

高职高专**电子信息**专业教材

数字手机电路与 检修技术

张兴伟 等 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高职高专电子信息专业教材

数字手机电路与检修技术

张兴伟 等 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字手机电路与检修技术 / 张兴伟等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.3
高职高专电子信息专业教材

ISBN 7-115-14339-0

I. 数... II. 张... III. ①数字通信: 移动通信—携带电话机—电路—高等学校: 技术学校—教材②数字通信: 移动通信—携带电话机—维修—高等学校: 技术学校—教材
IV. TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 007925 号

内 容 提 要

本书从快速培养实用技能的角度出发, 对移动电话的各个方面的作了全面的介绍。

本书共分为 11 章: 第 1 章介绍了与实际工作相关的一些关于移动通信系统的基础知识; 第 2 章讲述移动电话的电路系统; 第 3 章是射频电路的基础知识; 第 4 章是讲述无线射频接收机的电路知识; 第 5 章讲述移动电话中的频率合成系统; 第 6 章讲述无线射频发射机电路; 第 7 章讲述移动电话的无线收发信机电路; 第 8 章讲述移动电话中的复合电源管理电路; 第 9 章讲述基带部分的数字基带信号处理器电路; 第 10 章讲述基带部分的模拟基带信号处理器电路; 第 11 章讲述一些快速检修及分析技巧。

本书内容准确精辟, 讲解循序渐进, 极具实用性, 既可作为大中专、中等职业学校相关专业的教材或参考读物, 也可作为移动电话维修技术培训教材和自学的参考书, 对于从事无线电产品维修的技术人员也不无裨益。

高职高专电子信息专业教材 数字手机电路与检修技术

◆ 编 著 张兴伟 等

责任编辑 梁 凝

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京铭成印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 25.75

插页: 16

字数: 618 千字

2006 年 3 月第 1 版

印数: 1—4 000 册

2006 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14339-0/TN · 2662

定价: 38.00 元

读者服务热线: (010) 67129258 印装质量热线: (010) 67129223

声 明

我们致力于移动通信设备（手机）维修技术书籍的编辑出版，任何时候都不反对参考、引用我们书中的内容（但请标明出处）。但是，我们发现一些以赢利为目的的大范围肆意抄袭本工作室图书的行为；有些网站也不加引声明，将我们的作品当自己的原创。

对此，我们特声明如下：

凡未经出版者书面允许，对本工作室图书的一部分或全部（包括信号图片、分解电路图）进行转载、复制或在其他出版物引用等行为，均属侵权行为。我们将委托律师事务所通过司法途径追究相关的侵权行为。

张兴伟工作室 www.zxwlab.com

前 言

从 2000 年 8 月份开始,到 2002 年的 7 月间,在深圳安泰信公司的大力支持下,作者在全国近 20 个省进行了巡回讲课,接触了众多移动通信设备维修第一线的朋友,以及那些开设(或准备开设)移动通信技术专业的高职及大中专院校的老师。交流的共识是——到现在为止,缺乏真正专业并且完整的、有关移动通信电路的理论与实际紧密结合的教材。

因此,本人有了一些编写系统教材的冲动。加上手中有 1995 年以来从事移动电话维修技术培训与支持的教案,以及朋友们的催促与鼓励,于 2002 年 5 月开始了编写工作。2003 年由人民邮电出版社出版了配备多媒体教学系统的《数字手机维修高级实用教程》一书。该书在市场上受到了广大读者的欢迎。

随着时间的推移,手机技术的不断发展,出现了许多新的、未曾涉及的技术知识点。为满足形势的需要,现重新编辑了本书。

本书脱胎于《数字手机维修高级实用教程》一书,删除了原书中电子基础部分的内容。本书既继承原书的精华,又加入了许多新的内容,如 WCDMA 手机的相关知识。但本书与《数字手机维修高级实用教程》一书的侧重点各不相同。本书最大的变化在于第一次比较全面、系统的讨论了基带电路、复合电源管理电路,对射频电路进行了重新诠释,使之更能满足中、高职学校信息工程专业用书的需求。

本书的编写,从实用及快速检修技能培训的立场出发,注意基础知识与技能方面的训练,对移动电话维修的基础知识、移动电话电路原理以及移动电话维修中的一些通用方法以崭新的视角予以讲述。它包括一般电子基础;移动通信设备电路的电路结构;各单元电路的维修分析,以及通用的各种检测方法、分析方法等。以期初学者和有一定经验的技术人员都能找到自己所需要的东西,能掌握一种思路、方法,而这些方法对绝大多数移动通信设备的维修都是适用的。

本书是一本理论与实际并重的基础教材。但基础的教材并不是低级的教材,良好的基础才是深入实际之本。一开始就直奔高深的理论是不切实际的,没有扎实的基础,只会使自己中途败下阵来。对于实际工作来说,绝大多数时候需要的是基础的东西。

本书的主要参考资料是手机厂家的原厂资料和作者本人近 10 年时间在移动通信行业进行培训所积累的讲稿。

具体来说,本书具有以下特点:

(1) 与绝大多数基础书所不同的是:本书基本上是按手机电路结构流程来进行全书的结构安排;本书对单元电路的不同检测方法作了详细的描述;本书经验技巧的指导性和实用性很强,在实际的维修工作中,读者基本上都可在针对性地在本书中寻求帮助。

(2) 书中没有复杂的理论与数学推导,结合维修实际进行讲解,读者易于理解。

(3) 涉及的范围广,实用性强。本书全面系统地从培养实际技能的角度出发,对移动通信设备的电路的各个方面作了详细的描述,其中的内容不但适用于 GSM 手机、CDMA 手机、WCDMA,还适用于无绳电话、对讲机,以及今后的 3G 产品和蓝牙产品,所以它全面。

(4) 本书第一次全面系统地对移动电话的基带电路进行了详细的描述,这在手机维修与

教学的各种相关书籍中是前所未有的。与传统的教科书相比，本书除了在形式编排、语言组织上新颖外，还充分利用了移动电话厂商的原始技术资料，使得本书的内容更进一步贴近现实。对于电子专业类的学生来说，今后从事研究的人毕竟是少数，绝大多数学生都会从事具体工作。本书则可使这些相关的学生在最短的时间内获取大量而真实的实践经验。

本书可作为高职高专院校及大专院校相关专业的教材，也可用作手机维修人员的自学教材。对于大中专院校、高职院校电子及相关专业的学生来说，本书是一本非常难得的经验及实践指导用书。

经过长时间的整理和编著，几易其稿，这本教材终于能够面世。我们衷心希望本书能满足读者（无论是学生、相关从业人员还是教师）的需求。但由于条件和悟性的所限，再加上理论知识的不足，所以，书中存在错误在所难免。恳请读者予以批评指正。有任何建议或修改意见都可以到我们的网站 www.zxwlab.com 上（或通过电子邮件 telesky@tom.com）进行交流，并获取其他相关资源，其中包括以 PDF 文件形式存放的技术文件。

作者

2005 年 9 月

目 录

第 1 章 移动通信概述	1
1.1 蜂窝移动系统概述	1
1.2 数字通信流程	4
1.2.1 话音信号	5
1.2.2 模拟信号到数字信号的转换	6
1.2.3 将数字信号转换成射频信号	8
1.3 多址接入	9
1.3.1 频分多址 (FDMA)	9
1.3.2 时分多址 (TDMA)	10
1.3.3 码分多址 (CDMA)	11
1.4 CDMA 的特征和优势	12
1.4.1 频率复用	12
1.4.2 功率控制	12
1.4.3 Rake 接收机	14
1.4.4 CDMA 的切换	15
1.5 呼叫处理的阶段	16
1.6 UMTS 简介	17
1.6.1 WCDMA 简介	17
1.6.2 TD-SCDMA	18
思考题	21
第 2 章 移动电话电路系统	22
2.1 射频系统	22
2.2 无线接收机电路结构	24
2.2.1 超外差一次变频接收机	25
2.2.2 超外差二次变频接收机	26
2.2.3 直接变换的线性接收机	27
2.2.4 低中频接收机	28
2.3 发射机电路结构	29
2.3.1 带偏移锁相环的发射机	29
2.3.2 带发射上变频器的发射机	31
2.3.3 直接变换的发射机	31
2.4 GSM 手机射频系统	32
2.4.1 一次变频与偏移锁相环的收发信机	32

2.4.2	二次变频与偏移锁相环的收发信机	34
2.4.3	低中频与偏移锁相环的收发信机	36
2.4.4	二次变频与上变频的收发信机	37
2.4.5	直接变换与直接调制的收发信机	37
2.4.6	直接变换与偏移锁相环的收发信机	38
2.5	CDMA 手机射频系统	39
2.5.1	一次变频与上变频的收发信机	40
2.5.2	直接变换与直接调制的收发信机	41
2.5.3	双模手机的射频系统	43
2.6	WCDMA 手机射频系统	43
2.6.1	一次变频与上变频收发信机	44
2.6.2	直接变换与直接调制的收发信机	45
2.6.3	直接变换与上变频的收发信机	47
2.6.4	TD-SCDMA 手机射频系统	47
2.7	基带系统	49
2.7.1	数字基带	50
2.7.2	模拟基带	50
2.7.3	电源管理单元	51
	思考题	52
第3章	射频信号与测试基础	53
3.1	信号	53
3.1.1	连续波射频与不连续波射频信号	53
3.1.2	信号的频率	53
3.1.3	信号的幅度	54
3.1.4	信号的相位	55
3.1.5	信号的频谱	55
3.1.6	射频电路中的射频信号	56
3.1.7	信号的功率及强度	57
3.2	损耗及增益	57
3.2.1	有源与无源元件	57
3.2.2	损耗与增益	58
3.3	频谱分析仪的操作	59
3.3.1	扫描宽度调节	60
3.3.2	中心频率调节	60
3.3.3	输入衰减调节	61
3.3.4	信号频谱线基准调节	61
3.3.5	信号频率的读取	62
3.3.6	信号幅度的读取	62

3.3.7 信号的频谱	63
3.3.8 频谱分析仪的频率范围	64
3.3.9 不同频谱仪的差异	64
3.4 频率计	65
3.5 信号源	65
思考题	65
第4章 接收机射频电路	66
4.1 天线电路	67
4.1.1 滤波器	67
4.1.2 滤波器的种类	68
4.1.3 双工滤波器	69
4.1.4 天线开关	70
4.1.5 双讯器	74
4.1.6 复合的天线电路	74
4.1.7 复合的射频滤波器	75
4.1.8 检修天线电路	77
4.2 低噪声放大器	79
4.2.1 电路组成	80
4.2.2 实际的 LNA 电路特点	82
4.2.3 LNA 电路中的射频信号	85
4.2.4 检修低噪声放大电路	86
4.2.5 快速检修 LNA 电路	89
4.2.6 检修工作中的注意事项	90
4.3 混频电路	91
4.3.1 混频器	91
4.3.2 接收第一混频	94
4.3.3 GSM 接收第一混频电路中的信号	99
4.3.4 CDMA/WCDMA 接收混频电路中的信号	102
4.3.5 检修混频电路	102
4.3.6 快速检修混频电路	104
4.4 接收第二混频	105
4.4.1 接收第二混频电路	105
4.4.2 第二混频电路信号特点	106
4.4.3 检修第二混频电路	107
4.5 中频放大器	107
4.5.1 电路组成	108
4.5.2 中频放大电路的信号	109
4.5.3 快速检修中频放大电路	109

4.6 解调电路	110
4.6.1 正交 I/Q 解调	110
4.6.2 基带信号处理	115
4.6.3 I/Q 信号接口	115
4.6.4 信号特点	119
4.6.5 检修 RXI/Q 解调电路	121
思考题	122
第 5 章 频率合成系统	123
5.1 正弦波振荡器	123
5.1.1 概述	123
5.1.2 LC、RC 振荡器	124
5.1.3 晶体振荡器	125
5.2 参考振荡	125
5.2.1 AFC 信号	126
5.2.2 参考振荡电路	127
5.2.3 参考振荡组件的特点	129
5.2.4 检修参考振荡电路	129
5.3 锁相环 (PLL)	131
5.3.1 概念	131
5.3.2 鉴相器 (PD)	132
5.3.3 低通滤波器	132
5.3.4 分频器	133
5.3.5 实际的 PLL 电路	134
5.4 压控振荡器	137
5.4.1 VCO 概述	137
5.4.2 VCO 的工作条件	138
5.4.3 VCO 的端口	138
5.4.4 检修 VCO 电路	139
5.5 频率合成的综述	140
5.6 射频 VCO	142
5.6.1 电路作用	142
5.6.2 电路组成	143
5.6.3 射频 VCO 组件	145
5.6.4 信号特点	147
5.6.5 射频 VCO 频率合成系统	149
5.7 检修射频 VCO	149
5.7.1 检修要点	149
5.7.2 快速判断射频 VCO 电路是否工作	150

5.7.3 射频 VCO 判断的几个问题	151
5.7.4 确定射频 VCO 电路未工作后的检修	152
5.8 中频 VCO	157
5.8.1 中频 VCO 电路	157
5.8.2 信号特点	158
5.8.3 检修要点	159
5.8.4 接收中频 VCO	159
5.8.5 发射中频 VCO	160
5.9 缓冲放大器	161
5.10 集成的频率合成器	162
思考题	164
第 6 章 发射机射频电路	166
6.1 调制	166
6.1.1 模拟调制	166
6.1.2 数字调制	168
6.1.3 数字移动电话中的调制	168
6.2 TXI/Q 调制	170
6.2.1 TXI/Q 调制的电路结构	170
6.2.2 TXI/Q 调制电路中的信号	173
6.2.3 检修 TXI/Q 调制电路	179
6.3 发射上变频	181
6.3.1 概念	181
6.3.2 电路组成	181
6.3.3 直接变换发射机中的混频	183
6.3.4 检查发射上变频电路	183
6.4 发射偏移锁相环	184
6.4.1 偏移锁相环的构成	184
6.4.2 OPLL 中的单元电路	187
6.4.3 实际的 OPLL 电路	190
6.5 发射 VCO	191
6.5.1 发射 VCO 电路组成	191
6.5.2 发射 VCO 的特点	195
6.5.3 检查发射 VCO 电路	198
6.5.4 快速检修发射 VCO 电路	200
6.6 驱动放大器	200
6.6.1 驱动放大电路	200
6.6.2 检修驱动放大电路	201
6.7 发射功率放大器	201

6.7.1	实际的功率放大电路	202
6.7.2	功率放大器模组	204
6.7.3	PA 的几个重要指标	208
6.7.4	功率放大电路中的信号	210
6.7.5	发射信号的参数	212
6.7.6	检修功率放大电路	216
6.8	功率控制	218
6.8.1	概述	218
6.8.2	功率控制的单元电路	219
6.8.3	一个 CDMA 功率控制电路	220
6.8.4	如何查找功率控制电路	221
6.8.5	检查功率控制电路	222
	思考题	222
第 7 章	集成的无线收发信机	224
7.1	概述	224
7.2	二次变频的收发信机	226
7.2.1	简介	226
7.2.2	HD155128TF 接收机电路	227
7.2.3	频率合成	230
7.2.4	HD155128TF 发射机电路	231
7.3	一次变频的收发信机	232
7.3.1	简介	232
7.3.2	PMB6253 实例电路	234
7.3.3	检修 PMB6253 电路	237
7.4	近零中频的收发信机	238
7.4.1	简介	238
7.4.2	接收机电路	240
7.4.3	频率合成电路	241
7.4.4	发射机电路	242
7.4.5	UAA3536 实例电路	242
7.5	直接变换的收发信机	244
7.5.1	简介	244
7.5.2	PMB6258 接收机	245
7.5.3	PMB6258 频率合成电路	246
7.5.4	发射机射频电路	247
7.6	直接变换与 OPLL 收发信机	248
7.6.1	简介	248
7.6.2	TRF6150 电源	248

7.6.3	TRF6150 接收机电路	248
7.6.4	TRF6150 频率合成电路	250
7.6.5	TRF6150 发射机电路	251
7.7	全集成的收发信机	253
7.7.1	SKY74088 接收机电路	254
7.7.2	SKY74088 频率合成电路	254
7.7.3	SKY74088 发射机电路	255
7.8	肢解法分析集成电路	255
	思考题	258
第 8 章	复合电源管理电路	260
8.1	供电系统	260
8.1.1	电池接口电路	261
8.1.2	供电电路	263
8.2	电源管理单元的启动	264
8.2.1	电源管理单元的工作模式	264
8.2.2	掉电模式下工作的电路	264
8.2.3	开机触发	268
8.3	电压调节器	273
8.3.1	线性调节器与 LDO 电压调节器	274
8.3.2	基带电压调节器	274
8.3.3	射频电压调节器	275
8.3.4	升压与降压电源电路	276
8.4	开机序列	277
8.4.1	逻辑时钟	277
8.4.2	复位电路	279
8.4.3	开机维持	281
8.4.4	开机序列	282
8.4.5	关机控制	284
8.5	充电电路	284
8.5.1	充电检测	284
8.5.2	充电控制	285
8.5.3	一个完整的充电电路	285
8.6	PMU 的其他单元电路	285
8.7	电源管理器 D1094DA	287
8.7.1	掉电模式下工作的电路	287
8.7.2	电路启动	287
8.7.3	开机电路	288
8.7.4	TWI 接口	290

8.7.5 音频处理	290
8.7.6 其他单元电路	291
思考题	292
第9章 数字基带信号处理器电路	293
9.1 基带电路概述	294
9.1.1 微处理器单元	295
9.1.2 数字语音处理器单元	295
9.1.3 ASIC 单元	296
9.1.4 音频编译码单元	297
9.1.5 射频逻辑接口	297
9.2 基带信号处理器	298
9.2.1 单芯片基带信号处理器	298
9.2.2 双芯片基带信号处理器	299
9.2.3 处理器内核	303
9.2.4 基带电路的构成	308
9.3 移动电话中的存储器	308
9.3.1 ROM 存储器	309
9.3.2 EEPROM 存储器	309
9.3.3 RAM 存储器	310
9.3.4 FLASH 存储器	311
9.3.5 程序存储器	311
9.3.6 手机中的复合存储器	312
9.4 存储器接口	312
9.4.1 总线接口	313
9.4.2 数据总线	313
9.4.3 地址总线	313
9.4.4 存储器读写控制	314
9.4.5 片选信号	315
9.4.6 数据/地址总线与其他电路	316
9.5 时钟接口	317
9.5.1 实时时钟	317
9.5.2 系统主时钟	318
9.5.3 时钟接口的其他方面	321
9.5.4 看门狗与复位	322
9.6 接口电路	323
9.6.1 GPIO 接口	324
9.6.2 GPO 接口	325
9.6.3 SIM (UIM) 卡接口	326

9.6.4	SD/MMC 卡接口	327
9.6.5	JTAG 接口	327
9.6.6	I2C 总线	328
9.6.7	I2S 接口	328
9.6.8	蓝牙通信接口	330
9.6.9	其他接口	331
9.7	DBB 与 ABB 间的接口	334
9.8	射频控制	335
9.8.1	接收机控制	335
9.8.2	发射机控制	336
9.8.3	频段切换控制	336
9.8.4	射频控制总线	337
9.8.5	关于射频的其他方面	338
	思考题	343
第 10 章	模拟基带信号处理器电路	344
10.1	模拟基带信号处理器简介	344
10.1.1	ABB 的单元电路	344
10.1.2	ABB 与 DBB 中的模拟基带电路	345
10.1.3	复合的 ABB	348
10.2	基带信号处理单元	350
10.2.1	接收基带处理单元	350
10.2.2	发射基带信号处理	353
10.3	话音处理单元	355
10.3.1	接收音频信号处理	355
10.3.2	发射音频信号处理	357
10.4	辅助变换单元	359
10.4.1	DAC 单元	360
10.4.2	ADC 单元	361
10.5	ADI 模拟基带信号处理器	362
10.5.1	电源管理子系统	362
10.5.2	芯片控制	364
10.5.3	控制串行接口	364
10.5.4	基带串行接口	364
10.5.5	音频串行接口	365
	思考题	366
第 11 章	快速检修分析技巧	367
11.1	黑匣子方法	367

11.2 快速检修故障的关键信号	369
11.2.1 接收 I/Q 信号	369
11.2.2 发射 I/Q 信号	369
11.2.3 RXVCO 信号	370
11.2.4 接收中频信号	370
11.2.5 中频 VCO 信号	370
11.2.6 发射射频信号	370
11.3 手机的工作状态	370
11.3.1 开机 30s 内	371
11.3.2 待机状态	371
11.3.3 接收测试状态	371
11.3.4 发射测试状态	372
11.3.5 拨打 112	372
11.4 电路与信号相关性的利用	372
11.5 故障分析的要点	373
11.6 快速故障定位	373
11.7 一次检测快速判断的技巧	375
11.7.1 频谱法一次检测快速判断 VCO	376
11.7.2 用示波器快速判断 RXVCO 的工作	376
11.7.3 不拆机一次检测快速判断发射机	377
11.7.4 不拆机快速判断接收机	378
11.8 检修 ADI 基带电路	378
11.8.1 检修独立的电源管理器电路	379
11.8.2 检修复合模拟基带处理器的电源电路	380
11.8.3 检修 ADI 基带电路	382
思考题	383
附录 缩略语	384
参考文献	393
本教程的配套参考书籍	394

第 1 章 移动通信概述

在这一章，介绍了与实际维护工作有关的蜂窝系统及通信原理方面的内容，这将有助于对实际工作中遇到的一些问题的分析和理解。这里将不涉及任何数学公式，这是专业研究领域的内容，并且在许多书籍和教程中可以找到。

1.1 蜂窝移动系统概述

世界上所有的蜂窝移动电话系统均起源于美国的贝尔系统。

20 世纪 80 年代至 90 年代初这段时期，世界上出现了几种典型的模拟蜂窝移动电话系统。如美国的 AMPS、英国的 ETACS、日本的 MCMTS 和 HCMTS、北欧的 NMT 系统。所有的这些蜂窝系统都是以频率调制的模拟语音传输为基础的，它们使用 450MHz 或 900MHz 附近的频带。

移动通信系统以双向的无线电收发将公用电话交换网 (PSTN) 的用户与移动用户接驳起来。由于使用无线电接驳，所以并无固定电话所有的限制。这使移动用户可以一边行走或一边驾车走动，一边收发电话。当然，这取决于移动用户在通话期间是否在适当基站的覆盖范围内。

传统的移动电话系统用单一的发射站覆盖一个服务区，如图 1-1 所示。其通常为单一的基站发射机，发射功率很大，且其发射天线架设得很高。由于发射信号相当强，使得附近的服务区无法复用该服务区的信道，严重地限制了信道数目。当其系统在全负荷情况下，想增加容量是不可能的。

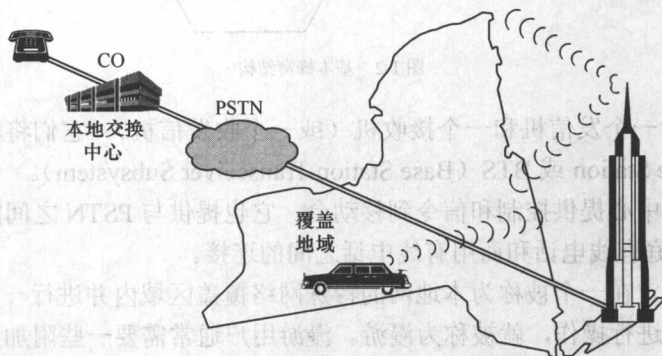


图 1-1 传统移动通信示意图

蜂窝移动电话系统则与此不同，它把一个大的服务区划分为若干个小小区，称作蜂窝小区。蜂窝系统并未试图提高移动台或基站的发射功率，而是基于频率复用的概念——同一个频率