电路出现的故障，如无发射、发射关机等，可按如下步骤进行测试：

1) 使手机处于测试状态并锁定在某一个发射信道上（如62信



道的发射频率为 902.4MHz)。

2) 用频谱仪观察手机发射电路的频谱及电平值，并与标准值比较，从而找出故障点。

6. 温度法

温度法是在维修彩电开关电源，行、场输出扫描，Hi-Fi 功放等高压、大电流的单元时采用的一种有效、简单的方法。该法同样可用于手机的电源部分、功放、电子开关和一些与温度相关的软故障的维修中，因为当这些部分出问题时，它们的表面温升肯定是异常的。

温度法的具体操作如下。

(1) 手摸

看是否烫手（主要用于温升不高的小功率芯片）。

(2) 吹凉风或自然风

观察回来的风是否发热，此法主要用于温升很高的大功率芯片。

(3) 酒精棉球擦拭

看擦上去的酒精是否很快挥发掉，以便判断温度的高低。

(4) 喷专用的制冷剂

喷上的制冷剂在器件的表面形成一层白霜，观察白霜的融化程度来判断器件表面的温度，此法主要用于温升很低的半导体器件。

器件表面异常的温升情况有助于判断故障所在。

7. 清洗法

手机的移动性是造成手机易进水受潮的主要原因，手机结构的特殊性（触片、簧片较多）是引起接触不良故障的关键所在。正因为如此，在手机维修中，清洗法显得尤为重要。

清洗时，一般将整个主板拆下（最好将显示屏拆下），放入超声波清洗器内用无水酒精进行清洗，清洗后，用电吹风吹干后方可通电试机。

8. 重新加载软件

手机的控制软件相当复杂，容易造成数据出错、部分程序或数据丢失的现象，即我们所说的软件故障，因此，重新对手机加载软件是手机维修过程中一种常用、有效的方法。

要修复软件故障需要专用的设备，软件维修中较常使用的两种仪



器是 LABTOOL-48 万能编程器和免拆机软件维修仪。

相对而言，免拆机维修仪是一种很不错的软件修复设备，功能齐全，使用方便，基本能满足一般维修的需要。该设备并不是只针对某些特殊的软件故障作修复，而是对故障程序、数据作全面处理，即对程序、数据芯片重新写入正确的内容，不管手机出现过怎样的软件故障都能全面修复，特别是许多手机的数据、程序有版本区别，应配合使用。

LABTOOL-48 万能编程器也是一种不错的选择，它能存储各种版本的正确资料，遇到新的版本还可以不断补充进编程器。当然，这种软件修复设备的缺点也显而易见，比如价格昂贵，要拆机维修，且对于一些新型 BGA 字库处理，需要价格昂贵的专用适配座，加之目前很多的码片和字库已合二为一，万能编程器已无能为力。

9. 甩开法

当出现无法开机或一开机即保护关机的故障时，原因之一可能是电源管理 IC 有问题，也可能是其相关的负载有短路或漏电故障。这时可采用甩开法排除故障，即逐一将电源 IC 的各路负载甩开，通电观察故障现象有无变化，以此来查找故障点。

10. 人工干预法

手机维修过程中，当判断某一元器件损坏时，直接更换损坏元器件当然可以排除故障，但问题是，有些时候手头上并没有现货或者该元器件很难购买，有时还得考虑元器件的价格问题。此时，可采用改变某一电路的方法来修复手机，从而达到异曲同工的效果。

此外，手机中的许多供电电压和电路都是受控的，维修时若不采取人工干预的方法，检修将十分麻烦。比如，在维修无发射故障时，需要测量功放、TXVCO 的供电电压等，测量时又要加电开机，又要按发射键，又要用示波器测，不小心就会断电，非常麻烦。如果采用给 TXON 信号加高电平，就可使功放电路、TXVCO 供电于连续工作状态，虽然不能让整个发射系统完全工作，却可以方便地测量 TXVCO 及功放的供电，对判断故障十分有利。

不过，给 TXON 加高电平后，由于发射电路处于连续工作状态，可能会出现大电流，应注意通电时间不宜过长。



11. 跨接法

跨接法是手机维修中的一种应急方法，特别是对于腐蚀较严重、人为造成电路断路的手机时采用此法。维修时可用细的高强度漆包线($\phi 0.1\text{mm}$)跨接 0Ω 电阻或某一单元，另外，在检修手机不入网故障时，也可用一个 100pF 的电容跨接于微带线的两端，否则会引起意想不到的故障。

12. 代替法

当怀疑某个元器件有问题时，可以从正常手机上拆下相同的元器件装机实验，效果立竿见影。如果代替后故障排除，说明原元器件已经损坏。如果代替后故障仍然存在，说明问题不在此元器件，应继续查找，代替法适用于手机中所有的元器件。

13. 压紧法

目前，由于手机中大量采用了BGA封装的集成电路，这些BGA IC很容易由于摔地、热膨胀等因素引起虚焊，造成手机不开机、不入网、不显示、不识卡等故障，那么，如何判断故障是由BGA IC虚焊引起的呢？维修时，可采用压紧法进行判断。即将怀疑的BGA IC用橡皮压紧，然后开机，看故障有无变化。若有变化，则说明该BGA IC存在虚焊，然后，再对该BGA IC进行吹焊或植锡。

14. 悬空法

悬空法主要用于检修手机的供电电路有无断路，简单实用，方便快捷。其方法是：用稳压电源的正端接到手机的地端（负极），稳压电源的负极和手机的正电端悬空不用，电源的正极加到电路中所有能通过直流的电路上，此时，用示波器测所怀疑断路的部位，若有电压说明没有断路；如测不到电压就是断路（或空点）。

15. 短路法

短路法常用于缺少某些元器件时的应急修理，如天线开关、高放前后的滤波器、合路器、功放等元器件损坏时，手边暂时没有，可直接把输入端和输出端短路（天线开关短路后手机只能工作在一个频段），若短路后手机恢复正常，说明该元器件损坏。

16. 飞线法

由于手机被摔或拆卸带有封胶的芯片时，焊盘掉点是经常的事，



除空点外，有用的掉点要飞线来解决，通常是在该点相连的引线上或元器件上用细漆包线连接后，在焊盘的掉点处用镊子把去掉绝缘层的引线头弯成焊点大小的圆圈，用绿油把引线固定即可。芯片以外的断线，同样可以用飞线的方法解决。

5.2.3 手机常见自然原因故障的处理技巧

手机平时在使用时，常会由于各种的自然原因而造成损坏。那么，当用户送修这样的手机时，维修人员该怎样处理呢？有没有哪些技巧？

1. 手机摔过后的处理技巧

一般来说，摔过的手机容易出现如下一些故障，其处理技巧如下：

- 1) 外壳易损伤，更换外壳即可。另外摔过的手机外壳极易变形，拆卸时应小心从事，不可用力硬撬，以免使故障扩大。
- 2) 天线易折断，维修时只需更换相应的天线。
- 3) 滤波器容易摔坏，造成不入网、无发射、信号弱等故障。
- 4) 手机由于采用了表面焊接技术，集成电路摔后易开焊造成各种故障，检修时应根据故障现象有目的地进行补焊。

2. 手机进水的处理技巧

(1) 手机进水后易出现的故障

由于手机是移动使用的，难免会出现进水或受潮的情况。同时，由于手机内部电路的集成度高，因此，当手机进水后，通常会造成以下一些故障：

- 1) 电路板故障。手机进水后，一方面由于水中可能存积着多种杂质和电解质，造成电路板的污损，可能会导致电路发生故障。特别是当手机开机时进水后，未经清洗和干燥，就直接加电极易导致手机的电路板上的集成电路和供电电路发生故障。

另一方面，当进水手机的水分挥发后，电路板上可能会留下多种杂质和电解质，会直接改变电路板在设计时各项分布参数，导致性能、指标下降。因此，当手机进水后，要经过正确的处理，才能将手机修复。

2) 手机易于断线



① 供电线易断。因为供电线是大电流工作的地方，进水后若手机未能及时进行处理，开机时供电线容易短路而烧断。

② 线路穿孔处易断。因为穿孔处易于堆积腐蚀物而不易清除，时间长了，最易腐烂导致断线。

③ 集成电路和引脚小的元件如电阻、电容也最易腐蚀断线。

(2) 手机进水的处理技巧

首先，将手机放在超声波清洗仪进行清洗。清洗液可用无水酒精或天那水，利用超声波清洗仪的振动把电路板上以及集成电路模块底部的各种杂质和电解质清理干净。

其次，对于浸在水里时间长的手机，清洗后必须干燥。因为浸水时间较长，水分可能已进入电路板内层。这时若用简单的清洗方法不一定能将电路板内层的水分完全排除出来。这时候就需要把电路板浸泡在无水酒精里，而且浸泡的时间要足够长（一般在24~36h），利用无水酒精的吸水性，使水分和无水酒精完全混合，然后，把电路板置放于干燥箱进行干燥处理，温度控在60℃左右，一般干燥24h后，就基本排除电路板内层的水分。

3. 电路板铜箔脱落的处理技巧

(1) 电路板铜箔脱落的原因

对于维修人员来说，在手机维修过程中，会经常遇到电路板铜箔脱落的现象。究其原因，一是维修人员经常遇到在吹换元器件或集成电路时，由于技术不熟练或方法不当将铜箔带下。二是部分进水腐蚀后的手机，在用超声波清洗仪进行清洗时，将部分电路板铜箔洗掉。遇此现象，很多维修者无计可施，往往将手机判为“死机”。

(2) 电路板铜箔连线的复原

如何有效地使铜箔连线复原呢？以下是几种常见的补救方法：

1) 查找资料对照。查有关维修资料，看脱落铜箔所在引脚与哪一元器件的引脚相连，找到后，用漆包线将两脚相连即可。由于目前新式机型发展较快，维修资料滞后，且很多手机的维修资料错误较多，与实物比较也有一定差异，因此该方法在实际应用中受到一定限制。

2) 用万用表查找。在没有资料的情况下，可用万用表进行查



找。方法是：用数字式万用表，将档位置于蜂鸣器（一般为二极管档），用一只表笔触铜箔脱落的引脚，另一只表笔则在电路板上其余引脚处划动，若听到蜂鸣声，则引起蜂鸣的那一引脚与铜箔脱落处引脚相通，这时，可取一长度适用的漆包线，在两引脚间连上即可。

3) 重新补焊。如果以上两种方法都无效，则有可能此脚是空脚。但若不是空脚，又找不出铜箔脱落处引脚与哪一元器件引脚是相连时，可用一刀片去轻轻刮电路板铜箔脱落处，刮出新铜箔后，可用烙铁加锡轻轻将引脚引出，与脱焊引脚焊上即可。

4) 对照法。在有条件的情况下，最好找一块同类型的正常机的电路板进行比较，测出正常机相应点的连接处，再对照连接故障脱落的铜箔。

第6章 手机射频电路常见故障速修要点与技巧

6.1 手机接收电路故障的检修

前面，我们对手机接收电路的结构及工作原理作了具体的了解。手机在使用过程中，其接收电路不可避免地也会出现一些故障。那么，手机接收电路往往会出现哪些故障呢？其检修方法又是怎样的呢？

6.1.1 接收电路的常见故障现象

在分析手机接收电路的故障之前，我们首先要了解两个概念：

- 1) 信号的概念。我们经常会说手机无信号，就是说手机开机后，在显示屏的天线符号旁看不到场强格数，这就是无信号。
- 2) 网络的概念。我们经常也会说手机不入网，不入网是指手机开机后，在显示屏上看不到中国移动或中国联通的标志，就说明未接入网络。

实质上，手机接收电路故障就是信号的故障和网络的故障。具体来说，手机接收电路常见的故障有以下几种。

1. 不入网（即无中国移动或中国联通标志）

不入网可分为有信号不入网、无信号不入网两种情况。

有的手机只要接收通道是好的，它就有信号强度显示，与有无发射信号无关；另有一些手机必须等到手机进入网络后才显示信号强度值，这一些手机必须插上 SIM 卡，调菜单，用手动搜寻方法找网络。此时，若能找到网络，证明接收通道是好的，是发射通道故障引起的不入网；用菜单方法找不到网络说明接收通道有故障，先维修接收通道。

2. 信号不稳定（信号跳水）

就是说手机开机后有信号，一会儿信号消失。在信号较强的地区有信号，在信号较弱的地区又没有信号等故障。出现信号不稳定的故



障一般都是接收通道元器件有虚焊所致，摔过的手机易出现此故障。

3. 手机无场强信号指示

就是正常手机开机后，在寻找网络的同时，电流表指针不停地摆动，幅度约为 10~20mA。如果电流表指针摆动正常，仍无网络，大多是发射 VCO 部分或功放电路部分导致的故障；如电流在 10~60mA 不停地寻网，多是混频前电路的问题；若无信号电流而停在一个位置上不断地摆动，则故障多在接收本振电路或接收通道其他部分。

6.1.2 接收电路故障的检修思路

对于手机不入网、没信号的故障，可分为无接收和无发射两种情况来看：无接收是指看有无搜网电流，一般搜网电流在 5~20mA 之间来回跳动，有信号时约 1s 摆动一次。

1) 如果有搜网电流而无网络，故障发生在天线开关、接收滤波器和中频滤波器，多为元器件虚焊或损坏，可更换或者短接处理。

2) 有搜网电流且电流在 100~150mA 之间不断地摆动：此种故障多为 VCO 不正常或者 13MHz 的 AFC 控制不正常，应用示波器测量进行重点检查。

3) 无搜网电流且无网络：故障多为逻辑部分，一般为 CPU 无输出 RX-ON 信号，音频 IC 的 RX-I/Q 无输出，常见为 CPU 虚焊或软件资料不对或电源 IC 输出的接收供电不正常所致。

4) 有搜网电流且无网络：电流超过 200mA 以上；此故障多为中频 IC 及与之相连的元器件虚焊或损坏，加焊或更换即可排除故障。

6.1.3 接收电路常见故障检修实例

下面我们来看几则关于手机接收电路故障检修的实例。

故障 1：一部摩托罗拉 V3 手机因摔坏无网络信号。

原因分析：由于该机是摔坏的手机，一般都是虚焊元器件所致。

故障检修：首先加焊天线开关、射频 IC 等主要元器件，还是无网络，加焊滤波器 FL100 后有信号，故障被排除。图 6-1 所示为摩托罗拉 V3 手机接收电路元器件分布。

故障 2：中兴 CDMA816 手机进水，开机信号满格，却不能打电话。

故障分析：信号满格，却不能打电话，一般故障应在 TX 部分。

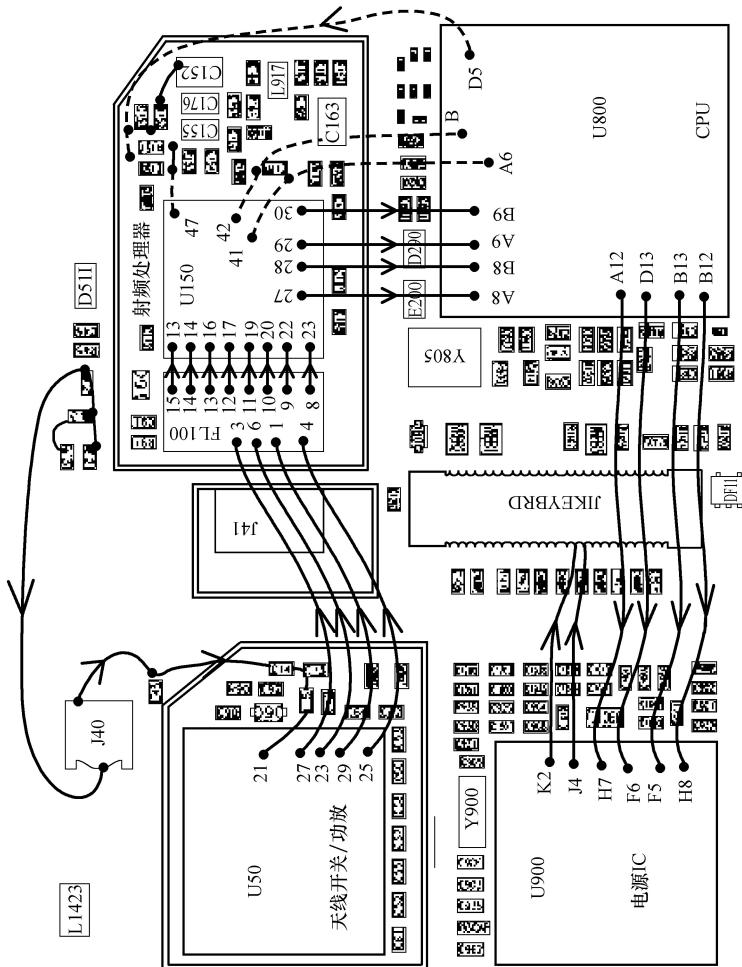


图 6-1 摩托罗拉 V3 手机接收电路元器件分布



故障检修：

- 1) 装卡打电话，在功放输入端测量 TX 频率；
- 2) 换功放后，故障排除。

中兴 816 手机功放位置图如图 6-2 所示。

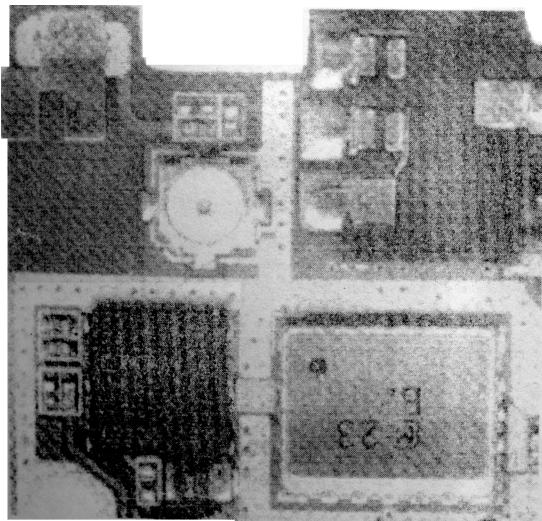


图 6-2 中兴 816 手机功放位置图

故障 3：诺基亚手机显示 3G 没有信号的解决方法

故障检修：诺基亚手机显示 3G 没信号，但可以打 112，在手机设置→网络设置→网络模式里选择双模式即可。

故障 4：一部诺基亚 7250 手机进水后，开机时信号正常，慢慢就没信号了，而且不能打电话。

原因分析：该机是进水后导致的故障，首先应该想到是手机主板脏污或与接收电路相关的元器件短路所致。

故障检修：首先加电试机，电流表指针上升，到 150mA 左右回落到 10mA 左右摆动，然后慢慢地不摆动了，说明信号已经消失。既然是进水手机，首先应该拆机看看有无脏污和发霉的地方。拆开手机一看，发现主板上没有明显发霉和进水痕迹。于是，还是先清洗主板，吹干后试机，结果还是不能解决问题。于是更换功放，再试机仍是如此。再加焊射频 IC，试机问题解决。



故障5：一部诺基亚7250手机开机时信号正常，但拨打电话时提示“呼叫失败”或“网络失败”。

原因分析：根据经验，这种现象的发生原因最大的可能就是功放或天线开关出现了问题。

故障检修：当遇到这种故障时，最快的方法是更换功放IC或者天线开关。更换功放后该故障被排除。原因就是功放的发射功率下降，无法与基站建立同步，故出现该故障。

故障6：一部三星S308手机开机时信号差，而且不稳定，有时限制服务。

原因分析：根据经验，首先应想到故障出现在射频接收电路部分以及与射频接收电路相关联的逻辑电路部分。

故障检修：拆开手机，发现主板很新，射频电路也很新，逻辑部分直观上没有问题，说明该机没有检修史。

首先，先测量接收基带IQ信号，发现无IQ信号输出，说明问题在接收解调器前端的电路，包括天线开关、射频IC、本振IC等电路。于是仔细检查各IC的供电，都正常。再检查射频参考时钟信号，发现本振IC参考时钟输入耦合电容C916虚焊，加焊后试机，手机信号满格，接打电话正常，故障排除。图6-3所示为虚焊的参考时钟输入耦合电容C916。

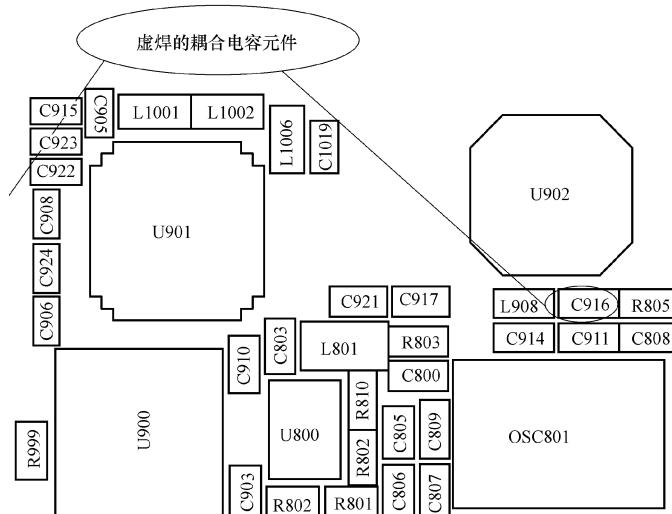


图6-3 参考时钟输入耦合电容C916



6.2 手机发射电路故障的检修

我们知道，手机发射时电流一般较大，都在 $200\sim400mA$ 内。因此，发射电路出现故障的机率也比较大，大多为发射功率放大器（即功放）IC损坏所致。

6.2.1 发射电路的常见故障现象

具体而言，发射电路较常出现以下故障现象。

1. 无发射

所谓无发射，即手机在拨打电话时，显示屏提示“呼叫失败”、“网络无法接通”或者“无法联系”等现象。

2. 发射掉信号

所谓发射掉信号，即手机待机时信号正常，但只要拨打电话，信号立即下掉到无信号的现象。这类故障多为功放虚焊或损坏引起。

3. 发射关机

所谓发射关机，即按下手机发射键，手机就自动关机。这类故障多为功放、功控部分故障引起；有时电池电压过低或电池老化也可能引起该故障；再就是软件故障而不良导致的。

4. 发射弱电

所谓发射弱电，即手机待机时电池电量是满的，但一拨打电话或打几个电话后，马上显示电量不足，并出现低电压告警的现象。其产生原因多为电池与触片接口脏污或接触不良、或与手机电路板间接口接触不良、或者由功放本身损坏而引起。

6.2.2 发射电路故障的检修思路

这里，我们主要就无发射故障的检修思路作如下说明。

无发射故障一般是先用接假天线法来区分故障是在功放前还是在功放后。方法是：在功放输入端焊一根锡丝作为假天线，看信号是否正常。如果正常，则查功放，说明是天线开关导致的无发射，加焊或者更换即可；如果还是不正常，故障应在中频处理或音频电路，加焊或者更换射频处理器或者音频IC即可排除故障。

无发射故障检修时可拨打112，看有无发射电流，正常的电流约



为 200~350mA，并在接通后会回落至 100~150mA 且有规则地摆动。不同故障现象及维修方法可分为以下几种。

1. 有发射电流响应而不能打电话

现象表现为：拨 112 按发射键时电流从待机上升至 100mA 左右，定住一段时间后又回落到待机电流。

这种现象一般是天线开关、发射合路器、发射滤波器、功放等元器件损坏所致。

故障检修时，可先拆去天线开关和发射滤波器，短接天线开关或者滤波器，再在发射信号输出端接上假天线，并拨 112 试机，如果可以拨打电话，说明天线开关或发射滤波器有问题；若打不出电话，此时可再将功放拆下，将假天线接在功放的输入端，再拨 112 试机，如果可以拨打电话，说明功放有问题，更换即可；若还是不能拨打电话，重点检查中频 IC 或者 VCO，一般加焊或者更换即可排除。

2. 拨打电话无发射电流

现象表现为：拨打 112 按发射键时，电流没有发生什么变化。

这种现象一般是在逻辑部分，多为 CPU 无发射启功 TX-ON 信号输出、音频 IC 电路没有 TX-I/Q 信号输出、字库资料不对等导致。

故障检修时，可以先加焊或更换 CPU、音频处理 IC 或者重新刷写软件即可。

3. 发射电流偏大或偏小

现象表现为：拨 112、再按发射键时，有时可打出，但电流在 400mA 以上，或在 100mA 以下等现象。

这种现象一般都是功放电路接触不良所致。

故障检修时，应重点加焊或者更换功放。

4. 有发射电流反应但不能打出电话

现象表现为：拨 112 按发射键时，电流从待机时上升至 100mA 左右，定住一段时间后又回落到待机电流，这也是不能发射的现象。

这种现象一般为功控电路不良所致。

功控电路大多集成在射频 IC 里边，故障检修时，加焊或者更换射频 IC 即可。



6.2.3 发射电路常见故障检修实例

下面我们来看几则关于手机发射电路故障检修的实例。

故障 1：一部摩托罗拉 V3 手机使用时有网络信号，但打电话不到 30s 就自动关机。

原因分析：这种现象是明显的手机发射关机故障，一般情况下都是功放过热而关机。

故障检修：先拆下功放，更换后，故障排除。

故障 2：一部摩托罗拉 V3 手机正常使用时有网络信号但打不了电话。

原因分析：这种现象发生的原因多为发射电路中的功放出现了问题。

故障检修：加电拨打电话看电流变化，发现电流在 200 ~ 250mA 快速摆动，据经验判断，该电流现象常见为 TX 射频不良引起，且主要是功放，因此更换功放，加电开机仍不能打电话，然后再从功放输入端往相反方向寻找电路元器件，有一个似排阻的元件 R80，仔细观察有一端虚焊，于是加焊后能打电话，故障排除。图 6-3 所示为摩托罗拉 V3 手机发射电路元器件的分布。

故障 3：一部摩托罗拉 V3 手机开机时有网络信号，出现“中国移动”刚几秒后就显示“无网络服务”。

原因分析：就现象来看，刚开机有网络信号，说明与基站能建立同步，即发射通路基本正常。因此，应怀疑是发射电路中的功放出现了问题。

故障检修：更换功放后，问题没有解决。这时关机，将示波器调好，探头碰到 C163 的一端，开机看到有网络信号瞬间，无跳变的 CP-TX 电压引起射频 IC 内的 TXVCO 不能正常工作所致，又因 TX-CP 是由 CPU 内部 TX 鉴相处理输出，怀疑是 CPU 的问题，于是又更换 CPU，开机后几秒钟、几分钟过去了，信号仍正常，确定是由旧 CPU 损坏引起的如图 6-4 所示。

故障 4：一部更换过功放天线的摩托罗拉 V3 手机开机时有网络信号，但打电话失败。

原因分析：由于该手机曾更换过功放天线，应排除功放天线故障判断功放部分故障的原因，可能是发射电路中其他元器件发生了故障。

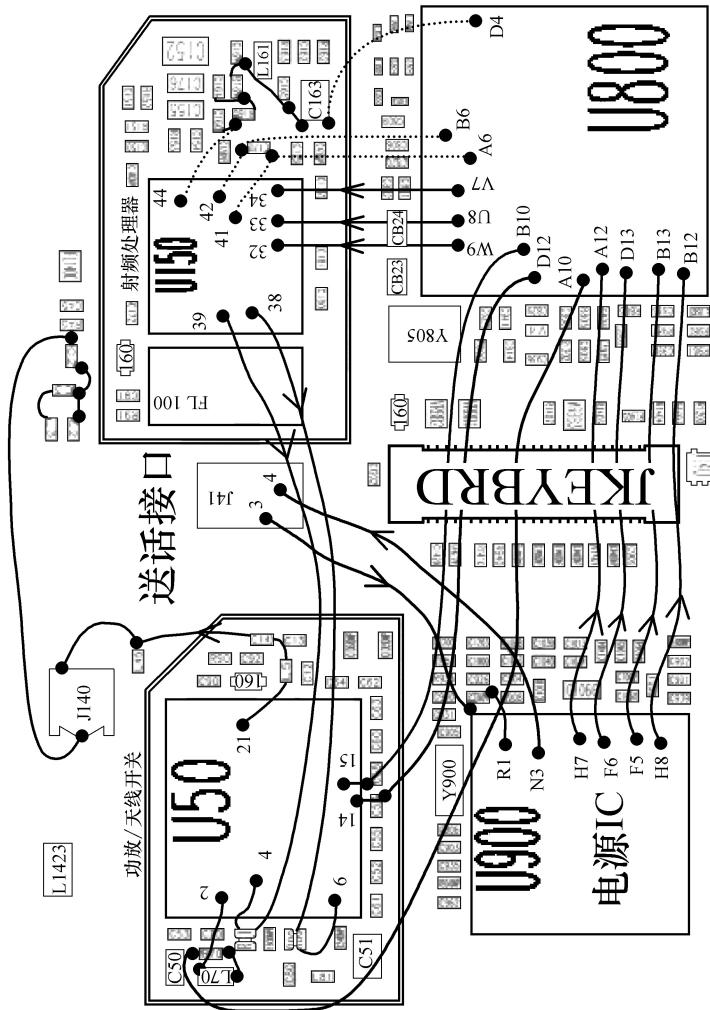


图 6-4 摩托罗拉 V3 手机发射电路元器件的分布



故障检修：可以将接收滤波器短接，而后信号出现，但还是呼叫失败。查电路，发现发射信号要经过低频段发射滤波器 R80 和高频段发射滤波器 R81，尝试更换后故障排除，如图 6-3 所示。

故障 5：一部摔坏的诺基亚 7250 手机开机时，有时信号正常，有时完全没有信号。

原因分析：就现象来看，这明显是信号跳水故障。由于是摔坏的手机，就应该考虑发射电路是否有元器件虚焊现象。

故障检修：拆机后在放大镜台灯下观察主板，没有发现明显的虚焊或者断路。于是只有通过加焊引起信号跳水的主要元器件。首先加焊功放，再加焊天线开关、射频 IC，试机结果没能解决。于是考虑小元件问题，仔细用风枪加焊发射电路中一个个小元件，当加焊到发射滤波器 Z700 时，发现引脚明显虚焊，焊好后试机，故障排除。图 6-5 所示为诺基亚 7250 手机功放电路。

故障 6：一部摔坏的诺基亚 7250 手机，正常使用出现开机网络、信号都正常，但一拨打电话就出现“嘀嘀”声，而后立即关机。

原因分析：这种现象明显是发射低电压告警关机故障。这种故障的原因多为电池与触片接口接触不良或者功放损坏。

故障检修：首先将稳压电源调到 4.2V 电压，给手机加电（提示：电池接口类型脚要接一个 $10k\Omega$ 电阻对地），按开机键开机，拨打电话，手机没有关机，为了验证是否是因为手机本身电池问题，于是将该电池进行充电，不到 30min 就充满电了，正常手机电池一般要充 4h 左右，说明该手机电池确实不正常了，更换一个原装电池，充满电后，试机后故障排除。

故障 7：一部三星 S308 手机，开机搜网一切正常，但一拨打电话就出现通话结束故障。

原因分析：手机的发射与功放是直接相关的，发生这种现象，首先应想到排查功放。

故障检修：先更换功放试机，结果故障未能排除。说明该故障不是功放引起的。由此考虑其他发射射频电路，包括天线开关射频 IC，将其加焊还是不能排除故障，说明问题不是简单的更换就能解决的。经仔细测量查找，结果发现功放输出的滤波电感有发霉变质的现象，将其更换后，故障排除。

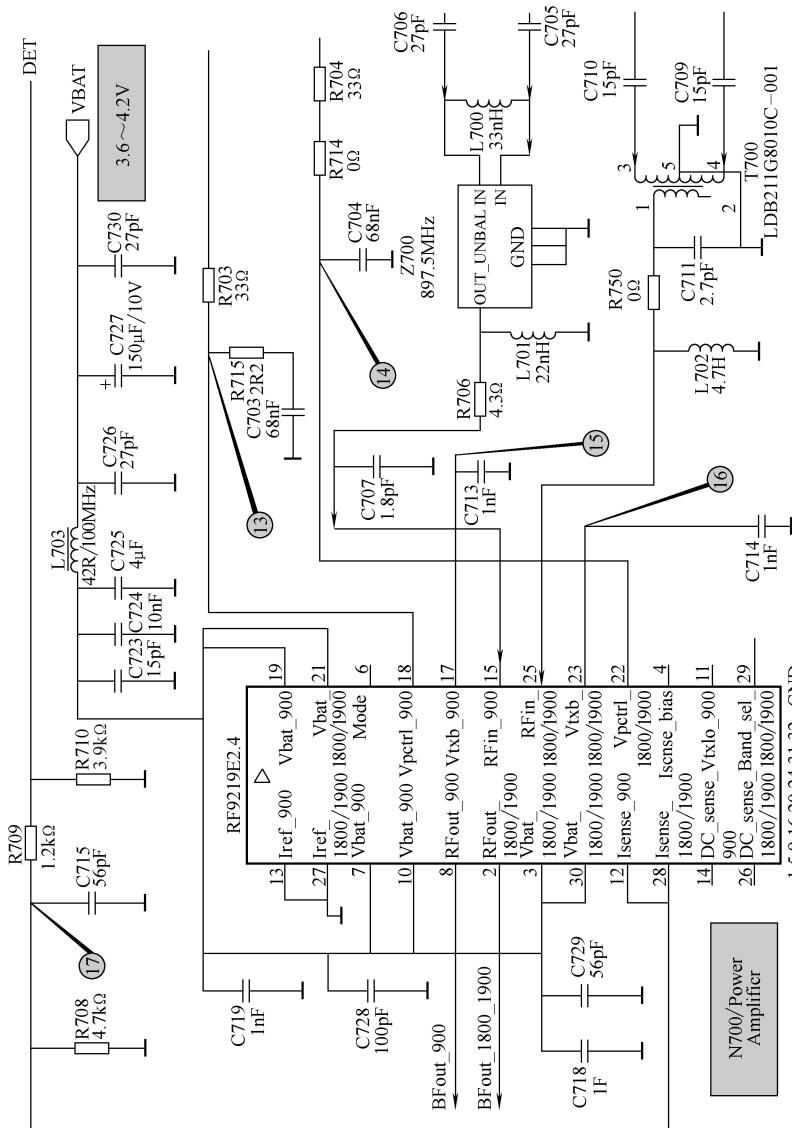


图 6-5 莱基亚 7250 手机功放电路

第7章 手机开机电路常见故障速修要点与技巧

7.1 手机开机电路常见故障现象

前面我们知道，手机开机电路包括电源电路、时钟电路和逻辑电路。一般来说，手机开机电路不正常通常都是因为这些电路出现了故障，而且它们往往是互相关联，譬如手机不开机，和这3个电路都有直接或间接的联系。

手机开机电路最常见的故障现象就是手机不能开机、开机死机、开机定屏。

在用电流法试机时，具体的现象有：

- 1) 加电，就有大电流但不能开机；
- 2) 加电，无一点电流反应而不能开机；
- 3) 加电，有一点电流反应但不能开机；
- 4) 加电，按开机键有几十毫安电流定住而不能开机；
- 5) 加电，按开机键有几十毫安电流摆动而不能开机；
- 6) 加电，就有几十毫安漏电流而不能开机；
- 7) 加电，按开机键有100mA左右电流摆动而不能开机；
- 8) 加电，有100mA左右的电流摆动后定屏而死机。

7.2 手机开机电路的故障检修思路

前面，我们提到“用电流法试机”，那么电流法是怎么一回事呢？怎样用电流法判断开机电路故障呢？

7.2.1 电流法的概念

电流法是指用稳压电源给手机加电，然后根据稳压电源上电流表指针的摆动来判断手机故障的方法，如图7-1所示。

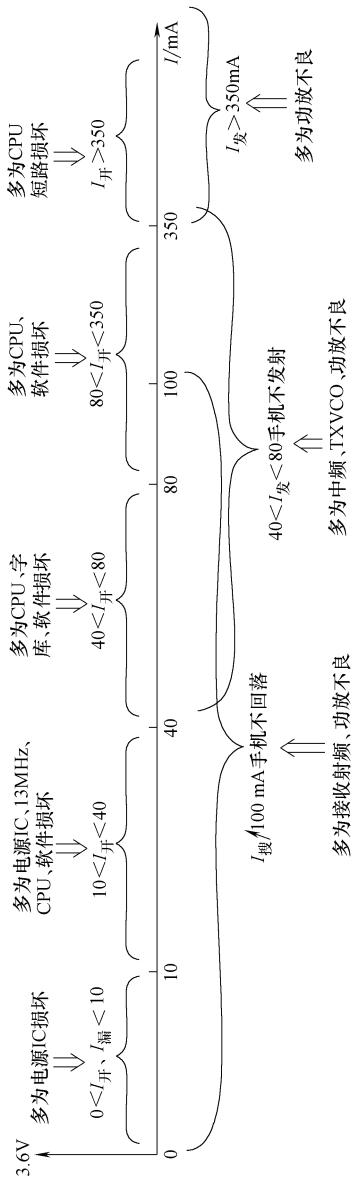


图 7-1 用电流法判断故障



我们从图 7-1 中可以看出，电流有 10mA、40mA、80mA、100mA、350mA 等 6 个区域，每个区域都有不同的元器件导致手机出现不同的故障现象。当然，加电后的电流现象很多，这里只是举出 6 个以供参考。

加电后电流现象主要以是否按下手机开机键来进行区分。有加电不按手机开机键就有电流的现象，也有按下手机开机键后的电流现象。根据这些现象我们将电流分为大电流、漏电流、小电流 3 种情况。

大电流即稳压电源上电流表指针摆动到 500mA 左右时的电流。主要分为加电大电流、开机大电流、发射大电流 3 种。

1. 加电大电流

即用稳压电源为手机加电，就看到电流表指针摆到 500mA 左右时的电流。加电就出现大电流的故障，一般是由电源 IC 或者功放 IC 短路引起的。

2. 开机大电流

即手机加电，按下开机键才出现的大电流。一般开机大电流都是由 CPU 或者电源 IC 短路引起的。

3. 发射大电流

即手机正常开机后，拨打电话时出现的大电流。手机出现发射大电流故障时，只需更换功放即可解决问题，这是手机的通病。

7.2.2 电流法的故障判断技巧

1. 加电就有大电流但不能开机

用稳压电源为手机加电时，刚把正负极加上，就看到电流表的指针跳到 350mA，马上就到了 500mA 以上，这说明手机内部电池直接供电的电路有短路元器件，譬如功放 IC、电源 IC 等。对这些元器件进行更换，一般故障即可排除。

2. 加电按开机键无一点电流反应不能开机

加电按开机键无一点电流反应，说明手机没有通电，也就是说手机电池电压没有进入手机。出现这种情况应主要查找电池触片、电源 IC 或者供电管，即可排除故障。

3. 加电按开机键有一点电流反应而不开机



按开机键有一点电流说明开机电路是正常的，同时电源 IC 有高电平输出，也就说明电源 IC 的供电是正常的，更进一步说明电池接口、限流电阻也都是正常的，问题很大程度上是出在主时钟电路上。

4. 加电按开机键有几十毫安电流定住或摆动而不能开机

这说明开机电路是正常的，问题有可能是电源 IC 的组电压没有输出，或者是主时钟、CPU 不正常所致。但到底是哪一种情况引起的不能完全说明，只有通过测量如果组电压正常，问题就是主时钟或者 CPU，如果测量主时钟正常，那就是 CPU 引起的不能开机了。

5. 加电就有几十毫安漏电流而不能开机

加电就有漏电，意思是没有按开机键就有漏电。这时应该想到的是由电池直接供电的元器件引起的，而电池供电的元器件主要有电源 IC、滤波电容等。出现这种故障的手机一般都是进水手机或者长时间使用，手机内部有发霉导致的，因此检修前最好先清洗一下手机。

6. 加电按开机键有 100mA 左右电流摆动而不能开机或定屏死机

加电按开机键有 100mA 左右电流摆动说明电源 IC 已经工作，组电压或者主时钟都是正常的，问题出在手机程序上，也就是由软件故障引起的。

7.3 手机开机电路常见故障检修实例

下面我们来看几则关于手机开机电路故障检修的实例。

故障 1：一部摩托罗拉 V3 手机装上电池不能开机。

原因分析：这种现象的发生原因首先应该想到的是不是电源 IC 出现了故障。

故障检修：用稳压电源加电，按下开机键观察没有电流反应。因为正常情况下，手机开机都有 100mA 左右的电流反应。判断手机的开机电路不正常，于是拆开手机外壳，用示波器测量，图 7-2 中开机键盘的外圈上没有 3V 开机高电平，跟踪测量键盘接口 J1400 的 7 脚同样也没有高电平，显然是电源 IC 的 J12 脚与键盘接口 7 脚之间存在虚焊或断线。重新将电源 IC 加焊一遍后故障得到排除。

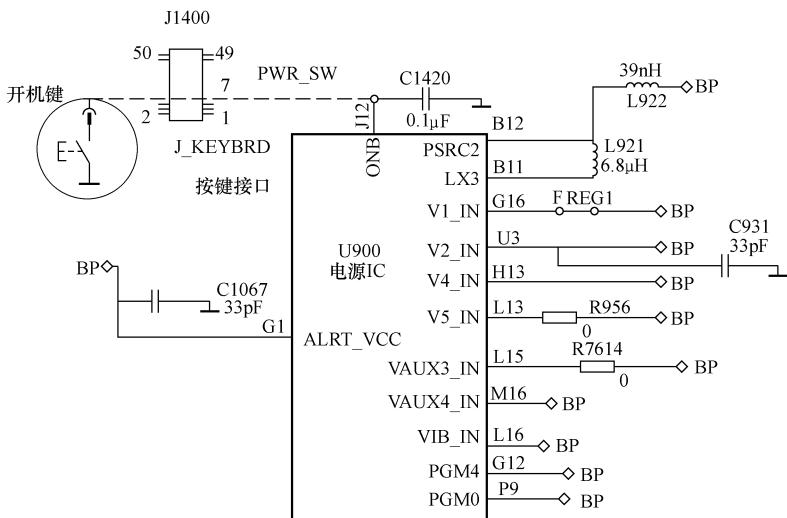


图 7-2 摩托罗拉 V3 手机开机电路的组成

故障 2：康佳 CDMA1828 手机开机后自动关机

故障分析：由于此手机进过水，怀疑因水渍产生短路而导致自动关机现象。

故障检修：由于该手机进过水，而且只做了表面清洗，没有彻底清洗。根据现象，先取下 CPU，发现它的四周边脚有些脏，清洗干净，重植，开机有信号，没有自动关机现象，故障排除。

故障 3：一部进水的诺基亚 N70 手机，加电就有 200mA 电流漏电。

原因分析：由于该机进水，我们应首先想到是主板上的某元器件有短路现象。

故障检修：由于是进水机，先将手机拆开，用超声波清洗器清洗主板，吹干后加电试机，发现电流仍为 200mA 漏电，说明其电池直接供电的电路有短路，当然首先考虑就是电源 IC 了，触摸电源 IC 有发热的感觉，于是更换电源 IC 后，再加电试机，无漏电，开机后试机，手机开机正常，故障排除。

故障 4：一部诺基亚 N70 手机，将稳压电源调至 3.6V，加电按



开机键无电流反应，测量开机键无电压。

原因分析：分析可能有3个原因：电池电压没有送到电源IC导致电源未被激活而没有输出3.6V开机触发电压；电源IC损坏无输出；电源E12脚到按键开机电路开路。

故障检修：维修时，一般应坚持少动多测量的原则。先从供电开始测量，这样可以减少人为故障和不必要的麻烦，经检测发现电源IC的E12脚到键盘滤波器Z4403至开机键的电路接触不良，更换键盘滤波器Z4403后，故障排除。图7-3所示为诺基亚N70手机开机电路元器件分布。

故障5：一部三星S308手机，加电按开机键没有任何电流反应。

原因分析：由于是按开机键无任何电流反应，估计应为电池供电的电路接触不良导致。

故障检修：找到电池供电电路，先用示波器在阻容元件C111、C120处测量有无3.6电压，再测电源IC的51脚是否有3.6V的高电平输出。若都没有，怀疑是电源IC损坏，于是马上更换电源IC，加电试机还是不开机。再接着检查压敏电阻ZD201，发现已被击穿而短路，立即拆除后更换，试机，故障排除。

故障6：手机曾进水，信号灯长亮，不能开机。

故障分析：怀疑是进水后导致短路，但发现手机有信号显示，应该是手机设置问题。

故障检修：用超声波清洗后，已能正常开机，但无显示。仔细观察其排线和TCL6898手机一样，代换后显示正常。装机有信号，却不能打电话。经仔细观察发现，在电池符号旁边有个“R”字母的闪动。怀疑是功能设置问题，于是找出手机的隐藏菜单“##1114 + 开关机键”，进入第三项选“UIM Act/DeaCt”，然后选“是”，手机自动重新搜网成功，打电话正常。

故障7：一部三星E808手机换卡后出现不能开机的故障。

原因分析：这种现象的发生原因通常是软件故障的原因。

故障检修：先用稳压电源加电，按开机键，电流为100~180mA定住不动。拆机检查，发现卡座下面的两个管子不知去向，一个为L1203，另一个为U300。分析图样得知该两管是FLASH片选管，其

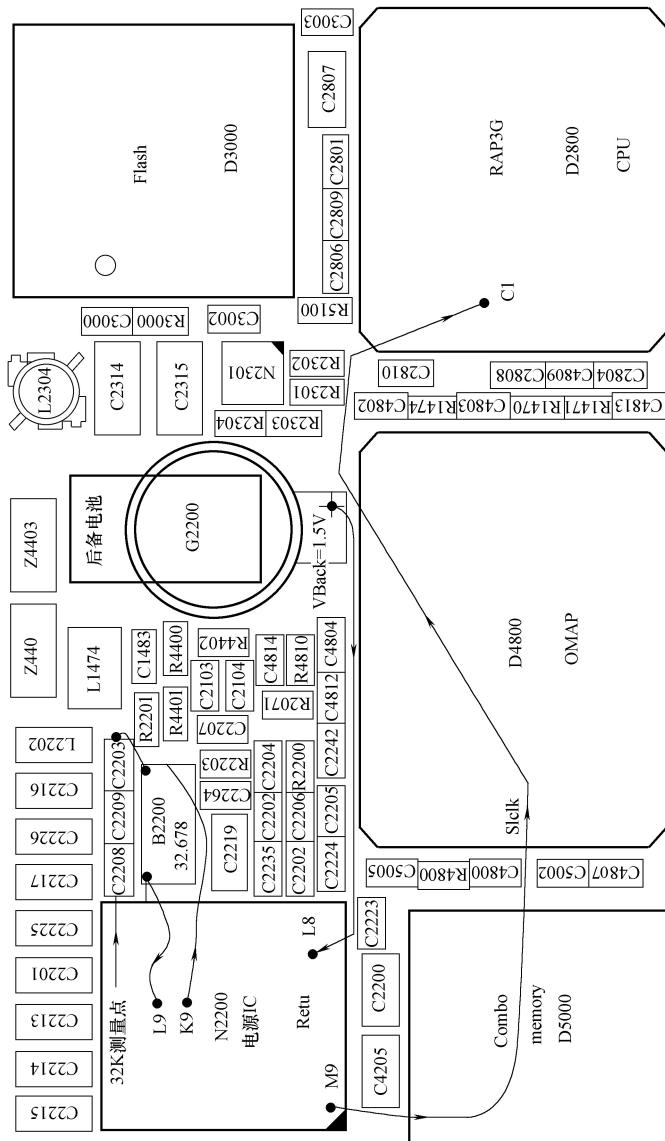


图 7-3 诺基亚 N70 手机开机电路元器件分布

注：图中电源IC的E12脚未标出



位置分布如图 7-4 所示。尝试作软件升级，不能连机。于是从好机上拆下两个对应的好管装上，试机可以开机，但显示开机画面后，没有音乐声，随后黑屏而自动关机，此时判断为软件出错，重新用免拆机可写入软件，成功写入后，开机一切正常。

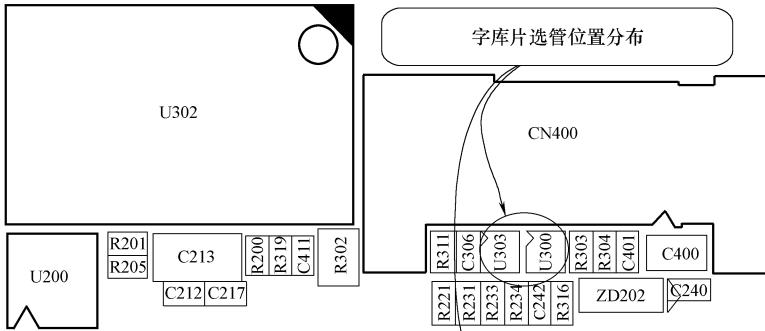


图 7-4 三星 E808 手机 FLASH 片选管位置分布

第8章 手机界面电路常见故障速修要点与技巧

8.1 手机 SIM 卡电路常见故障的检修

我们知道，SIM卡的作用是“用户身份识别”，一旦SIM卡电路（接口电路）出现故障，手机将不能进行用户身份识别。那么，手机SIM卡电路较常出现哪些故障呢？其检修方法又是怎样的呢？

8.1.1 SIM卡电路的常见故障现象

一般来说，手机SIM卡电路较常出现不识卡的故障，这也包括UIM卡和USIM卡。

8.1.2 SIM卡电路故障的检修思路

根据经验，SIM卡电路故障的检修可遵循以下思路来进行。

首先，应检查SIM卡与卡座是否接触不良。只要处理和清洁卡座，SIM卡的接触不良就可以解决。那么，如何判断SIM卡与卡座是否接触不良呢？方法就是对SIM卡进行电压测量。

根据SIM卡的工作原理，对SIM卡进行电压测量一般是在开机瞬间进行的。先将万用表的表笔与SIM卡座引脚相连，然后开机，此时可在万用表上看到一个跳变的电压，电压峰值为该引脚的额定电压，一般SIMVCC根据机型不同有5V和3V两种情况，SIMCLK、SIMDAT、SIMRST三线的峰值电压一般为2.8V左右。如电压不正常或没有，说明电路板上SIM卡电路有故障；如电压正常，则故障为接触不良或SIM卡损坏。

其次，检查SIM卡的通路，由于CPU与SIM卡之间的通信要通过一些阻容元件，且阻容元件的虚焊或损坏会造成不识卡故障。

再次，检查电源IC、CPU是否出现虚焊或损坏，这也可能导致



不识卡的故障。一般经补焊或更换的方法解决。

最后，检测软件，软件故障也是引起不识卡的原因之一。一般重写软件即可。

8.1.3 SIM 卡电路常见故障检修实例

下面我们来看几则关于手机 SIM 卡接口电路故障检修的实例。

故障 1：一部摩托罗拉 V3 手机进水后出现不识卡的故障。

原因分析：这种现象的发生原因一般是 SIM 卡供电异常。

故障检修：换一张 SIM 卡试机，仍出现不认卡的现象，清洗卡座接口，仍如此。于是在插卡时开机瞬间测 VSIM 供电，结果无 3V 跳变电压，只有 0.5V 闪过，说明有漏电或变值的元器件。查看接口电路元器件分布图，如图 8-1 所示，发现在其供电引脚上接有一个 VR1204 保护管，尝试将其拆下，开机瞬间测供电 3V 正常，装卡试机，故障排除。

故障 2：一部摩托罗拉 V3 手机在开机时便不能读 SIM 卡，显示“请插卡”。

原因分析：这种现象除了要检查 SIM 卡供电电压外，还要检查 CPU 是不是出现了问题。

故障检修：在开机瞬间测 SIM 卡供电 3V，正常。接着又检测复位、时钟、数据信号都正常。后将卡座旁与卡接触的所有接地阻容元件全部拆除。又将 CPU U800 字库旁边的两个保护管（VR1203DNP、VR1412）一一拆除（这里是必“杀”经验）也不行。最后更换电源 IC 也一样。怀疑是软件出错引起，刷写资料后故障排除。

故障 3：一部进水的波导 M08 手机在开机时出现“SIM 卡失败”故障。

原因分析：由于该机是进水造成的不认卡故障。很有可能是 SIM 卡电路元器件损坏或是漏电引起的。

故障检修：拆开手机查看主板，发现卡座旁边有腐蚀，用示波器测量卡座各脚波形，发现 3 个信号线的波形电压偏低，估计有漏电现象。用万用表测对地电容，发现对地电容漏电，拆除后，加电开机试机，有网络出现，故障排除。

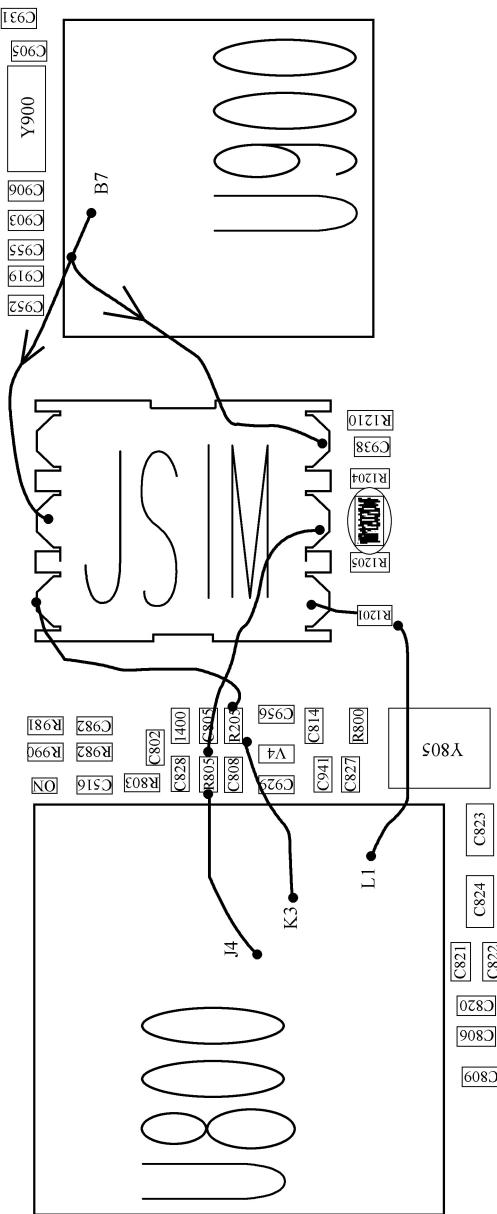


图 8-1 摩托罗拉 V3 手机 SIM 卡接口电路元器件分布图



8.2 手机键盘电路常见故障的检修

手机键盘又称“人机接口”，它是人与手机互动的基本纽带，一旦手机键盘电路出现故障，手机输入功能就会受到影响。那么手机键盘电路常会出现哪些故障呢？其检修方法又是怎样的呢？

8.2.1 键盘电路的常见故障现象

一般来说，手机键盘电路较常出现所有按键失灵、某一个按键失灵、某一组按键失灵等故障现象。

8.2.2 键盘电路故障的检修思路

针对上述键盘电路常见的故障现象，可遵循以下思路进维修检修。

如果是所有按键失灵，大多数是由于侧键或是某个按键被卡死造成的，可将其拆除试机。如果还是失灵，就测量各个按键的电压，行线一侧为2.8V，列线一侧为0V。如果检测出某一个电压不正常，可能是相连的滤波电容或者按键保护器漏电引起，将其滤波电容或保护器拆除即可排除故障，一般在进水手机中较为常见。

如果是某一个或者某一组按键失灵，一般是其相连的行线或列线与CPU之间断线，仔细测量，检查CPU和按键间的断线点，将其飞线连接即可。

8.2.3 键盘电路常见故障检修实例

下面我们来看几则关于手机键盘电路故障检修的实例。

故障1：南方高科 CDMA SC9988 手机，在使用中突然拨号按键全部失灵，且手机自动回到重拨状态并拨叫电话，开关机正常，曾进过水，但时间已久。

原因分析：怀疑按键因进水导致无法接触。

故障检修：手机的按键是独立元件，焊下发射键，插卡试机故障依旧。将主板和尾插清洗干净，再次试机发现手机使用正常，焊回发射键，装壳试机也正常，第三天客户又转回，说手机在开机后正常上



网，待机按键失灵，背景灯常亮。怀疑是手机的按键压敏电阻出了问题，故在前板上测量查找，当测到主板的尾插左边第一个电阻时，发现万用表在蜂鸣档没有阻值，再将万用表调至 $200\text{k}\Omega$ 测量依旧没阻值。观察电阻一边已有氧化现象，将主板上的腐蚀的点用手术刀小心刮出铜箔引线，焊锡短接试机，此时手机按键全部正常，故障排除。

故障 2：一部进水的波导 M08 手机，开机后所有按键失灵。

原因分析：由于是进水机，因此要考虑是否有侧键卡死、按键保护器漏电或者 CPU 漏电导致。

故障检修：本着先简单后复杂的维修方法，先检查侧键，将其拆除试机，结果还是所有按键失灵。再用数字式万用表蜂鸣档，一表笔碰到按键上，另一表笔去逐个查找，结果在按键板的背面找到了两个保护器，将两者拆除后试机，故障排除。

故障 3：一部三星 S308 手机，开机后出现 1、2、3、UP 按键失灵，其他按键正常。

原因分析：这种现象的发生原因通常是 CPU 故障，因其相连的行线或者列线断线，有可能导致此故障。

故障检修：仔细查看如图 8-2 所示的按键功能电路，发现 1、2、3、UP 按键共用了一条行数据线 KEY_ROW (1)，同时还连接了另一个按键 U200，即侧键。知道了电路结构，故障应有两种情况：CPU 送出的行数据线 KEY_ROW (1) 断线；侧键的 1、2 端点与 3、4、5 端点短路，将高电平接地拉低，使得 1、2、3、UP 按键失灵。于是先拆除侧键 U200，加电开机试机，1、2、3、UP 按键正常，说明问题就在侧键 U200 短路，更换该按键，试机故障排除。

故障 4：一部三星 S308 手机正常使用时，有时按 1、2 键则会出现发射键功能，有时按 3 键则出现返回到待机画面，有时按 7 键则会出现打出电话的情况。

原因分析：从现象看，完全是按键错乱的故障。按键错乱一般是键盘有短路或者按键膜有发霉等因素引起。

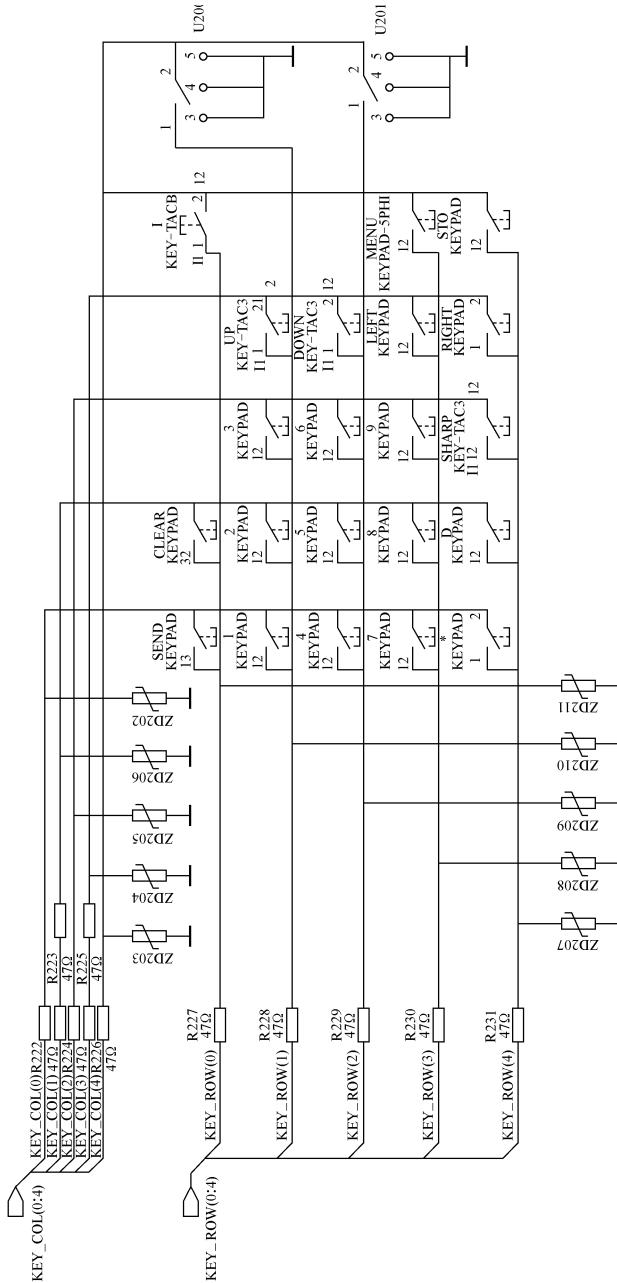


图 8-2 三星 S308 手机按键功能电路



故障检修：用橡皮擦仔细擦了每一个按键，然后加电，开机试机，故障排除，说明故障就是按键膜本身发霉漏电引起。

故障 5：摩托罗拉 3G 手机 V980 使用约 1h 后，除了开关机键，其他按键都失灵，若重启又是可以正常使用 1h，按键失灵时也能打电话进来。

原因分析：怀疑手机进水或其他原因导致主板漏电。

故障检修：拆机检查，机板没有进水迹象，也没修过。用万用表测按键圈内为 16V，圈外为 0V；测量阻值也都正常。等故障现象出现时再检查发现左上角的快捷键与 6 字键相通的电压只有 0.8V。将通往有关按键的保护管全部拆下，按键接口 IC 也拆了，故障依旧。怀疑此线路是直通 CPU 的，而 CPU 无件替换，决定通过飞线借电压，于是找了个 2.8V 的输出脚位串上 $1\text{k}\Omega$ 电阻接到这个按键线路上，试用几天，故障未再出现。

8.3 手机显示电路常见故障的检修

我们平时所看到的手机中的数字、文字、图案等信息主要是靠手机显示电路驱动显示屏来完成的。如果显示电路不正常，我们将无法看到这些信息。那么，手机显示电路常出现哪些故障呢？其检修方法又是怎样的呢？

8.3.1 显示电路的常见故障现象

显示电路的故障即显示屏故障。手机显示屏一般较常出现无显示、白屏、花屏、定屏死机显示缺笔画、显示错乱、显示黑屏、显示淡等故障现象。

8.3.2 显示电路故障检修思路

针对上述显示电路常见的故障现象，可遵循以下思路进维修检。

一般来说，无显示故障存在两种情况：一种是显示屏损坏；另一种是逻辑单元的供电、时钟及数据没有传送到显示屏上，包括导电橡胶等接触不良和控制单元故障。对于此类故障，前提是了解控制单元给显示屏的供电电压，对电路板上电压进行测量，以判断具体是哪一



种故障。

白屏、定屏死机故障一般与手机软件有关，这种情况实际上手机是没有开机的，因此是逻辑电路或者软件不良引起的，必须先进行刷机再检查逻辑硬件电路。

花屏故障一般是显示屏损坏或者显示 IC 不良或者软件不良引起，维修时先换屏，再换显示 IC，再刷软件来解决。

显示黑屏、显示淡故障是由于逻辑单元提供的负压不正常所致，负压过高显示就黑屏，过低则太淡（白屏）。图 8-3 为摩托罗拉 V3 手机显示电路。

8.3.3 显示电路常见故障检修实例

下面我们来看几则关于手机显示电路故障检修的实例。

故障 1：一部诺基亚 N70 手机在正常使用时出现无显示的故障。

原因分析：由于是正常使用中出现的无显示故障，其原因可能是显示屏损坏、显示接口 IC 损坏、显示接口接触不良或者 CPU、多媒体 IC 损坏导致的。

故障检修：先更换显示屏、显示接口 IC，故障没能排除。检查显示接口也是正常的，于是小心拆下 CPU，重植和更换装上后，试机仍无显示。然后，检测显示供电。测量显示接口 9 脚无 1.8V，说明是无供电导致的无显示。由于该供电是电源 IC 提供的，于是更换电源 IC，试机手机显示正常，故障排除。

故障 2：一部诺基亚 N70 手机摔坏后从不显示到显示花屏。

原因分析：由于该机是不小心摔到地上导致开机后无显示的。没有显示故障一般都是显示屏、显示 IC 及其接口不良导致的。

故障检修：首先，加电观察电流从 0mA 上升到 80mA 后摆动，然后回落到 10mA 微摆，说明手机是开机的，并且背光灯也亮，就是显示屏没有显示。于是先更换显示屏，手机开机有显示了，不过是显示花屏。由于是换了显示屏后的花屏，说明不是屏的问题，问题应在显示 IC 或者接口上。检查接口，没有发现有松动现象，再更换显示 IC Z4403 后。

故障 3：南方高科 SC9388 手机翻盖控制无效

原因分析：翻盖手机较容易出现此种故障，原因也很多种，比如

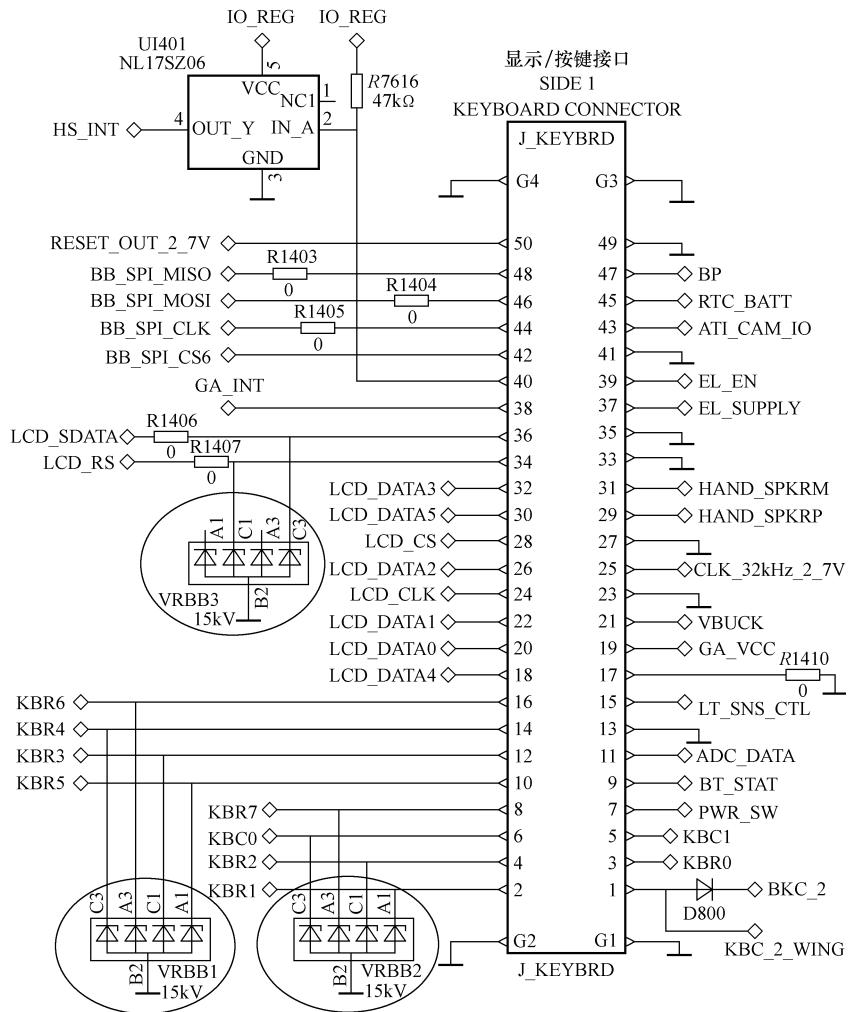


图 8-3 摩托罗拉 V3 手机显示电路图



像排线损坏，电阻损坏，有时霍尔元件损坏也可导致此现象。

故障检修：怀疑是霍尔元件损坏，换霍尔元件发现无效，检查上翻盖内小磁铁磁性良好。单板开机，用小磁铁在霍尔元件处作碰离试机，控制正常，说明主板控制电路正常。后取用摩托罗拉翻盖手机上的条形磁铁直接粘合在该机的磁铁处，翻盖功能恢复。

故障4：一部三星E808滑盖手机开机后显示模糊，出现显示倒置的故障。

原因分析：该机既然能显示，说明显示供电、显示复位、显示时钟、显示片选信号都是正常的。根据维修经验判断，一般是显示接口、显示排线或显示屏不良。

故障检修：检查主、副滑盖接口和显示排线接口，没有明显的虚焊损坏，不过还是将其一一加以处理，加电开机试机，居然显示白屏，最后换一条新的排线后，试机显示正常，故障排除。

《8.4 手机蓝牙电路常见故障的检修》

手机蓝牙的功能前面我们已经了解，手机蓝牙电路工作不正常将影响到信息和数据的传输。那么，手机蓝牙电路较常出现哪些故障呢？其检修方法又是怎样的呢？

8.4.1 蓝牙电路的常见故障现象

由于蓝牙电路启动工作，都必须与外围设备，即适配器配合使用，但用适配器时，又需要在电脑里边安装适配器驱动程序，因此故障就与电脑驱动、适配器等有关了。

一般来说，手机蓝牙电路常见的故障现象有手机启动蓝牙功能后，显示屏提示“初始化未完成，请稍候”；提示蓝牙错误；或者启动蓝牙就死机等。

8.4.2 蓝牙电路故障检修思路

在手机蓝牙电路的实际检修中，首先应检查蓝牙天线是否损坏、虚焊，此类故障加焊或更换即可；其次再检查蓝牙芯片是否有损坏、虚焊，此类故障同样加焊或者更好即可解决。



8.4.3 蓝牙电路常见故障检修实例

下面我们来看几则关于手机蓝牙电路故障检修的实例。

故障1：一部摔过的摩托罗拉 V3 手机，启动蓝牙功能失效。

原因分析：由于此机是摔后产生的故障，因此很有可能是摔地振荡而导致元器件的虚焊。

故障检修：先用外接电源加电，开机在打开蓝牙功能的同时，测量蓝牙模块的各项供电正常，发现没有 26MHz 信号产生，怀疑手机因摔地振荡而导致元器件虚焊，重点对 26MHz 晶体进行加焊后故障排除。

故障2：一部联想 P709 手机启动蓝牙功能时提示“无法连接”。

原因分析：根据原理及经验分析，蓝牙功能提示“无法连接”故障，一般是检查蓝牙天线出现了故障。

故障检修：将蓝牙天线加焊和更换后，故障仍未能排除。再加焊蓝牙 IC 后，加电开机启动蓝牙功能，可以正常搜索蓝牙设备及其手机信号，再拨打电话，可以用蓝牙接听，说明故障已经排除。

故障3：一部带有蓝牙功能的双卡双待手机，开机启动蓝牙功能正常，但是不能找到蓝牙设备。

原因分析：出现无法找到蓝牙设备的故障，可能是手机蓝牙收发射频电路不良、蓝牙适配器不良或是电脑上没有安装蓝牙适配器驱动或者驱动没安装好等引起。

故障检修：使用另外一部手机启动蓝牙功能，出现相同的结果，说明手机本身没有故障，应在适配器或者驱动问题上。由于买回蓝牙适配器时，也附带有驱动安装光盘，找到驱动光盘再次安装适配器驱动后，再次启动蓝牙试机，发现此时适配器上指示灯闪烁，说明手机蓝牙已经与适配器连接上，之后提示“正在进行初始化……”，随后即找到该手机型号，说明蓝牙已经能通过适配器正常与电脑进行数据传输了，问题得以解决。

故障4：一部金鹏 A899 双卡双待手机，启动蓝牙功能时提示“蓝牙错误”。

原因分析：这种现象发生的原因通常是软件故障。



故障检修：拆开手机，先查找蓝牙电路的硬件，没有发现明显虚焊、损坏现象。将蓝牙 IC 及其外围电路检查后，故障仍未能排除。到各大手机维修论坛网站搜索，发现也有相同的故障，回复是刷写软件后修复的，于是也查看该手机字库型号，对应到网上寻找资料，写好后，试机，启动蓝牙功能后，能进行正常的寻找蓝牙设备，故障被排除。

8.5 手机摄像电路常见故障的检修

我们平时用手机照相、摄影都是靠摄像电路来完成的，一旦摄像电路出现故障，手机将无法完成照相、摄影功能。那么，手机摄像电路较常出现哪些故障呢？其检修方法又是怎样的呢？

8.5.1 摄像电路的常见故障现象

一般来说，手机摄像电路较常出现手机不能照相、照相花屏、照相死机、照相图片不清楚发黑、显示已取消、显示未就绪等故障现象。

8.5.2 摄像电路故障检修思路

在手机摄像电路的实际维修中，以上所说的故障都不是很难解决的，只要遵循以下检修思路，一般的故障都可以解决。

第一，先拆下手机，查找接口各功能引脚的作用。

第二，将手机设置在照相功能状态，测量照相接口的供电、启动时钟、总线数据 SDA 和时钟线 SCL 都要正常。

第三，检查摄像头镜片与 CCD 之间的接触要良好。

第四，检查摄像头连接口，是否经常有进水引起的不良或者摔坏开路。

第五，检查摄像头驱动电路，首先找到同型号的驱动 IC 更换试机，再检查驱动 IC 外围的元件有无虚焊开路。

第六，检查摄像头驱动 IC 与 CPU 之间有无断线开路或者 CPU 本身损坏。

第七，检查软件是否出现了问题，因为软件问题也是导致摄像头电路不能正常工作的主要原因。



8.5.3 摄像电路常见故障检修实例

下面我们来看几则关于手机摄像电路故障检修的实例。

故障1：一部摩托罗拉L7手机无法拍照，进入照相功能时显示“系统正忙，请稍等”提示。

原因分析：这种现象发生的原因一般是摄像电路某元器件或接口出现了虚焊。

故障检修：检查摄像电路各元器件、接口没有虚焊的现象，在重装照相头无效的情况下，将其更换后，故障排除。

故障2：一部摔过的诺基亚N70手机打开照相功能时提示“照相错误”。

原因分析：由于是摔过的手机，应首先怀疑是摄像电路元器件由于振荡而接触不良。

故障检修：将手机后板主照相头拆下，重装后试机出现同样的现象。于是在图8-4中电容C1476上测量供电。结果为0V，显然是没有供电，由于其供电由N1472来提供（见图8-5），因此检查该供电管，在输入供电电容C1479上可测到电池供电3.6V，说明该管本身的供电是正常的，问题还是管子本身，于是更换该供电管。开机进入照相状态，按下照相功能键，试机，照相功能恢复正常。

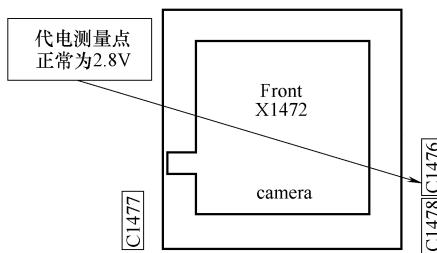


图8-4 电容上供电测量点

故障3：一部进水的诺基亚N70手机打开照相功能时提示“照相机没有准备好，请重新启动”。

原因分析：由于该机的故障现象是进水导致的，因此应怀疑摄像

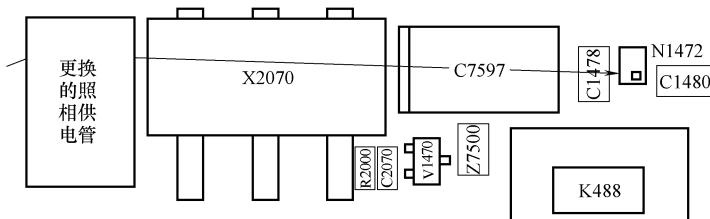


图 8-5 更换的照相供电管 N1472

电路中某元器件短路或是损坏。

故障检修：首先更换摄像头，试机故障仍如此。从原理分析，摄像头工作时需要视频处理器（即摄像驱动 IC）的时钟、复位、总线来启动控制，因此检查视频处理器（即摄像驱动 IC），更换摄像驱动 IC 后，故障排除。

故障 4：一部摔过的诺基亚 N70 手机，开机后其他功能正常，但无照相及闪光功能。

原因分析：由于该机是由于摔坏导致的无照相功能，一般是摄像头摔坏或者虚焊。

故障维修：将摄像头拆下后，更换摄像头可以照相。但开启闪光灯时，无闪光功能。首先更换驱动 IC，试机仍无闪光，于是测量图 8-6 中升压电感 L1473，阻值为无穷大，说明是内部开路损坏，将其更换，试机闪光正常，故障排除。

故障 5：一部三星 E808 手机，开机时出现“照相预览错误”。

原因分析：从现象来看，应该是未能启动照相功能，可能是摄像驱动 IC 出现了故障。

故障检修：检查摄像驱动 IC 的 1 脚的照相供电启动信号 CAMERA_FLASH_EN，结果在启动照相功能时，没有 2.75V 的高电平，说明有断线点，于是从排线座的 30 脚飞线至此，最后试机，可以照相，故障排除。如图 8-7 所示。

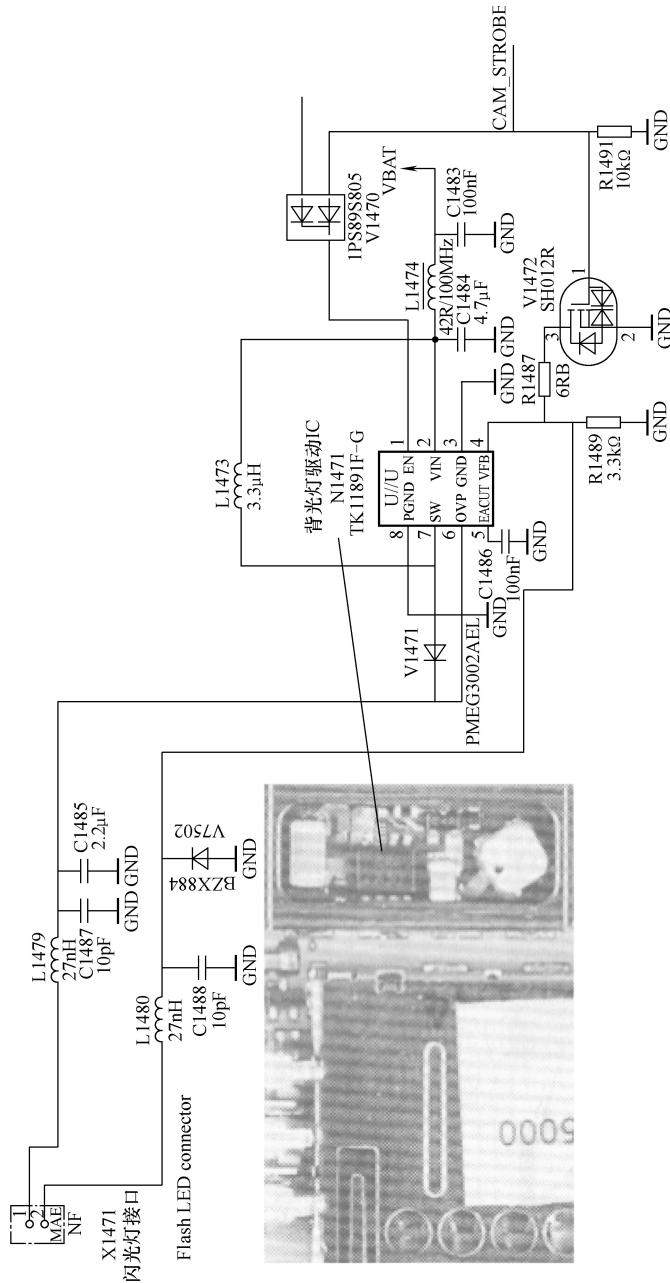


图 8-6 摄像闪光灯驱动 IC 电路原理图

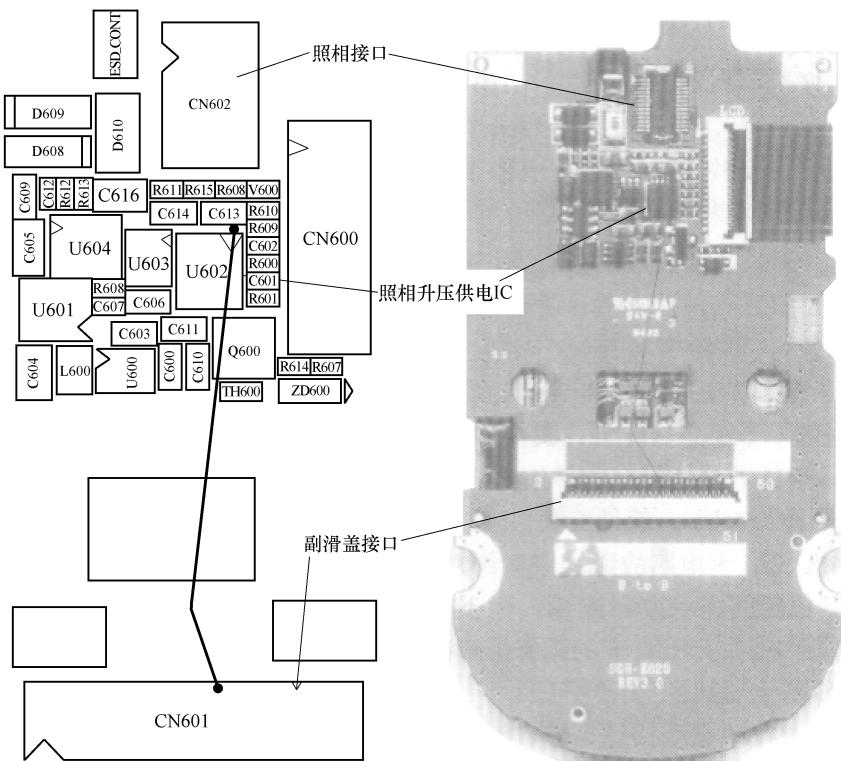


图 8-7 排线座的 30 脚飞线到摄像驱动 IC 的 1 脚

参 考 文 献

- [1] 王银. 手机维修速成图解 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2008.
- [2] 李波勇. 手机维修技术基础 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
- [3] 张兴伟, 等. 手机电路原理与维修 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [4] 刘南平, 等. 手机原理与维修 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2008.
- [5] 陈学平. 手机故障维修技巧与实例 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [6] 张兴伟, 等. CDMA 手机电路揭密 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [7] 廉诗阳, 等. 手机维修技术入门与实践 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [8] 张兴伟. WCDMA 手机电路原理与维修 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [9] 梅秀江. 手机维修技能 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [10] 宋俊德, 等. 3G 原理、系统与应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.

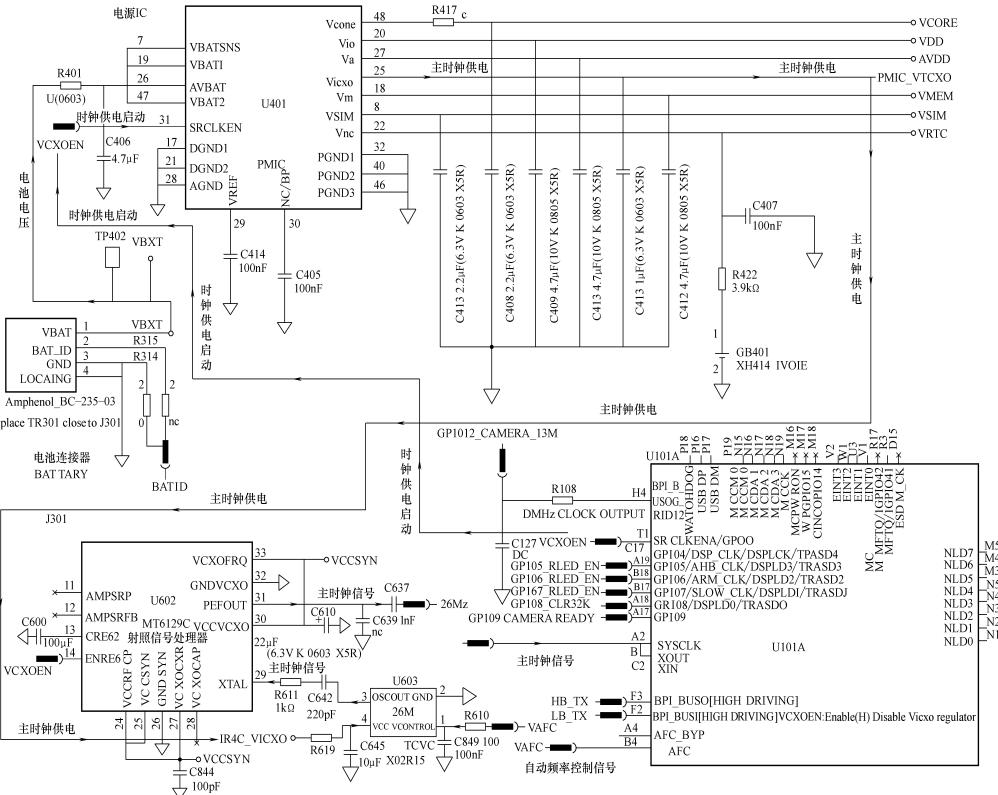


图 4-16 主时钟电路的组成

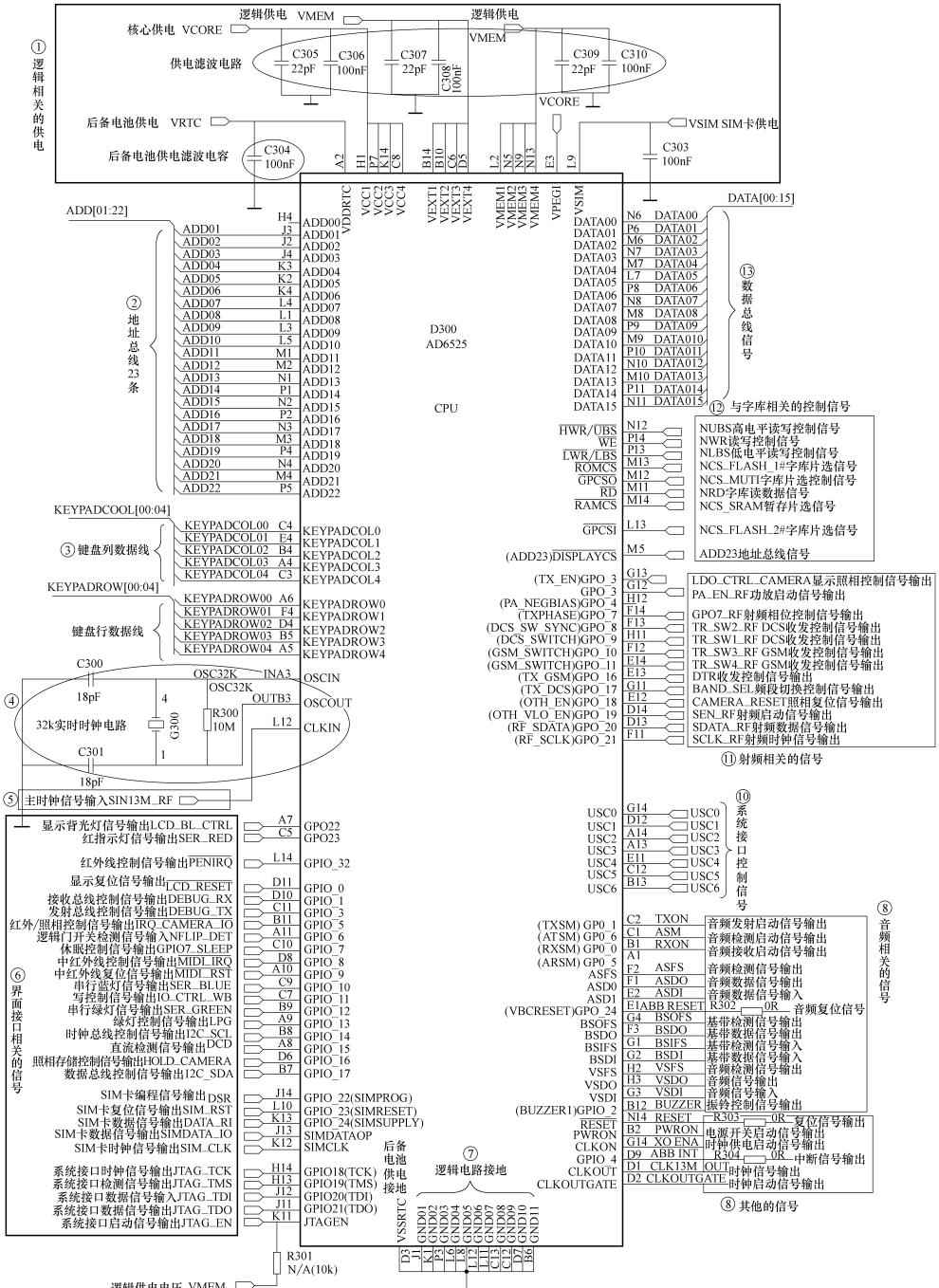


图 4-29 手机逻辑电路结构原理图

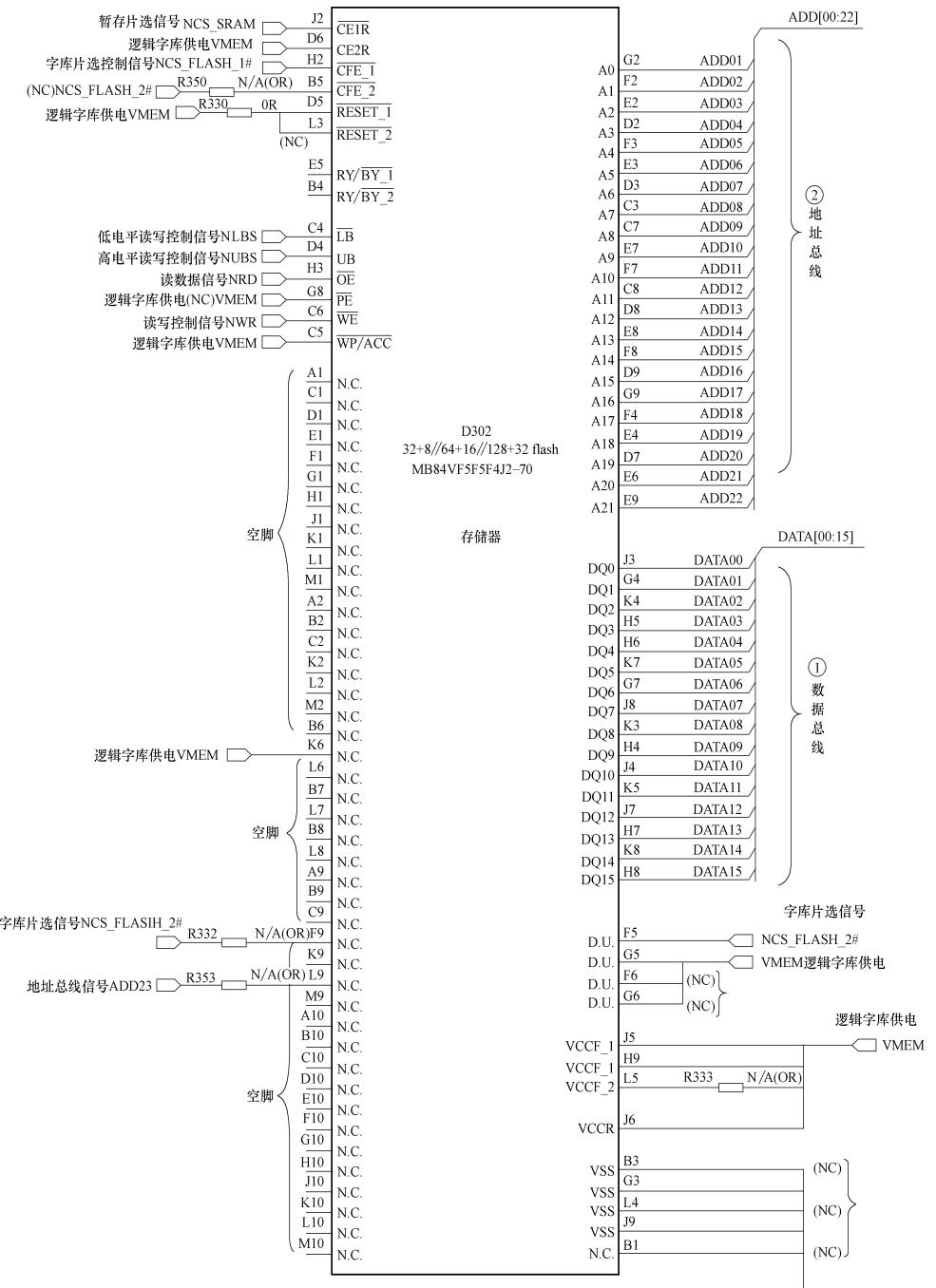


图 4-30 存储器的相关功能引脚结构图

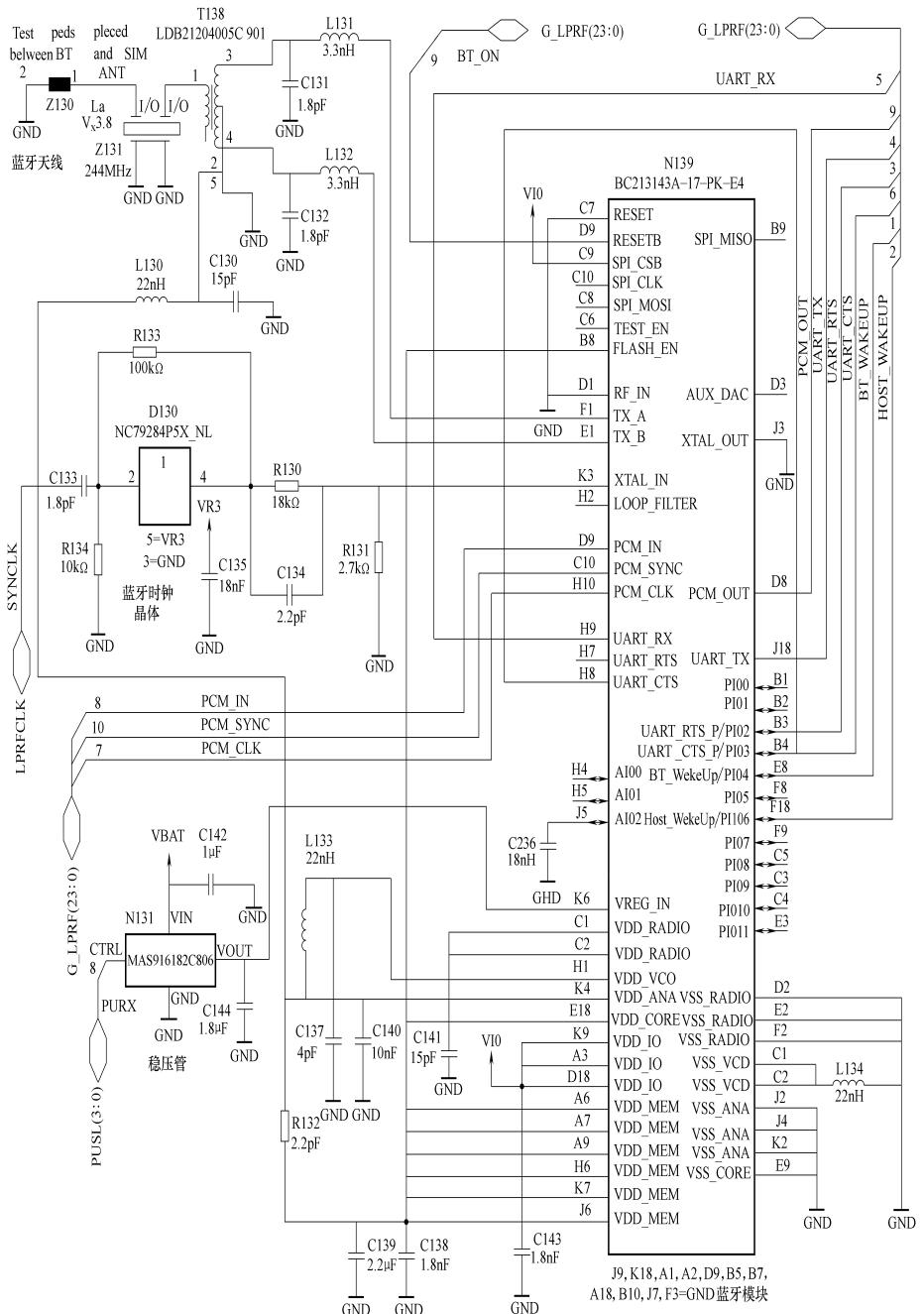


图 4-51 手机蓝牙电路结构原理图

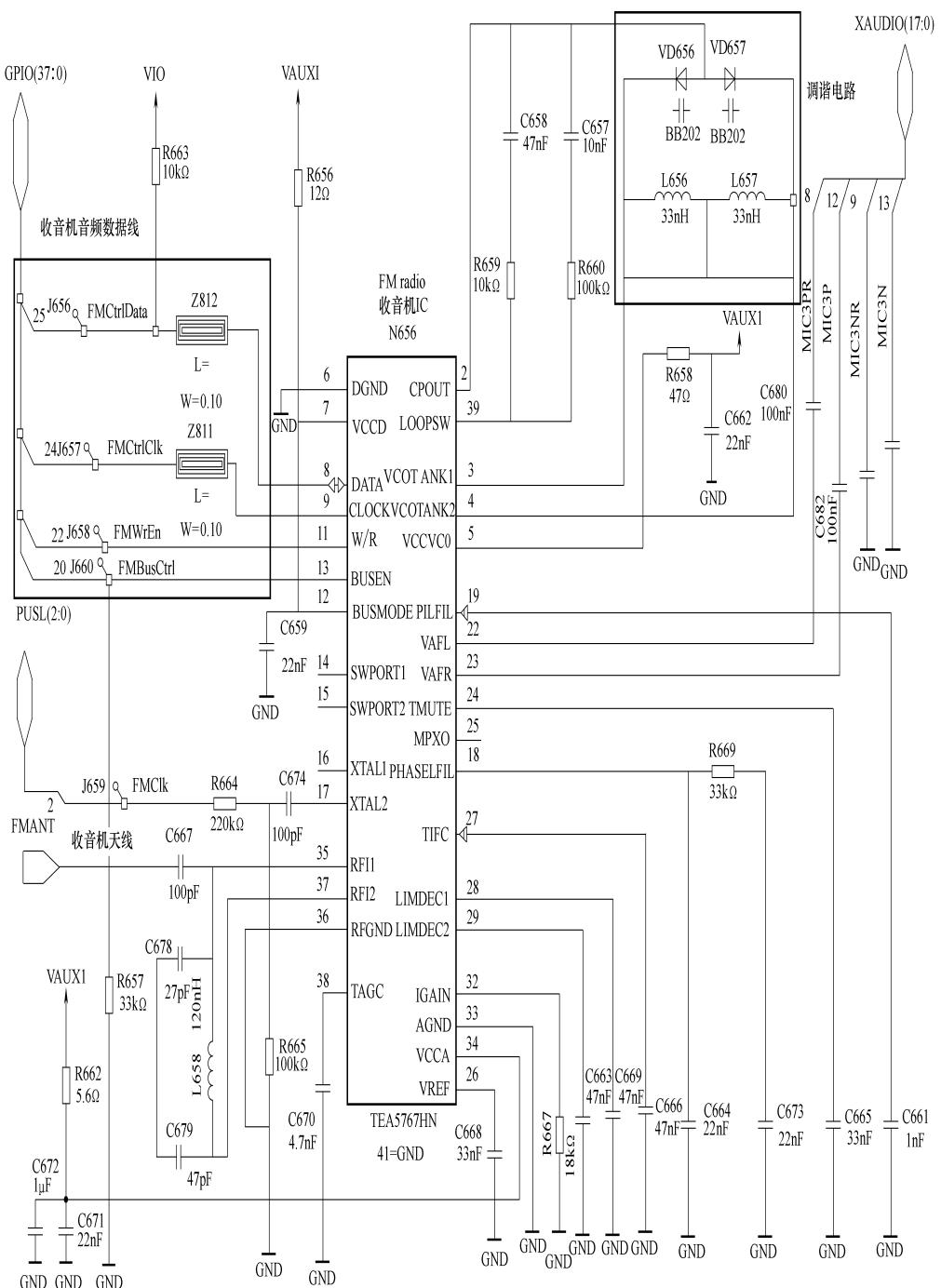


图 4-56 手机的收音机电路结构原理图

电工电子技能培训 大讲堂

电子元器件的选用与检测即学即用

常用电子元器件使用技巧

电子元器件选用快速入门

电工电子工具与仪表速培教程

常用电器检测方法与拆修技能速训

常用电器易损件检测与换修技能快速入门

家用电器单元电路识图与故障分析

家用电器检测与维修技术

显像管检测与再生技能短训教程

电工安全一点通

电工技能学用速成

图表速学电工技能

常见电气故障快速诊断与维修

新编实用电子电路208例

空调器原理与维修即学即用

电动自行车维修入门精要与速修技巧 第2版

电动自行车养护与修理精答

手机维修入门精要与速修技巧 第2版

微波炉维修入门精要与速修技巧

上架指导：工业技术 / 电气工程 / 家电维修

ISBN 978-7-111-37074-1

策划编辑：朱林 / 封面设计：鞠杨

ISBN 978-7-111-37074-1

地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100037

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

封面无防伪标识均为盗版

读者购书热线：(010)88379203

定价：28.00元



9 787111 370741 >