

第五章 手机电路分析

学习目标:

1. 掌握手机电路的构成。
2. 掌握手机的电源电路的构成及工作原理。
3. 掌握手机的发射电路的构成及工作原理。
4. 掌握手机接收电路的构成及工作原理。
5. 掌握手机的显示电路、卡电路、键盘电路等其他电路的构成及工作原理。

目前,手机制式主要包括 GSM(含 GPRS)、CDMA、3G (TD-SCDMA、WCDMA、CDMA2000) 三种;虽然小灵通现在已经开始淡出市场,但是其过去存在客户量非常多。手机终端逐渐向智能化、芯片化、小型化方向发展;芯片厂商联发科技为手机生产厂家提供手机芯片的整体解决方案,大大提高手机芯片集成度,使手机制造更加容易。但是我们从一般原理框图的角度来看,无论是那种制式的手机,无论是那种外观的手机,其整体电路结构都有相似之处,所以我们以目前用户量最大的 GSM 制式手机为例,来分析手机电路。

一般来说, GSM 手机可以分为四个部分:射频电路部分、逻辑/音频部分、输入输出部分、电源部分。如图 5-1 所示, GSM 手机电路原理简略框图。这四个部分相互联系,组成一个有机的整体。在现在的手机电路中,因为芯片集成度的提高,这四个部分的区别并不特别明显。

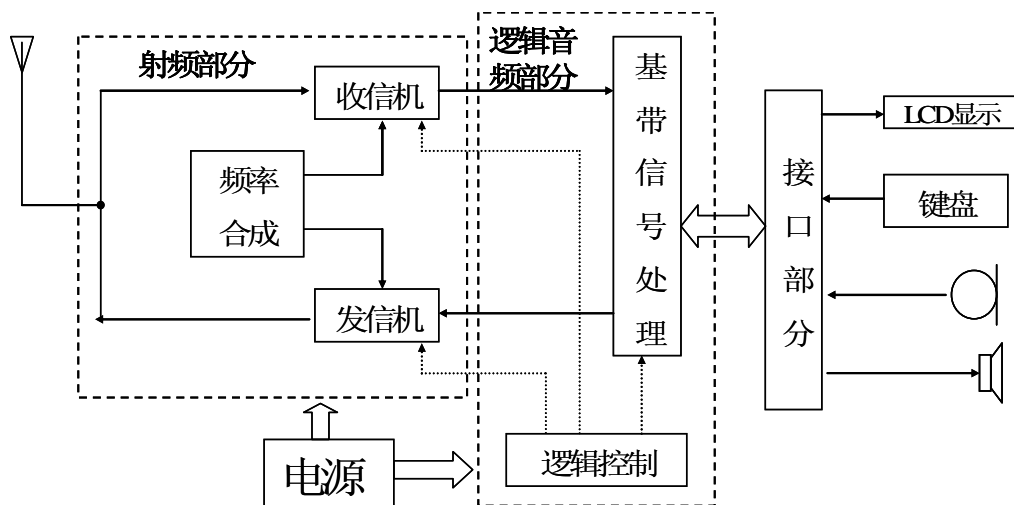


图 5-1 GSM 手机电路原理简略框图

射频电路部分包括收信机(接收机)、发信机(发射机)、频率合成器;主要完成接收信号的下变频和发射信号的上变频。逻辑/音频部分主要包括基带信号处理和逻辑控制。逻辑控制相当于人的大脑,完成对整机的控制功能。

GSM 手机天线感应来自基站的无线电磁波信号,并转换为微弱高频电流,送到射频部分的收信机(接收机),然后经过逻辑音频部分基带信号处理,最后送到接口部分,驱动听筒发出声音,或者送到 LCD 显示。GSM 手机发射信号是一个相反的过程。

这里,大家一定会问,现在的手机什么蓝牙、红外线、MP4 等功能众多,为什么在图 5-1 中没有反映出来? MP4 播放声音和视频,这个容易理解,在逻辑音频部分对 MP4 文件进行处理,然后把送声音到听筒,送视频到 LCD 显示。那么蓝牙和红外线呢? 蓝牙和红外都是属于无线通信方式,蓝牙工作在 2.4GHz 频带,带宽为 1Mb/s,是一种支持设备短距离

通信（一般是 10m 之内）的无线电技术。在有的手机中有专门的蓝牙处理芯片，进行基带信号和蓝牙信号之间的转换。

在现代的手机电路中，逻辑/音频部分往往集成在一个芯片中，即完成基带信号处理又完成整机控制功能，又被称为 CPU（中央处理器）。手机中为了存储信息，如电话簿、短消息等，还设置了存储器，有 E²prom、Flashrom 等。功能强大的手机，还装有专门开发的操作系统如 Symbian 系统、Windows Mobile 系统等。

下面我们就手机电路的各个部分进行分模块讲解。

5.1 手机电源电路

5.1.1 手机电源基本电路

电源电路是手机工作的“心脏”，整机电源给手机提供能量，必须能满足手机内部不同功能电路工作所需要的不同的电压和电流。电源电路是手机中非常重要的，也是故障率较高的电路。

手机采用存储电能的电池供电，电池电压是手机供电的来源。目前流行的手机电池是锂电池，如图 5-2 所示，其内部结构类似于几节干电池串联起来，一般情况下，手机电池分别有三个金属触片式的引脚，分别是电池正极（BATT）、电池地（GND）、温度检测端（TEMP），有的还有电池信息引脚（BSI、BATD 等）。有的厂家为了防止手机用户使用非法电池而设置了电池识别电路，通过电池信息引脚对电池类型进行检测。电池输出正极电压通过电池接口进入手机内部，做为整机总电源，也就是 B+电压或者 BATT、VBATT。



图 5-2 手机电池

各厂家生产的手机电池，电压一般在 3.6V—4.2V 之间，在使用过程中，随着电能的减小，其整机手机电池电压稍微降低，所以手机电池电压是一个不稳定的电压。手机中的各个功能电路对电压电流的稳定度精度要求是不一样的。逻辑音频部分要求高精度高稳定度的电压电流，有的手机其逻辑音频部分电压精度已经达到 0.001V，手机电池电压不能满足要求，必须通过集成直流稳压电路（电源 IC）产生新的不同的各路电压；而像手机功放、马达（振子）这类功耗性元件对电流电压电压要求不高，可以直接采用手机电池电压。为了满足不同电路工作电压的要求，以及射频电压逻辑电压之间相互不干扰，手机电源采用分开供电模式，如图 5-3 所示。

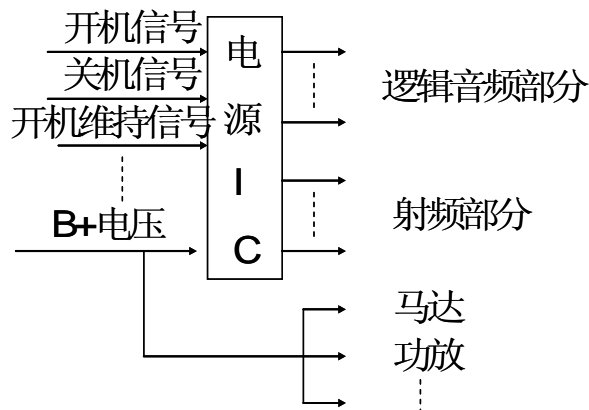


图 5-3 手机电源供电模式

稳压电源 IC 输出的各路电源根据需要分别供给逻辑音频部分和射频部分。同时，手机电源是受控电源，控制信号比较多，要受到开关机控制、开机维持信号控制。这些控制信号都是控制电平实现的。有的手机的稳压电源还有检测电池电量的功能，在手机电池电压过低的情况下自动关机，进而保护手机。

手机电源电路中还有一些基本的电路。

1. 电池供电电路

电池供电电路是指外接电源或者电池供电到手机的转换电路和保护电路。手机电池电压和外接电源电压经过电池供电电路以后，一般称为 B+ 电压或者 BATT、VBATT 等。

2. 开机信号电路

手机开机以后，手机各个功能电路才会得到工作电压，关机以后就没有工作电压。所以稳压电源 IC 要受到手机开关机信号的控制。手机开机第一步是通过按下开关机键，产生开机信号，去触发启动稳压电源。开机信号常用 ON/OFF、POWERON、POWERKY 等表示。

手机的开机方式有两种：一种是高电平开机方式，当开关键被按下时候，开关键触发端接到电池电压，用高电平去触发启动电源 IC。二种是低电平开机方式，当开关机键被按下时候，开关键触发端接地，用低电平去触发启动电源 IC。这两种方式没有好坏之分，在电路图中观察，如果开机键一端接电池正极，则是高电平开机方式，如果开机键一端接电池地，则是低电平开机方式。

3. 升压电路

由于电池电压较低，而有些电路需要较高工作电压，或者电池电压随着用电时间增长而降低，所以手机中常采用升压电路。当然并不是所有的手机都有升压电感，要看手机厂家和手机电路设计而定。

升压电路本质是开关稳压电源，由电感、电源模块（一般是稳压电源 IC，提供电子开关）、放电电容、续流二极管等配合组成，完成对手机电池电压小幅度提升，如图 5-4 所示。升压电路中的电感经常被称为升压电感，或者是储能电感。

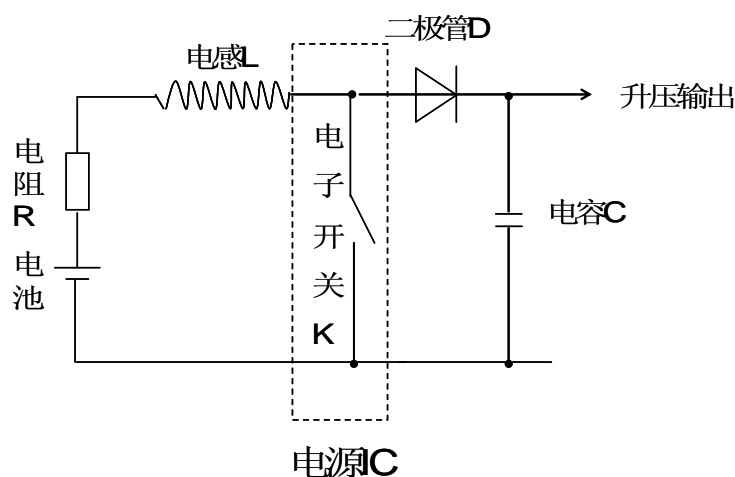


图 5-4 升压电路

在图 5-4 中，当电源 IC 内部的电子开关闭合时，有一电流通过升压电感 L，这是电感便

存储了电磁能量，但并没有产生感应电动势，当开关断开时候，电流突然跳变为零，电流变化率很大，电感就产生一个较强的感应电动势。电子开关通过一个开关方波来控制开关的不断动作，便产生连续不断的脉冲电压，再经过整流滤波电路即可实现升压。电子开关的开关方波的频率影响升压值。升压电路输出电压一般又被送回到电源 IC，经过稳压，输出各路稳压电压。

4.受控电压输出电路

手机中，稳压电源输出电压一部分是受控电压，为什么要受控呢？一方面是这个电压在需要的时候就输出,在不要需要的时候就不能出现,否则手机就不能正常工作,就像是舞台上各个角色一样,在该出场的时候才出现。另外一方面，部分电压在不需要时候不输出，也能节省电能，延长电池使用寿命。

手机中的受控输出电压大部分是供给手机射频电路中的间隙工作的电路如发射压控振荡器、功放等。受控电压受到 CPU 输出的控制信号的控制，控制信号为脉冲信号，可以用示波器测量观察。

还有一部分电压是非受控电压，即只要手机处于开机状态就存在的电压，是维持手机待机必须的工作电压。这部分电压一般是供给逻辑电路、音频电路、基准时钟电路。

受控电压为脉冲电压，需要用示波器测量，用万用表测量小于标称值；非受控电压为直流电压，用万用表测量，电压值就标称值。

5.机内充电器电路

手机电池充电有两种方式，一种是将电池取下，放在专用的充电器上充电，称为“座冲”；一种是外接电源直接插在手机充电接口上面对手机电池充电，这种在手机内部有充电器电路。

手机内部充电电路是利用外接电源，称为 EXT-B+，为手机电池充电，同时为整机供电，这种充电方式又称为“直冲”。

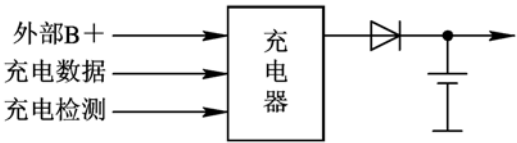


图 5-5 机内充电器

如图 5-5 所示，外部 B+就是外接充电电源；充电数据是来自于 CPU 的信号，是默认设定的；充电检测端是检测手机电池是否充满；二极管隔离充电器和手机电池，防止手机电池充满以后发生倒灌。

5.1.2 手机电源电路的基本工作过程

手机机型不同，其电源设计也不完全相同，各有特点。多数机型是利用独立的稳压电源模块 IC 来供电，如 NOKIA3210 等；有一些机型是把电源和音频处理集成在一起，如摩托罗拉系列；还有一些机型用若干个小的电源模块来供电，如三星 SGH600/800 等。

手机电源电路的启动和关闭的基本过程实际上就是手机开机和关机的过程。

手机电源开关机电路如图 5-6 所示。

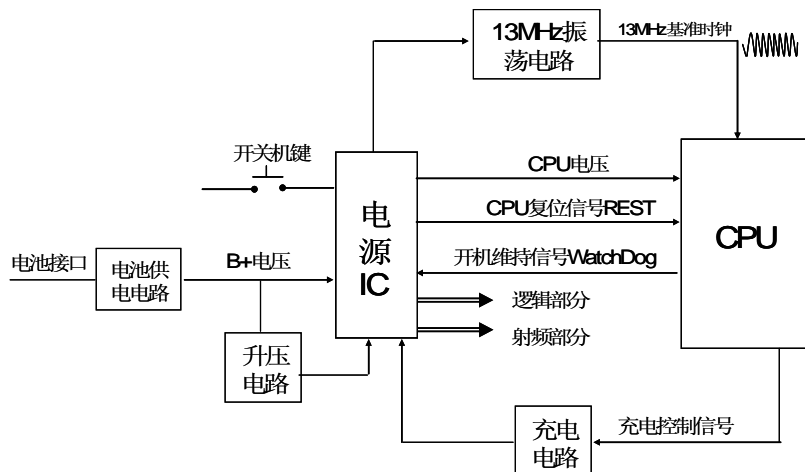


图 5-6 手机电源开关机电路

手机的开机过程：原来手机处于关机状态，电池供电正常，按下开关机键，产生高电平或者低电平的开机信号，电源 IC 在开机信号触发下开始启动，将 B+电压升压以后的电压通过内部的稳压电路稳压，产生各路稳压电压供给手机各个部分，逻辑电压和射频电压是分开供给，同时还产生 CPU 复位信号。其中一路电压是供给 CPU，供 CPU 正常工作需要，一路供给 13MHz 振荡电路，也称基准时钟电路，产生 13MHz 基准时钟作为 CPU 时钟信号。CPU 在具备供电、时钟、复位这三大开机条件下，开始启动，从存储器内调出初始化程序，对整机进行自检，包括逻辑部分自检、显示屏开机画面显示、振铃器自检、背景灯自检等。如果自检通过，CPU 给出开机维持信号，又称 Watchdog（看门狗）信号，送给电源 IC，以代替开机键产生的开机信号，维持电源 IC 正常供电，进而维持手机正常开机。

当然，不同手机的开机流程并不完全相同。

5.2 手机充电电路

市场所谓的充电器，实际上是适配器，我们有必要区分这两种功能。适配器主要是把交流市电转换成直流电，根据电池的规格提供相应的电压电流，一般采用恒压恒流方式，能够隔离主电压和危险电压，对市电波动有一定耐受力，需要时可安全关断。

而充电器的主要功能是把充电电流限制在一个安全水平上，主要采用恒流方式，能检测充电的完成，根据某种算法终止充电以延长电池寿命，若发现电池异常可终止充电。GSM 手机通常包含充电功能，与手机配套的只需适配器。

电池充电过程中，电池和充电器内部的电路都会产生热量，若散热不佳导致热量聚集会影响电池正常的化学反应过程，造成电池的热失效，因此，电池的设计应能防止电池温度的异常上升。必要时，电池的充电和放电应设定安全限流，防止电流过大而产生过多热量。

一般来说，机内的充电电路由充电控制集成 IC、电源模块、中央处理器等部分构成。同时充电器应有短路的自动保护功能。将充电器输出短路，充电器应能自动保护，故障排除后应能自动恢复工作。

[illegible]

工作原理如下:当插入充电电源 CHRGR 时,充电电压 CHRGR+经 F200、滤波电感 L202 后,直接送充电控制 IC N200 的 A2—A5 脚输入与此同时,还送给充电电源,检测 R209、R210 分压,将检测信息经电源 IC N201 的 A3 脚输入,再送给中央处理器 D300。这样,中央处理器就得到了已接入充电电源信息,从而启动运行充电程序,来控制带机充电工作,在中央处理器的控制下,使电源 IC N201 的 B5 脚输出 PWM 充电控制信号,送给充电控制 IC N200 的 F2 脚输入,控制 N200 内部的充电开关动作。当 PWM 信号为高平时,充电开关将闭合导通,充电电压 CHRGR+从 N200 的 A2—A5 脚输入,经内部开关,N200 的 C6、D6 脚输出给电池充电。

为了使诺基亚 3310 手机在充电中，防止意外事故的发生与影响，使手机处于危险的境地。本机采取了相应的保护措施，对手机进行保护。

5.3 手机接收电路

射频部分的接收电路主要是将手机接收的 935MHz—960 MHz(GSM900 频段)或者 1805—1880 MHz 的射频信号,进行下变频,解调得到 67.707 KHz 的接收模拟同相/正交基带信号(RXI/O 信号),然后 RXI/O 信号送到逻辑/音频部分处理还原出声音。

手机的接受电路常采用超外差接收机。这是因为天线感应接收到的信号十分微弱，而解

调要求的输入信号电平较高而且稳定。放大器的总增益一般需在 120 dB 以上。这么大的放大量，要用多级调谐放大器是很难办得到的。另外高频选频放大器的频带宽度太宽，当频率改变时，多级放大器的所有调谐回路必须跟着改变，这也是难以做到的。超外差接收机则没有这种问题，它将接收到的不同频点的射频信号转换成一个固定的中频频率，这样，用来处理信号的这个固定中频与手机接收频率有差值，所以称为超外差，其主要增益来自于稳定的中频放大器。

超外差手机接收电路部分一般包括天线（ANT）、 天线开关、 射频滤波、 射频放大（LNA 低噪声放大器）、下变频、 中频滤波、 中频放大（IF Amplifier）、 解调电路（Demodulator）等，手机接收电路框图如图 5-8 所示。

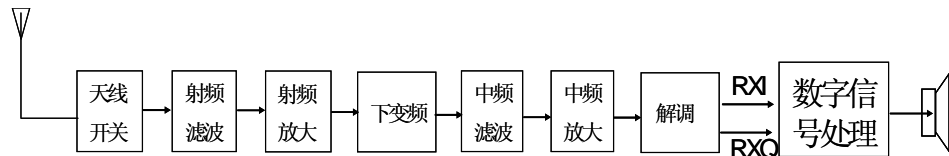


图 5-8 手机接收电路框图

超外差接收机的核心电路是下变频，下变频的功能是混频器来完成。根据接收机电路中混频器的数量可以分为超外差一次变频接收电路、超外差二次变频接收电路、直接变频线性接收电路。

1.超外差一次变频接收电路

接收机射频电路中只有一个混频器的称作超外差一次变频接收机。手机接收到得射频信号经过一次变频就得到中频信号，超外差一次变频接收电路如图 5-9 所示，。

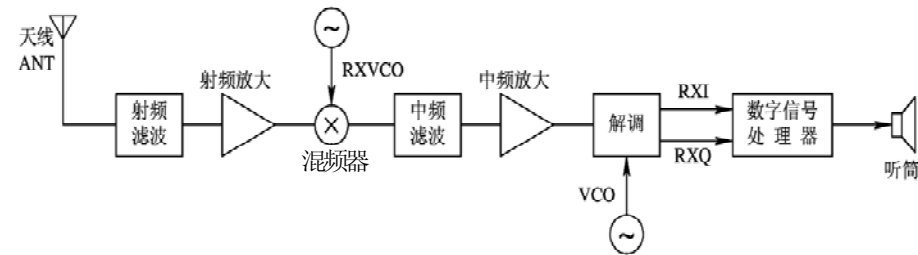


图 5-9 超外差一次变频接收电路

天线感应到的基站发出信号经天线电路和射频滤波器进入接收机电路。接收到的信号首先由低噪声放大器进行射频信号放大，放大后的信号再经射频滤波器后被送到混频器。在混频器中，射频信号与接收本振 RXVCO 信号进行混频，得到接收中频信号。中频信号经中频放大后，在中频处理模块内进行 RXI / Q 解调，解调所用的参考信号来自接收中频 VCO。解调得到 67.707 kHz 的 RXI / Q 信号。RXI / Q 信号在逻辑音频电路（数字信号处理器 DSP）中经 GMSK 解调、去交织、解密、信道解码、PCM 解码等处理，还原出模拟的话音信号，推动听筒发出声音。

射频信号经过一次下变频、一次解调就得到 RXI / Q 信号。摩托罗拉手机接收电路大多采用超外差一次变频结构。

2.超外差二次变频接收电路

与一次变频接收机相比，二次变频接收机多了一个混频器和一个 VCO，这个 VCO 在一些电路中被叫做 IFVCO 或 VHFVCO，如图 5-10 所示。

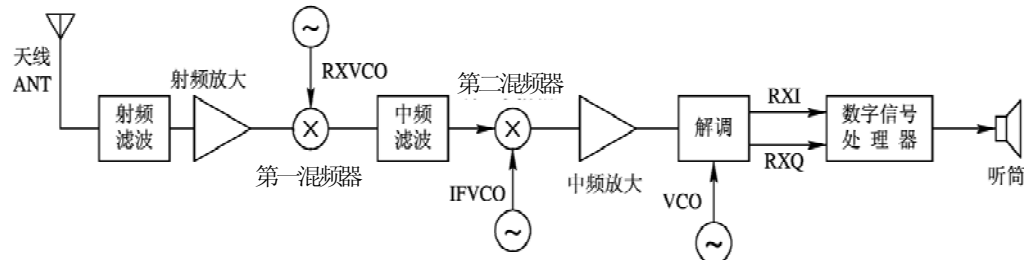


图 5-10 超外差二次变频接收电路

第一混频器中，经过滤波放大后的射频信号与第一接收本振 RXVCO 信号进行混频，得到接收第一中频信号。第一中频信号与接收第二本机振荡信号 IFVCO 混频，得到接收第二中频。接收第二中频信号经中频放大后，在中频处理模块内进行 RXI / Q 解调，得到 67. 707 kHz 的 RXI / Q 信号在逻辑音频电路中经 GMSK 解调、去交织、解密、信道解码、PCM 解码等处理，还原出模拟话音信号推动话筒发出声音。在有的手机中 RXI / Q 解调所用的参考信号 VCO 是第二本机振荡信号 IFVCO 的二分频信号。

射频信号经过二次下变频、一次解调就得到 RXI / Q 信号。诺基亚、爱立信、三星、松下和西门子等公司生产的移动电话机的接收机电路大多数属于这种电路结构。

3. 直接变频线性接收电路

早期的手机接收机电路结构基本采用上述两种电路结构。但随着新型手机的面世，一种新型接收机电路结构——直接变频线性接收电路，如诺基亚 8210 型移动电话机。这种接收机的电路结构如图 5-11 所示。

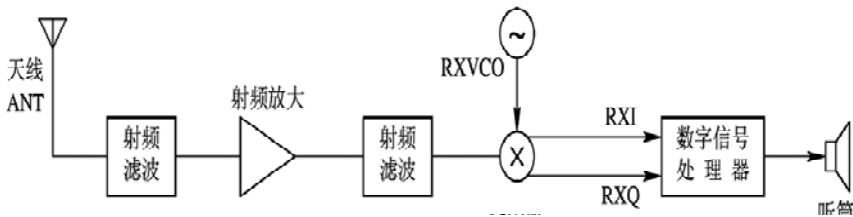


图 5-11 直接变频线性接收电路

前面的两种接收电路，其 RXI / Q 信号都是解调器解调输出的，而在直接变频线性接收电路中，混频器输出的直接就是 RXI / Q 信号。

射频信号通过混频直接一次就变成了 RXI / Q 信号。

.....