

第一章 GSM系统与手机相关知识

第一节 GSM系统

一、GSM的发展史

在 1981 年，模拟蜂窝移动通信系统已经遍及欧洲。这时，在欧洲成立了一个德国和法国的联合研究小组，开始研究数字蜂窝技术和全欧洲蜂窝系统连网的可能性。1982 年，在欧洲邮电协会（CEPT）组织内成立了一个称为 “Group Special Mobile”（GSM）的工作组，继续德、法的研究工作。同年，18 个国家签署了一项谅解备忘录（MOU），他们将共同参与 GSM 系统的开发研究，并计划在 1991 年之前开通 GSM 系统。到了 1986 年，研究工作有所进展，在欧洲电信标准协会（ETSI）内成立了永久性的核心研究小组，制定了未来 GSM 数字蜂窝系统的规范， 1989 年 GSM 被接纳为欧洲电信标准协会组织。

在欧洲电信标准协会的领导下，GSM 被更名为：Global System for Mobile communications，相应的工作小组也从 GSM 更名为 SMG（Special Mobile Group）。这些名词的更换避免了把系统的名称和从事系统规范制定的人员的名称相混淆，它同时也采用了 ETSI 的官方语言—英语。

表 1—1 GSM 发展历史

时 间	内 容
1982	在 CEPT 内创建 GSM 机构
1986	永久性机构成立
1987	选择主要无线传输方案
1989	GSM 成为 ETSI 技术委员会中的研究机构
1990	确定 GSM900 规范，开始制定 DSC1800 规范
1991	第一个 GSM900 系统开始运行，确定 DCS1800 规范
1992	GSM 系统开始规模投入商业经营
1994	GSM900 来到中国

二、GSM 工作频段

GSM 是首先引入 900MHz 频段的数字蜂窝系统。900MHz 频段包括两个 25MHz 带宽的子频段，即 890~915MHz 以及 935~960MHz，如图 1—1 所示。

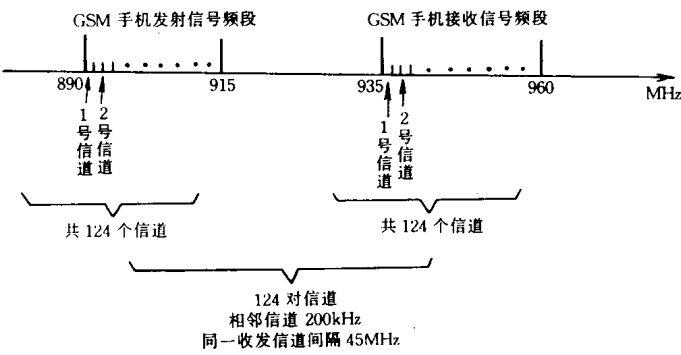


图 1-1 GSM 频段分配图

这并不是说整个频段必须用于 GSM，尤其是在系统开始建设时。然而运营商一般不会将此频段用于其它用途，大部分国家或地区都有几个运营商。每个手机必须能够使用整个频段，以使用户的漫游。1990 年，GSM 的规范扩展出一个分支—DCS1800，即使用新的频段，这个新的频段包括 1710~1785MHz(收)和 1805~1880MHz(发)。DCS1800 系统出现的主要目的是期望形成个人通信网（PCN）和加强移动通信业的服务竞争和质量提高。DCS1800 的信道号为 512~885，而 GSM900 的信道号为 1~124。GSM900 的信道与频率具体对应关系如表 1—2 所示。

三、GSM900 工作信道

表 1—2 GSM900 信道号与频率对照表

载频序号 绝对信号（ARFCN）	接收频率 基站到手机 MHz	发射频率 手机到基站 MHz	载频序号 绝对信号 （ARFCN）	接收频率 基站到手机 MHz	发射频率 手机到基站 MHz
001	935.20	890.20	063	947.60	902.60
002	935.40	890.40	064	947.80	902.80
003	935.60	890.60	065	948.00	903.00
004	935.80	890.80	066	948.20	903.20
005	936.00	891.00	067	948.40	903.40
006	936.20	891.20	068	948.60	903.60
007	936.40	891.40	069	948.80	903.80
008	936.60	891.60	070	949.00	904.00
009	936.80	891.80	071	949.20	904.20
010	937.00	892.00	072	949.40	904.40
011	937.20	892.20	073	949.60	904.60
012	937.40	892.40	074	949.80	904.80
013	937.60	892.60	075	950.00	905.00
014	937.80	892.80	076	950.20	905.20
015	938.00	893.00	077	950.40	905.40
016	938.20	893.20	078	950.60	905.60
017	938.40	893.40	079	950.80	905.80
018	938.60	893.60	080	950.00	906.00
019	938.80	893.80	081	951.20	906.20
020	939.00	894.00	082	951.40	906.40
021	939.20	894.20	083	951.60	906.60
022	939.40	894.40	084	951.80	906.80
023	939.60	894.60	085	952.00	907.00
024	939.80	894.80	086	952.20	907.20
025	940.00	895.00	087	952.40	907.40
026	940.20	895.20	088	952.60	907.60

续表

载频序号 绝对信号 (ARFCN)	接收频率 基站到手机 MHz	发射频率 手机到基站 MHz	载频序号 绝对信号 (ARFCN)	接收频率 基站到手机 MHz	发射频率 手机到基站 MHz
027	940.40	895.40	089	952.80	907.80
028	940.60	895.60	090	953.00	908.00
029	940.80	895.80	091	953.20	908.20
030	940.00	896.00	092	953.40	908.40
031	941.20	896.20	093	953.60	908.60
032	941.40	896.40	094	953.80	908.80
033	941.60	896.60	095	954.00	909.00
034	941.80	896.80	096	954.20	909.20
035	942.00	897.00	097	954.40	909.40
036	942.20	897.20	098	954.60	909.60
037	942.40	897.40	099	954.80	909.80
038	942.60	897.60	100	955.00	910.00
039	942.80	897.80	101	955.20	910.20
040	943.00	898.00	102	955.40	910.40
041	943.20	898.20	103	955.60	910.60
042	943.40	898.40	104	955.80	910.80
043	943.60	898.60	105	956.00	911.00
044	943.80	898.80	106	956.20	911.20
045	944.00	899.00	107	956.40	911.40
046	944.20	899.20	108	956.60	911.60
047	944.40	899.40	109	956.80	911.80
048	944.60	899.60	110	956.00	912.00
049	944.80	899.80	111	957.20	912.20
050	945.00	900.00	112	957.40	912.40
051	945.20	900.20	113	957.60	912.60
052	945.40	900.40	114	957.80	912.80
053	945.60	900.60	115	958.00	913.00
054	945.80	900.80	116	958.20	913.20
055	946.00	901.00	117	958.40	913.40
056	946.20	901.20	118	958.60	913.60
057	946.40	901.40	119	958.80	913.80
058	946.60	901.60	120	959.00	914.00
059	946.80	901.80	121	959.20	914.20
060	947.00	902.00	122	959.40	914.40
061	947.20	902.20	123	959.60	914.60
062	947.40	902.40	124	959.80	914.80

在手机维修中经常使用的测量频率为:

低端 第 002 号信道 (接收频率: 935.40MHz; 发射频率: 890.40MHz)

中端 第 062 号信道 (接收频率: 947.40MHz; 发射频率: 902.40MHz)

高端 第 123 号信道 (接收频率: 959.60MHz; 发射频率: 914.60MHz)

GSM 网络由于采用了数字无线传输和无线蜂窝基站间先进、成熟的处理技术, 因此能得到比模拟蜂窝移动通信系统更高的频率利用率, 从而增加了用户数量。由于 GSM 是一种公用移动通信技术规范, 因此 GSM 手机用户能在整个 GSM 服务区域、GSM 系统覆盖的所有国家之间和内部实现自动漫游, GSM 规范还提供了一些新的用户业务, 如短消息业务、传真、高速数据通信等。

因为 GSM 系统的实用性, 人们对 GSM 系统产生兴趣, 很快从欧洲扩展到其它地方: 澳大利亚是第一个加入谅解备忘录 (MOU) 的非欧洲国家 (1992 年), 从那以后, 很多亚洲国家也采用了 GSM 系统, 现在已经有一个泛亚的 GSM 系统 MOU, 他们正在进行有关国际漫游的技术事宜。

GSM 的第 2 阶段是 phase2 标准, phase2 是一个全新 GSM 规范的改进版本, 于 1994

年公布。在这个改进版本中，GSM900 和 DCS1800 被合并在一起，增加了许多新的功能，当然也做了一些小的调整。

四、国内 GSM 网络的发展

自从 1994 年在广东设立 GSM 实验网以来，短短的数年，GSM 网络已经覆盖了国内的大多数城市和部分经济发达地区。目前国内的 GSM 网络用户已经达到 2000 万，估计在 2000 年会突破 4000 万用户量。目前国内运营的公用蜂窝移动通信网的基本情况如下表所列：

表 1—3 国内公用蜂窝移动通信网络说明

网 络 号	运 营 商	网 络 种 类
90	中国电信	ETACS 模拟 900M 网络
130、131	中国联通	GSM 数字 900M 网络
133	中国电信	CDMA 数字 800M 网络
135、136、137、138、139	中国电信	GSM 数字 900M 网络

其中 GSM 网络的规模是最大的，GSM 网的用户数量也占到所有蜂窝移动通信网总用户数目的 90%以上。

第二节 GSM 手机的工作原理

一、概述

移动台（MS）是 GSM 系统的一个组成部分，它具有多样的、并不断增加的服务功能，特别是能与公用陆地移动网（PLMN）、公用有线电话网（PSTN）相连，通过它们取得各种电信服务。移动台可以是手机（手持机），也可以是车载台或便携式移动台。本书涉及的机型均为手机（手持式移动电话机）。

GSM 手机就是一台微型的 900MHz 无线收发信机，它受手机内的中央处理器（CPU）控制，CPU 受程序的控制，而程序来源于 GSM 规范。接收、发射信号的天线安装在手机之中。为了便于用户携带使用，一般对手机有下列约定：

- a. 总重：低于 800g；
- b. 体积：小于 90cm³；
- c. 供电容量：保证手机的工作时间在连续通话状态中不少于 1 小时，在等待或接收状态中不少于 10 小时。

随着科学技术的不断发展，这些指标早已被突破，近年来待机时间达 40 小时以上的手机电池已屡见不鲜，国内已经出现待机时间达到 250 小时的 GSM 手机和配套电池，其质量在电芯、控制电路、外壳、工艺、功能上都有所提高。

GSM 手机的底部都有一个外部接口，用途为：

- a. 接充电器；

- b. 接车载免提;
- c. 接外部听筒、话筒;
- d. 接传真机;
- e. 接外部天线;
- f. 接测试仪器;
- g. 接 PCMCIA 数据卡, 进行数据通信;
- h. 接手机软件升级设备等。

二、GSM 手机通信过程说明

1. 手机在开机后是如何运作的?

当手机刚开机后, 它就在下行 (基站发送给手机方向) 的 124 个信道上搜索信号。根据接收到信号的强弱把 124 个信道排列成一张表, 并检查它是不是广播信道 (BCCH)。一旦手机发现了最强的广播信道 (BCCH), 它会根据广播信道复帧中 FCCH 和 SCH 信号调整内部的频率和时序, 使自己在频率上和时间上与 BCCH 同步, 然后检查这个 BCCH 信号是否来自该手机 SIM 卡运营商的公用陆地移动网 (PLMN), 例如: 139 或 130 就是分别属于不同公司的公用陆地移动网。这是手机通过比较事先存储在 SIM 卡上的网络号、国家号与 BCCH 信道发出的相应信息是否一致来实现的。其具体步骤为:

(1) 开机后, 手机搜索并接收 BCCH 信道载波, 找到最强的一个, 通过读取广播控制信道 (BCCH) 中的频率校正信道 (FCCH), 协调自己的频率合成器与载波完成同步。

(2) 手机在此频率上读取同步信道 (SCH) 中的信息, 接收并解出基站收发信台 BTS 的 BSIC, 并同步到超高速 TDMA 帧号上, 此时手机就与系统在时间上同步了。

(3) 在呼叫前手机必须知道大量的系统信息, 例如: 附近小区的频率、基站识别码、现在小区使用的频率、小区是否禁止使用、移动网国家代号及网络号等等。手机可以通过接收 BCCH 信道的信息知道这些情况。

(4) 登记接入。手机在随机接入信道 (RACH) 上发送登记接入请求信息。然后, 系统通过准许接入信道 (AGCH) 为手机分配一个独立控制信道 (SDCCH)。

(5) 手机在独立控制信道 (SDCCH) 上完成登录, 也就是位置更新。在慢速随机控制信道 (SACCH) 上发送控制功率大小和时间提前量的信令。至此, 手机才作好应答呼叫或发起呼叫的准备, 手机处于空闲等候状态, 监听广播信道 (BCCH) 和公共控制信道 (CCCH)。

2. 手机是如何通话的?

(1) 手机用户作为被叫

系统通过寻呼信道 (PCH) 呼叫手机用户, 手机在 RACH 上发出寻呼响应进行应答。然后系统通过 AGCH 为手机分配一个 SDCCH。系统与手机交换必要的信息, 如鉴权、加密等信息, 系统在逐一识别处理之后, 便给手机分配一个业务信道 (TCH), 这时就可以在 TCH 上进行通话。

(2) 手机用户作为主叫

手机在 RACH 上发送寻呼请求信息, 系统接收到手机的呼叫请求信息后, 通过 AGCH 为手机分配一个 SDCCH, 在 SDCCH 上建立交换的信息 (同被叫过程一样)。接着在 SACCH 上交换控制信息, 最后手机在分配的 TCH 上开始通话。

第三节 SIM 卡及相关知识

GSM 手机用户在购机时会得到一张 SIM 卡，或者“带机入网”，买一张有效的 SIM 卡。SIM 是“用户识别模块”的缩写。因为 SIM 卡的使用，手机可以不固定于一个用户。任何一个移动用户用自己的 SIM 卡可以使用不同的手机。

一、SIM 卡内容

SIM 卡上包含了所有属于本用户的信息。它是一张符合 GSM 规范的“智慧”卡，它内部包含了与用户有关的，被存储在用户这一方的信息，包括：

- a. 鉴权和加密信息 K_i (K_c 算法输入参数之一：密钥号)；
- b. 国际移动用户号 (IMSI)；
- c. A3：IMSI 认证算法；
- d. A5：加密密钥生成算法；
- e. A8：密钥 (K_c) 生成前，用户密钥 (K_c) 生成算法；
- f. 呼叫限制信息、缩位拨号信息，此外，为了网络操作运行，SIM 还应能存储一些临时数据，即：临时移动台识别号 (TMSI)、区域识别码 (LAI)、密钥 (K_c)。

GSM 手机要想得到 GSM 系统的服务需要插入 SIM 卡，才能使用手机。当然使用“112”是可以不用 SIM 卡的，这在维修中非常有用，如果可以使用“112”，就说明手机的接收、发送电路没有大的故障。

SIM 卡的应用，使手机不固定地“属于”一个用户，若手机将别人的“SIM”卡插进去打电话，营业部门只收该卡产权用户的话费，换句话说，就是插谁的卡打电话，就收谁的费。GSM 系统是通过 SIM 卡来识别 GSM 手机用户，而不是靠手机来识别用户。

目前，营业部门没有对手机的国际移动设备识别 (IMEI) 码实行鉴别，如果实行鉴别，带机入网的用户数量可能会下降，不利于吸引更多的用户使用 GSM 手机。

SIM 卡分为“大卡”和“小卡”，大卡尺寸 54mm×84mm (约为名片大小)，小卡尺寸为 25×15mm (比普通邮票还要小)。其实“大卡”上面真正起作用的还是它上面的一张“小卡”，“小卡”上起作用的部分只有小指甲盖那么大。目前国内流行样式是“小卡”，小卡也可以换成大卡，只要购买个卡托就可以将小卡变为大卡的形式使用了。

个人识别码 (PIN) 是 SIM 卡内部的一个存储单元，错误地输入 PIN 码 3 次，将会导致“锁卡”的现象，此时只要在手机键盘上按一串阿拉伯数字 (PUK 码，即帕克码)，就可以解锁。但是用户一般不知道 PUK 码。要特别注意：如果尝试输入 10 次仍未解锁，就会“烧卡”，就必须再去买张新卡了。设置 PIN 可防止 SIM 卡未经授权而使用。一般情况下不要改动 PIN 码，摩托罗拉 GSM 手机出厂设置的 PIN 码都为“000000”，话机锁密码为“1234”。

每当移动用户重新开机时，GSM 系统与手机之间要自动鉴别 SIM 卡的合法性，即和手机对一下“口令”，只有在系统认可之后，才为该移动用户提供服务，系统分配给用户一个临时号码 (TMSI)，在待机、通话中使用的仅为这个临时号码，这就增加了保密度。

SIM 卡是带有微处理器的芯片卡，内有 5 个模块，每个模块对应一个功能：CPU（8 位）、程序存储器（3~8kbit）、工作存储器（6~16kbit）、数据存储器（128~256kbit）和串行通信单元。SIM 卡在与手机连接时，最少需要 5 个连接线：

- 电源（V_{cc}）
- 时钟（CLK）
- 数据 I/O 口（Data）
- 复位（RST）
- 接地端（GND）

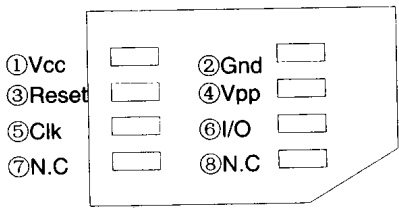


图 1—2 SIM 卡引脚说明图

SIM 卡通过读卡器端口与手机及 GSM 系统联系，使用时要小心，不要用手去摸上面的触点，以防止静电损坏，更不能折叠。如果 SIM 卡脏了，可用酒精棉球轻擦。

SIM 卡触点的功能如下：从其上缺角的一边开始，分别为 I/O，V_{pp}、GND，另一边则为 CLK，RESET，V_{cc}，其余两个点，没有用上。

每当开机时，手机都要与 SIM 卡进行数据的交流，用示波器可以在 SIM 卡座上测到一些数据信号，没插卡时，这些信号不会送出。可谓“瞬间即逝”，但可以用示波器捕捉到，以此判别 SIM 卡电路有无故障。

表 1—4 SIM 卡触点电性能表

触 点		低 电 平	高 电 平
V _{cc}			U=+5V±10%，I=10mA
RST		-0.3V≤U≤+0.6V，I=200μA	4V≤U≤V _{cc} ，I=20μA
CLK		-0.3V≤U≤+0.6V，I=200μA	-2.4V≤U≤V _{cc} ，I=200μA
GND			
V _{pp}			+5V±10%
I/O	输入	0V≤U≤0.4V，I=1mA	0.7V≤U≤V _{cc} ，I=20μA
	输出	0V≤U≤0.8V，I=1mA	3.8V≤U≤V _{cc} ，I=20μA

二、手机标签

在手机背面标签上也有一些代码，这些代码有其特殊的含义。首先是 15 位数字组成的国际移动设备识别码（IMEI 码），每部手机出厂时设置的该号码是全世界唯一的，作为手机本身的识别码。IMEI 码由型号许可代码和与厂家有关的产品号构成。IMEI 码不仅在机背的标签上，还以电子方式存储于手机中，具体地说是在手机电路板中的电可擦除存储器（EEPROM）中。而不是在 SIM 卡的存储器中。

1. IMEI 码含义

如一部摩托罗拉 GC87 手机的 IMEI 码为：“447265805436460”，其含义为：

第 1~6 位数字：TAC(6 位)“447265”一型号批准号，由欧洲型号批准中心分配；

第 7~8 位数字：FAC(2 位)“80”一最后装配号码，表示生产厂家或最后装配所在地，由厂家进行编码；

第 9~14 位数字：SNR（6 位数）“543646”一序列码，这个独立序号唯一地识别每个

TAC 和 FAC 中的每个移动设备；

第 15 位数字：SP(1 位) “0” 一备用。

在手机开机的状态下，甚至不需要插卡，从键盘上输入 “ * ” “ # ” “ 0 ” “ 6 ” “ # ”，就会在屏幕上显示手机中电可擦除存储器（EEPROM）写的 IMEI 码，可以与机背标签上的 IMEI 码核对，检验该机是否被调换过内部的电路板，但是这个方法也有局限性，因为手机中电可擦除存储器（EEPROM）写的 IMEI 码是可以通过设备更改的。

2. MSN 码含义

摩托罗拉的手机除了 IMEI 码之外，还有一个 10 位字符的 MSN 码（制造序号）。这个 MSN 码在手机背部标签上，现举例说明其含义。

如某摩托罗拉掌中宝手机背部标签上的 MSN 码为：“A26GWYP336”，其含义为：

第 1~3 位字符：“A26”一机器型号；

第 4 位字符：“G”一制造国别，如下所示：

字符	G	R	3	2	6
产地	美国	德国	杭州	英国	天津

第 5 位字符：“W”一生产年份，如下所示：

字符	V	W	X	Y	Z
生产年份	95 年	96 年	97 年	98 年	99 年

第 6 位字符：“Y”一生产月份，如下所示：

字符	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
生产月份	1 月上旬	1 月下旬	2 月上旬	2 月下旬	3 月上旬	3 月下旬	4 月上旬	4 月下旬	5 月上旬	5 月下旬	6 月上旬	6 月下旬
字符	N	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
生产月份	7 月上旬	7 月下旬	8 月上旬	8 月下旬	9 月上旬	9 月下旬	10 月上旬	10 月下旬	11 月上旬	11 月下旬	12 月上旬	12 月下旬

第 7~10 位字符：“P336”一生产序号。

那么“A26GWYP336”整体的含义就是：1996 年 12 月的上半月在美国制造的 A26 机型。

其它的标识如“CE0168X”代表的是消费电子产品的编号。

三、入网知识

1. 开户管理

主要是办理登记和购机时分配或选定手机号码，运营商有这方面的专管业务，用户自购的手机一般是不能进网使用。只有在运营商指定的业务处，或电信管理部门授权允许经营手机的商业点购机，才给予办理入网登记手续，允许入网使用。但是目前各地市场对此有不同程度的放开。这虽然起到活跃市场，促进竞争的作用。但是也带来一些管理上的新问题。

2. 收费管理

目前分为开户入网收费和通话计费管理。开户入网费包括开户费和 SIM 卡费，不同的 GSM 网运营商的此项费用价格也不同，而且各地区也有所不同。手机的通话计费管理实行双向收费，这有别于有线电话，使用手机无论呼入或呼出均按分钟计费。在归属区内拨打长途电话时，还应计入长途通话话费。当手机处在漫游状态时，拨叫漫游区的电话用户需要收取漫游费，而拨打归属区内其它非当前服务区的长途电话还应计入长途通话费。国内的 GSM 运营商计划将通话计费实行单向收费，但具体实施的时间仍没有明确的安排。用户每月除通话费以外，还需交纳规定金额的座机费，每年还须交纳频率占用费。目前有的地区的计费管理已经实现实时化，即当月交纳上月的话费，而不是滞后的话费。

3. 过户管理

过户是指手机的产权转让，无论单位或个人之间均应办理转让过户手续。有的电信运营部门规定办理过户必须于购机之日起（以使用证日期为准），使用满三个月方可申请。办理过户手续时必须提交双方协议书、双方身份证及留存的复印件和原用户的“移动电话使用证”等。

双方协议包括申请过户理由，说明有关转让的经济补偿（双方已经解决），及其它双方商定但不违反有关业务规定的事项。过户手续办妥后，管理部门即可发放新的使用证。

4. 停机管理

用户因各种原因主动或被动停机，将不再得到运营商的 GSM 网的服务。但是还必须按月交纳座机费、按年交纳频率占用费和所欠话费的滞纳金。

5. 销户管理

销户是指用户取消其手机的帐户，注销其 SIM 卡帐号。一般是向运营商的有关部门提出申请，交回“移动电话使用证”。交验其身份证后即可注销其帐户。运营商一般在三个月之后才可以出售该 SIM 卡帐号给其它用户。

第二章 GSM 手机维修基础知识

第一节 引言

不同品牌的 GSM 手机，其硬件实现是有区别的，采用的专用集成电路、元器件、工艺、机械结构也不一样，但其基本功能都是一样的，就是说对无线接口采用统一的 GSM 规范，以保证不同厂家的产品可以在 GSM 网络中使用，这也是各种机型的共同之处。

手机由用户随身携带，可在移动的环境下使用。由于这些使用上的特点，手机的小型化以及省电（如“睡眠方式”和“不连续发射”）是实现手机硬件时要考虑的重要问题，因此，手机硬件结构主要由专用集成电路（IC）构成，它们在中央处理器（CPU）的控制下，按照 GSM 系统的要求，并按照各种存储器中程序的安排进行工作，如开机加电、信道搜索、呼叫处理、中文短消息、号码存储，以及最近出现的机内录音、语音拨号等新功能。

各集成电路芯片均满足 GSM 规范，通过不同形式实现符合 GSM 规范的收信电路、锁相环频率合成器、发信电路、调制解调器、模拟到数字的变换（A/D）、数字到模拟的变换（D/A）、均衡器、信道编解码器、话音编解码器、SIM 卡和数据接口。

各个厂家生产的手机在功能的划分和各专用集成电路的实现技术上都不同，但无一例外，它们很多都是采用专用集成电路芯片 ASIC 构成手机的主体。这也是维修时 IC 难买到的原因。这就要求手机维修人员多收集旧的，报废的手机，以备日后维修时有相应的元器件供应。

手机的控制器由中央处理器系统构成，包括 CPU、程序存储器（EEPROM、FLASH ROM）和数据存储器（RAM）、输入输出接口（I/O）。CPU 可用专用中央处理器，也可用通用中央处理器，例如西门子 S4 机型的 CPU 采用的就是西门子公司自己开发的 2705 专用中央处理器。

第二节 GSM 手机的电路结构

一、前言

手机的结构可分为三部分，即射频处理部分、逻辑/音频部分以及输入输出接口部分。

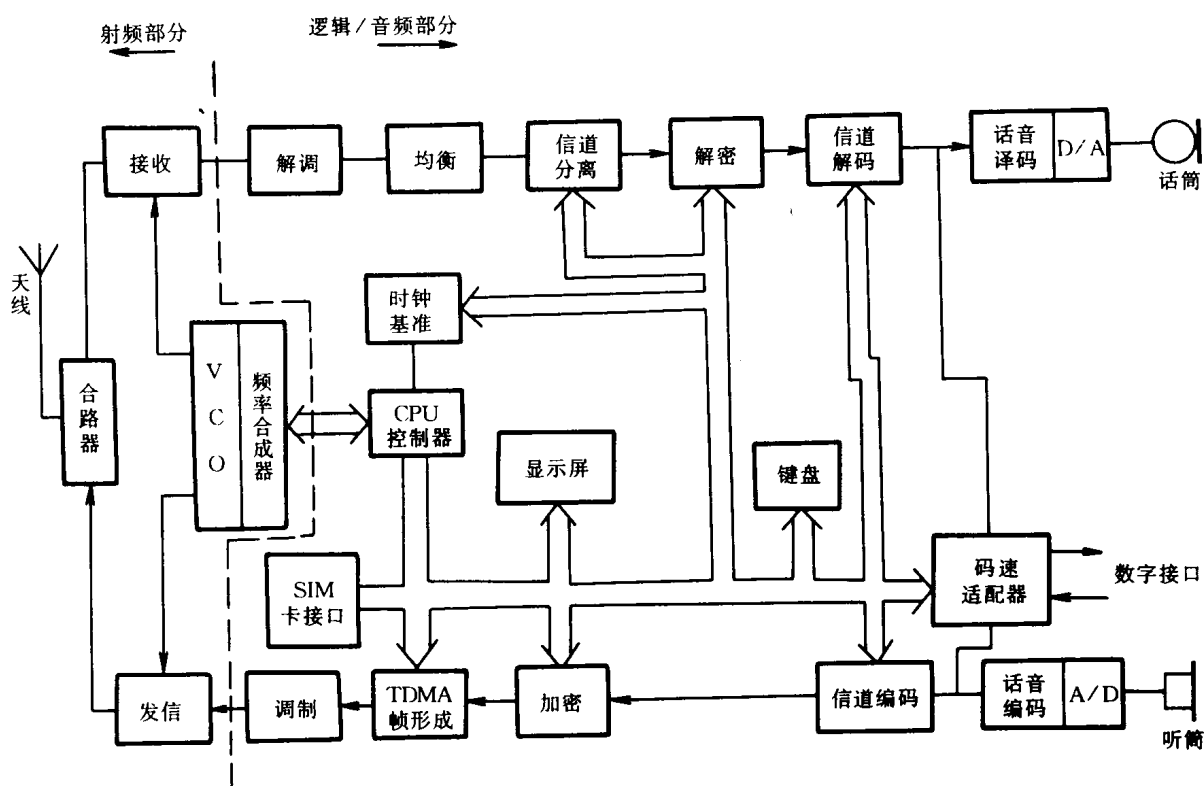


图 2-1 GSM 手机结构框图

二、射频部分

射频部分一般指手机电路的模拟射频、中频处理部分，包括天线系统、发送通路、接收通路、模拟调制、解调以及进行 GSM 信道调谐用的频率合成器等，天线与频率较低的模拟同相/正交（I/Q）信号调制解调模块为射频部分的边界。射频部分包含发送部分、接收部分与频率合成器。

1. 发送部分

发送部分包括带通滤波、GMSK 调制器、射频功率放大器、天线开关等，以 I/Q（同相/正交）信号被调制为更高的频率模块为起始界。

具体的调制方式，不同厂家的实现方式可大致分为两种：

（1）调制音频信号直接上频变到 GSM 射频频道上；如诺基亚 2110、西门子 S4、松下 G500 等。

（2）调制音频信号先调制到某一中频，再经过一次上变频，变换到 GSM 射频频道上。如摩托罗拉 7200、7500、8200、GC87/GC87C、308/308C、328/328C、338/338C、爱立信 GH337、388/398、768/788、诺基亚 5110/6110 等机型。

2. 接收部分

包括天线开关、射频滤波、射频放大、混频、中频滤波和中频放大等，其接收频率符合 900MHz GSM 规定频点，经过下变频到中频，中频多为 100MHz 附近的某个固定值。之所以采用中频为射频信号处理的过渡环节，是为得到推动听筒发声的信号能量增益和实现更

好的稳定性。

解调大都在中频处理集成电路（IC）内完成，解调后得到频率为 100kHz 以内的模拟的同相/正交信号，然后进入逻辑/音频处理部分进行后级的处理。

3. 频率合成器

提供接收通路、发送通路工作需要的本振频率，这相当于寻呼机的“改频”，不过这种“改频”是自动完成的，是受逻辑/音频部分的中央处理器（CPU）控制的。

三、逻辑/音频部分

逻辑/音频部分可分为两个子部分：音频信号处理和系统逻辑控制。

音频信号处理子部分对数字信号进行一系列处理：发送通道的脉冲编码调制（PCM）编码、话音编码、信道编码、交织、加密、脉冲格式成形、TDMA 帧形成等，接收通道的自适应信道均衡、信道分离、解密、信道解码和语音解码、音频放大等。这些处理过程全在逻辑/音频的集成电路内完成。

基带信号处理控制对整个手机的工作进行控制和管理，包括开机操作、定时控制、数字系统控制、射频部分控制以及外部接口、键盘、显示器控制等。

上面所说的是信号处理部分，下面是从计算机处理系统的角度分析逻辑/音频部分的作用和其它部分间的关系。

逻辑/音频部分的电路由众多元件和专用集成电路（ASIC）构成，由于这些集成电路具有专用、多功能、集成化、多引脚的特点，对它们的功能分析不是那么简单和清楚。但从其最基本的功能和作用的角度去分析就会知道逻辑/音频部分电路是一种计算机（单片机）系统。

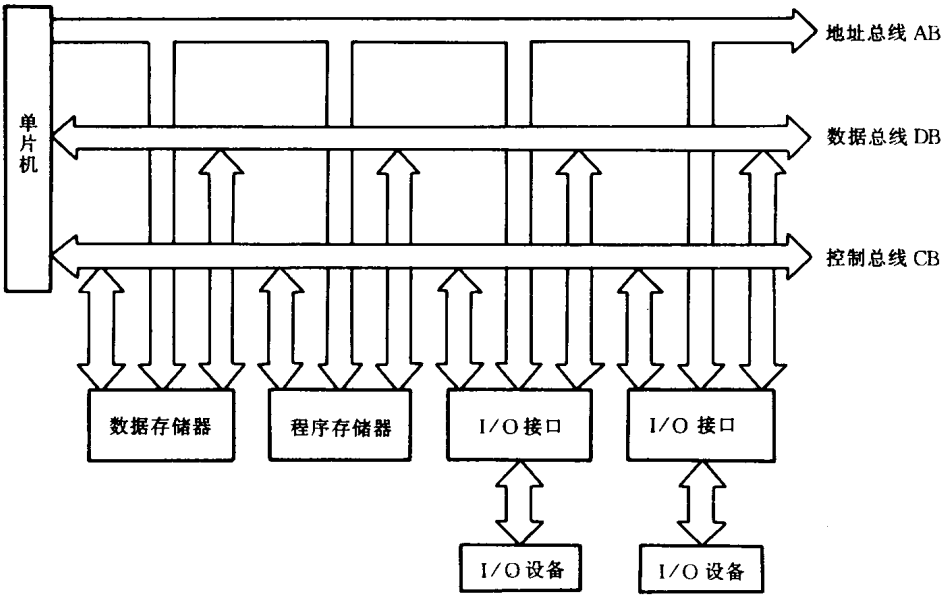


图 2—2 单片机系统框图

以摩托罗拉 GC87C 手机的逻辑/音频部分的电路为例可以分析这样的单片机系统的构成。摩托罗拉 GC87C 手机的逻辑/音频部分包括：

1. 中央处理器 (U701)

相当于单片机的处理核心，作用是射频部分的控制、键盘控制、其它集成电路的控制及相互之间的数据传送。

2. RAM (U704)

随机存储器，作用是存储手机工作时的数据。

3. ROM

(1) EPROM (U702, FLASH ROM)，存放手机主程序和监控程序。

(2) EEPROM (U705)，存放功率控制 (PC) 表、数模转换 (DAC) 表、自动频率控制 (AFC) 表、自动增益控制 (AGC) 表等。

(3) 短消息业务 (SMS) U706 (字库)，存放码表、显示控制程序。显示程序根据地址总线 (AB) 来的数据在数据总线 (DB) 上加载，最后在液晶显示屏 (LCD) 上显示相应的字符。

4. 接口

(1) 总线接口 BIC (U703)，负责同外部设备的通信，包括 A/D、D/A。

(2) 射频接口 MODEM (U501) 负责将模拟信号 (I/Q 信号) 转换成数字信号和将数字信号转换为模拟信号 (I/Q 信号)。

5. I/O 设备

键盘输入、功能翻盖开关输入、话筒输入、液晶显示屏 (LCD) 输出、听筒输出、振铃器输出、手机状态指示灯输出这些都是人与手机之间的 I/O。射频部分的接收通路 (RX) 和发送通路 (TX) 是手机与基站进行无线通信的桥梁，是手机与基站间的 I/O。

其它的集成电路都是为这五大类服务。各自的作用分别为电源供电、同步时钟提供、信道编解码、话音编解码等。

不仅摩托罗拉的 GC87C 手机是这样的，摩托罗拉其它型号的 GSM 手机、其它品牌 (如爱立信、诺基亚等) 的 GSM 手机中与单片机相关的地方处处可见。

四、输入输出 (I/O) 接口部分

包括模拟接口，数字接口以及人机接口三部分。话音模拟接口包括 A/D、D/A 变换等。数字接口主要是数字终端适配器。人机接口有显示器、键盘、振铃器、听筒、话筒。

手机原理方框图，概括了 GSM 手机全部的工作原理，从这一点看是最全面的，也是最简单的。维修人员最好能把它熟记在心，以原理方框图为“主干”，明确最基本的概念，“主干”上长出的“枝叶”就是各种具体的电路，尤其是电源供电电路。可以说是“没有相同的树叶”，同一个公司生产的手机，型号不同，就有区别。掌握了理论，对指导维修很有帮助，在此基础上进一步了解各种机型的特点，在实践中就能得心应手。

第三节 手机电路的读图

一、前言

目前各厂家不断推出新型号的手机，为了进行有针对性的维修，维修人员需要做如下工作：

1. 认识各种机型；
2. 掌握不同型号手机的使用操作规程；
3. 如何快速正确的拆装手机；
4. 初步了解其设计特点与工作原理；
5. 收集维修所必须的新型号手机的电路图纸和相应的技术说明。

在这之后，对电路图的读图是很重要的工作。若要对某型号的手机进行分析、维修、升级改进等等，首先应该读懂它的电路原理图。具备了电子电路的读图能力，有助于维修人员迅速熟悉各种新型的手机的本质特点，尽快摸索出不同故障的解决方法。

读图的过程是综合运用已经学过的知识，分析问题和解决问题的过程，因此在学习读图方法之前，首先必须复习、巩固前面积累的理论与维修经验。

但是，即使初步掌握了电子技术的基础知识，一开始接触手机的电路图时，仍然会感到错综复杂，不知从何下手。实际上，手机电路图是有很强的规律性，下面说明读图的一般方法和大致步骤。

二、读图的一般步骤

读手机的电路原理图，大致可以按照以下几个步骤进行：

1. 了解用途

开始读图之前，首先要了解该部件使用在什么地方、起什么作用、有什么特点、以及能够达到什么样的技术指标。对用途了解得比较清楚，可以帮助维修人员理解电路原理图的指导思想、总体安排以及各种具体的实现技术。

2. 化整为零

将总原理图分解成若干基本部分，弄清各部分的主要功能以及每一部分由哪些基本单元电路组成。有时可以用简单的模块图来表示每一部分的作用以及各部分之间的相互关系。分解过程中，如有个别元件或某些细节一时不能理解，可以留待后面仔细研究，在这一步，只要求搞清楚总图大致包括哪些主要的模块。

3. 找出通路

对每个基本单元电路，找出其中的直流通路、交流通路以及反馈通路等，以判断电路的静态偏置是否合适、交流信号能否正常放大和传递、引出的信号经过什么样的滤波等等。

4. 抓住联系

在前面几个步骤的基础上, 将各个组成部分进行综合, 从总电路图的输入端一直到输出端联系起来, 观察信号在电路中如何逐级放大和传递, 从而对总图得到一个完整的认识。

5. 估算指标

如果要求对电路图有更加深入的了解, 则可对某些主要技术指标进行一定的估算, 以便对于电路的技术性能获得定量的概念。

上面讲的这 5 点比较适合射频部分的电路, 而对逻辑/音频部分的电路就是另外一套方法了, 分析逻辑/音频板要掌握的内容是:

1. 明确主要集成电路在电路板上的位置, 如 CPU、EEPROM、FLASH ROM、音频处理模块等。

2. 查电源连接线, 电源是如何供给各个芯片、键盘及显示屏的。

3. 查时钟 (CLK) 供应, 具体连接到集成电路的哪个脚。

4. 查复位 (RESET) 供应, 具体连接到集成电路的哪个脚。

5. 键盘、话筒、SIM 卡插座等这样的输入通路是故障的多发区。

6. 听筒、显示屏、振铃/振动器、背景照明灯、状态指示灯等的输出通路的路径。

上述步骤并不是固定不变的, 也不一定对任何手机的电路都合适, 有时各步骤之间并未划得很清楚, 可以交叉进行, 次序也可以颠倒, 应该根据具体情况灵活掌握。

第四节 手机的维修常识

一、故障分类

1. 引起手机故障的原因

(1) 菜单设置故障: 严格地说并不是故障, 如来电无反应, 可能是机主设置了呼叫转移功能; 打不出电话, 是否设置了呼出限制功能。摩托罗拉手机来电只振动而不振铃的故障, 可以通过调手机的菜单“修复”为振铃来电提示方式, 这要求维修人员必须熟悉 GSM 手机的各种功能和待修手机的具体操作。

(2) 使用故障: 一般指用户操作不当、错误调整而造成的。比较常见的有如下几种:

- 1) 机械性破坏。由于操作用力过猛或方法应用不正确, 造成手机器件破裂、变形、及模块引脚脱焊等原因造成的故障。另外, 翻盖脱轴、天线折断、机壳摔裂、进水、显示屏断裂等也属于这类故障。

- 2) 使用不当。使用手机的键盘时用指甲尖触键会造成键盘磨秃甚至脱落; 用劣质充电器充电会损坏手机内部的充电电路, 甚至引发事故; 对手机菜单进行非法操作, 使某些功能处于关闭状态, 使手机不能正常使用; 错误输入密码, 导致 SIM 卡被锁后, 盲目尝试造成 SIM 卡保护性自闭锁。

- 3) 保养不当。手机是非常精密的高科技电子产品, 使用时应当注意在干燥、温度适宜的环境下使用和存放。

(3) 质量故障: 有些水货的手机是经过拼装、改装而成, 质量低下。有的手机虽然也是数字手机, 但并不符合 GSM 规范, 因此无法使用。

2. 故障分类

(1) 不拆开手机只从手机的外表来看其故障,可分为三大类型:

1) 第一种为完全不能工作,其中包括不能开机,接上电源后按下手机电源开关无任何反应;

2) 第二种为不能完全开机,按下手机电源开关后能检测到电流,但无开机正常提示信息:如按键照明灯、显示屏照明灯全亮,显示屏有字符信息显示,振铃器有开机后自检通过的提示音等;

3) 第三种是能正常开机,但有部分功能发生故障,如按键失灵、显示不正常(字符提示错误、黑屏、字符不清楚)、无声、不能送话等。

(2) 拆开手机,从手机机芯来看其故障,也可分为三大类型:

1) 第一种为供电充电及电源部分故障;

2) 第二种为手机软件故障;

3) 第三种为收发通路部分故障。

这三类故障之间有千丝万缕的联系,例如:手机软件故障影响电源供电部分、收发通路锁相环电路、发送功率等级控制、收发通路的分时同步工作等,而收发通路的参考晶体振荡器又为手机软件工作提供运行的时钟信号。

二、常见电子元件的故障特点

无论是自然损耗所出现的故障,还是人为损坏所出现的故障,一般可归结为电路接点开路、电子元器件损坏和软件故障三种故障。接点开路,如果是导线的折断、接插件的断开、接触不良等,检修起来一般比较容易。而电子元器件的损坏(除明显的烧坏,发热外),一般很难凭观察发现,在许多情况下,必须借助仪器才能检测判断,因此对于维修人员来说,首先须了解各种元器件失效的特点,这对于检修电路故障,提高检修效率是极为重要的。以下举一些常用电子元器件失效的特点。

1. 集成电路

一般是局部损坏如击穿、开路、短路等,功放芯片容易损坏,存储器容易出现软件故障,其它芯片有时会出现虚焊。

2. 三极管

击穿、开路、严重漏电、参数变劣等。

3. 二极管(整流、发光、稳压、变容)。

容易被击穿、开路,使正向电阻变大,反向电阻变小。

4. 电阻

在一般情况下,电阻的失效率是比较低的。但电阻在电路中的作用很大,在一些重要电路中,电阻值的变化会使三极管的静态工作点变化,从而引起整个单元电路工作不正常。电阻的失效特性是:脱焊、阻值变大或变小、温度特性变差。

5. 电容

分为有极性(电解电容)与无极性电容两种。电解电容的失效特性是:击穿短路、漏电增大、容量变小或断路。无极性电容的失效特性是击穿短路或脱焊、漏电严重或有电阻效应。

6. 电感

失效特性为：断线、脱焊。

以上说的都是些主要部件，还有些外围元件如场效应管、石英晶体等，在维修中也不能忽视，尤其是受震动易损的石英晶体及承担着较大功率的器件（功放、电源供给电路、压控振荡器）出现问题，会有不开机或开机后不能“上网”、“听不到对方”、“对方听不到”、“联系供应商”等故障。

三、故障检修步骤

手机无论发生何种故障，都必须经过问、看、听、摸、思、修这六个阶段。只不过是对于不同的机型、不同的故障、不同的维修方法，用于这六个阶段的时间不同而已。

1. 问。如同医生问诊一样，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。如修手机时，看待机时的绿色 LED 状态指示灯是否闪烁，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。可以从待修手机的话音质量、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。即分析思考。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，运用必要的测试手段，综合地进行分析、思考、判断，最后作出检修方案。

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元件、难以配购的元器件，应通过各种有效办法尽量修复。

对于新手机，因为生产工艺上的缺陷，故障多发生在机芯与机壳结合部分的机械应力点附近，且多为元器件焊接不良、虚焊等引起。与摔落、挤压损坏的手机故障有共同点，碰坏的手机在机壳上能观察到明显的机械损伤，在机芯的相应部分应是重点检查部分。而进水与电源供电造成故障的手机也有相同点，进水的手机，如没有及时处理（清洗、烘干），时间一长，有时甚至只有几个小时，就被氧化，严重的多达十几处断线，集成电路及元器件引脚发黑、发白、起灰，这时对症下药，根据电路板上的水迹的部位去查找故障点，如电路板受腐蚀造成电路的开路及短路，元器件损坏较为常见。

进行检修时千万不要盲目的做通电实验及随意拆卸、吹焊元器件及电路板，这样很容易使旧的故障没排除又产生人为的新故障，使原来可简单修复的手机，变成故障复杂的手机。

四、手机维修的一般流程

1. 维修流程