

IT 先锋 系列丛书

无线通信设备 与系统设计大全

COMPLETE WIRELESS DESIGN

Cotter W. Sayre 著
张之超
黄世亮 等译
吴海云

**Mc
Graw
Hill** Education

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

IT 先锋系列丛书

无线通信设备与系统 设计大全

Cotter W. Sayre 著
张之超 黄世亮 吴海云 等译

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

无线通信设备与系统设计大全/(美)塞尔(Sayre, C. W.)著;张之超等译.

—北京:人民邮电出版社,2004.1

(IT 先锋系列丛书)

ISBN 7-115-10840-4

I. 无... II. ①塞... ②张... III. ①无线电通信—通信设备—设计 ②无线电通信—通信系统—设计 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 098207 号

IT 先锋系列丛书

无线通信设备与系统设计大全

- ◆ 著 Cotter W.Sayre
译 张之超 黄世亮 吴海云 等
责任编辑 徐享华
- ◆ 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>
读者热线 010-67129258
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 28.75
字数: 624 千字 2004 年 1 月第 1 版
印数: 1-4 000 册 2004 年 1 月北京第 1 次印刷
著作权合同登记 图字: 01-2001-3985 号

ISBN 7-115-10840-4/TN · 1973

定价: 48.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

版 权 声 明

Cotter W . Sayre

Complete Wireless Design

ISBN: 0-07-137016-1

Copyright©2001 by The McGraw-Hill companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. Printed in the United States of America. Except as permitted under the United States Copyright Act of 1976, no part of this publication may be reproduced or distributed in any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) Co. and Posts and Telecommunications Press.

本书中文简体字翻译版由人民邮电出版社和美国麦格劳—希尔教育(亚洲)出版公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有公司激光防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记 图字:01-2001-3985 号

内 容 提 要

本书非常详尽地介绍了无线设计的各个方面,内容共包括 10 章,介绍了边缘振荡器、放大器、混频器、滤波器、锁相环、倍频器、射频开关、微带元件、自动增益控制环路、功率分配器、衰减器和天线分离滤波器等的的设计。本书也阐述了为阻抗匹配如何进行必要的计算,如何进行无线链路的分析,如何完成频率分配计划,如何集成一个完整的通信系统。

本书可供无线通信及相关领域的工程师、技术人员使用,也可供高等院校的教师、研究生以及高年级的本科生阅读,还可作为业余无线电爱好者的参考书。

译 者 序

自 20 世纪 80 年代以来,超大规模集成电路、微型计算机、微处理器和数字信号处理技术的发展及其广泛的应用,为设计、开发无线系统提供了技术保障,社会的发展也对无线通信的容量、质量和种类的多样性都提出了更高的要求。所以,无线设计一直是当今通信领域一个研究、应用开发的热点。

本书的目的就是通过全面、详尽地介绍最近几年发展的射频设计方法和当今无线设备与系统中使用的通信电路与元器件,给读者在无线通信设备与系统设计方面打下一个较为坚实的基础。

本书全面地介绍了无线通信设备与系统设计的各个方面,从最为基础的 RF 元器件入手,相继介绍了边缘振荡器、放大器、混频器、滤波器、锁相环、倍频器、射频开关、微带元件、自动增益控制环路、功率分配器、衰减器和天线分离滤波器等的设计。本书也阐述了如何使用射频集成电路和单片微波集成电路来进行电路设计,以及为匹配阻抗如何进行必需的计算、如何进行无线链路的分析,如何完成一个频率分配计划,以及如何集成一个完整的通信系统。本书也包括重要的高速电路的设计,以及电路设计有关问题的讨论。

本书可供无线通信及相关领域的工程师、技术人员使用,也可供高等院校的教师、研究生以及高年级的本科生阅读,还可供业余无线电爱好者参考。

本书由济南海超新技术有限责任公司组织翻译。在本书翻译的完成过程中,魏冬梅、赖欣、赵彦玲、庄华伟、郭华等在图形加工、内容检查方面做了不少的工作,在此对他们表示衷心的感谢。

由于译者水平有限,再加上时间仓促,不当乃至错误之处在所难免,希望读者给予指正,以便改进我们的工作。

译者

致 谢

作者衷心地感谢以下人士,他们为授权本书附带的 RF 软件及其文档可进行复制提供了大量的帮助与支持:

Richard Compton、Scott Wedge、Andreas Gerstlauer 以及 Caltech 大学的 David Rutledge,他们提供了线性电路模拟器 PUFF。

Sonnet 软件总裁 James C. Rautio 博士,提供了 EM 模拟器 Sonnet Lite em。

National Semiconductor 公司的高级工程师 Christopher A. Schell, 提供了 Codeloader 和 EasyPLL 软件。

Agilent 公司的 AppCad 产品经理 Robert L. Myers, 提供了 AppCad 软件。

前 言

《无线通信设备与系统设计大全》是为了在最近几年发展的射频设计方法和当今无线设备与系统中使用的通信电路与器件方面,给读者打下一个坚实的基础。本书还可以帮助工程师、技术员、业余无线电爱好者设计无线通信的各个方面——从任何双向无线通信具体器件与电路,到数字通信系统中的无线接收机和发射机。

与其他许多书不同的是,本书不是简单地提供一些预先设计好的电路,以便读者通过对那些电路进行不规范的修改后,将它们应用到自己的无线通信系统项目中;本书也不是为无线电路和系统的设计提供太多的复杂的公式——要理解这些公式,对绝大多数读者甚至是工程师来说都很困难——非常不实用。相反,《无线通信设备与系统设计大全》这本书将使得读者通过使用简单的代数知识来容易、快速地设计边缘振荡器、放大器、混频器、滤波器、锁相环、倍频器、射频开关、微带元件、自动增益控制环路、功率分配器、衰减器和天线分离滤波器。本书也阐述了使用射频集成电路和单片微波集成电路来进行设计的实用方面,以及为了阻抗匹配应如何进行必需的计算,如何分析无线链路,如何完成一个频率分配计划、如何集成一个完整的通信系统等。本书也包括重要的高速电路的设计以及电路设计有关问题的讨论。

Cotter W. Sayre

目 录

第1章 无线电基础	1
1.1 无线电频段的无源元件	1
1.1.1 引言	1
1.1.2 电阻(器)	2
1.1.3 电容(器)	2
1.1.4 电感(器)	4
1.1.5 变压器	6
1.2 半导体	7
1.2.1 引言	7
1.2.2 二极管	8
1.2.3 晶体管	13
1.3 微带线	19
1.3.1 引言	19
1.3.2 用作传输线的微带线	19
1.3.3 用作等效元器件的微带线	21
1.4 传输线	28
1.4.1 引言	28
1.4.2 传输线的类型	29
1.4.3 传输线的有关问题	30
1.5 S 参数	31
1.5.1 引言	31
1.5.2 S 参数的测量	33
1.6 传输	37
1.6.1 引言	37
1.6.2 多路	37
第2章 调制	40
2.1 幅度调制	40
2.1.1 引言	40
2.1.2 基本原理	40
2.1.3 功率测量	44

2.1.4 缺点	44
2.2 频率调制	45
2.2.1 引言	45
2.2.2 基本原理	45
2.2.3 调频与调幅的比较	48
2.3 单边带调制	49
2.3.1 引言	49
2.3.2 基本原理	49
2.3.3 调制	49
2.3.4 输出功率	51
2.4 数字调制	51
2.4.1 引言	51
2.4.2 数字调制的类型	51
2.4.3 功率和数字信号	54
2.4.4 数字调制要点	56
2.5 基于调制器/解调器集成电路的设计	64
2.5.1 引言	64
2.5.2 基于 RFMD RF2703 的设计	67
2.6 数字测试和测量	69
2.6.1 引言	69
2.6.2 普通的数字测试和测量	69
第3章 放大器设计	80
3.1 小信号放大器	90
3.1.1 引言	90
3.1.2 使用 S 参数设计放大器	90
3.1.3 矢量代数	98
3.1.4 匹配网络	102
3.2 大信号放大器	123
3.2.1 引言	123
3.2.2 使用大信号串联等效电路进行放大器的设计	126
3.3 放大器偏置	128
3.3.1 引言	128
3.3.2 偏置设计	139
3.4 单片微波集成电路(MMIC)	149

3.4.1 引言	149
3.4.2 MMIC 偏置	150
3.4.3 MMIC 的耦合与去耦	153
3.4.4 一个 MMIC 放大器电路	154
3.4.5 MMIC 的结构	154
3.5 宽带放大器	155
3.5.1 引言	155
3.5.2 宽带放大器的设计	158
3.6 并联放大器	159
3.6.1 引言	159
3.6.2 MMIC 并联放大器的设计	162
3.7 音频放大器	162
3.7.1 引言	162
3.7.2 IC 音频放大器的设计	162
3.8 可调增益放大器	163
3.8.1 引言	163
3.8.2 可调增益放大器的设计	164
3.9 放大器的耦合与去耦	166
3.9.1 引言	166
3.9.2 耦合与去耦电路的设计	166
第4章 振荡器设计	171
4.1 振荡器仿真	173
4.1.1 引言	173
4.1.2 开环设计	173
4.2 VCO 和 LC 振荡器	180
4.2.1 引言	180
4.2.2 LC 振荡器的分类	180
4.2.3 LC 振荡器和 VCO 的设计	183
4.2.4 LC 振荡器的验证	190
4.2.5 LC 和 VCO 振荡器的有关问题	191
4.3 晶体振荡器	194
4.3.1 引言	194
4.3.2 晶体振荡器的分类	196
4.3.3 晶体振荡器的设计	198

4.3.4	晶体振荡器的有关问题	202
4.3.5	晶体振荡器的测试和优化	203
第5章	频率合成器设计	204
5.1	锁相环	204
5.1.1	引言	204
5.1.2	设计锁相环	209
5.2	直接数字式合成	217
第6章	滤波器设计	219
6.1	集总参数滤波器	224
6.1.1	引言	224
6.1.2	集总滤波器的种类	224
6.1.3	镜像参数设计	226
6.2	分布参数滤波器	235
6.2.1	引言	235
6.2.2	分布参数滤波器的类型	235
6.2.3	分布参数滤波器的设计	237
6.2.4	分布参数滤波器的讨论	241
6.3	天线分离滤波器	241
6.3.1	引言	241
6.3.2	天线分离滤波器的设计	242
6.4	晶体和表面声波滤波器	243
6.4.1	引言	243
6.4.2	晶体滤波器和表面声波滤波器的讨论	244
6.5	有源滤波器	245
6.5.1	引言	245
6.5.2	有源滤波器设计	247
6.6	可调滤波器	248
6.6.1	引言	248
6.6.2	可调滤波器设计	248
第7章	混频器设计	252
7.1	无源混频器	253
7.1.1	引言	253

7.1.2	无源混频器的类型	254
7.1.3	无源混频器设计	255
7.1.4	关于无源混频器的讨论	256
7.2	有源混频器	260
7.2.1	引言	260
7.2.2	有源混频器的类型	261
7.2.3	有源混频器设计	263
7.2.4	关于有源混频器的讨论	268
第8章	支持电路设计	269
8.1	倍频器	269
8.1.1	引言	269
8.1.2	倍频器的设计	272
8.1.3	关于倍频器的讨论	275
8.2	RF 开关	277
8.2.1	引言	277
8.2.2	RF 开关的设计	278
8.2.3	关于 RF 开关的讨论	282
8.3	自动增益控制	283
8.3.1	引言	283
8.3.2	自动增益控制的设计	284
8.3.3	关于自动增益控制的讨论	289
8.4	衰减器	289
8.4.1	引言	289
8.4.2	固定衰减器的设计	290
8.4.3	可变衰减器的设计	291
8.5	平衡—不平衡转换器	292
8.5.1	引言	292
8.5.2	平衡—不平衡转换器的设计	293
8.6	分解器/组合器	295
8.6.1	引言	295
8.6.2	分解器/组合器的设计	295
8.7	电源	297
8.7.1	引言	297
8.7.2	电源稳压器的几种类型	301

8.7.3 稳压器的设计	305
8.8 定向耦合器	307
8.8.1 引言	307
8.8.2 定向耦合器的设计	308
第9章 通信系统设计	310
9.1 接收机	310
9.1.1 引言	310
9.1.2 接收机设计	311
9.1.3 关于接收机的讨论	318
9.2 发射机	318
9.2.1 引言	318
9.2.2 发射机设计	319
9.3 链路预算	321
9.3.1 引言	321
9.3.2 链路预算设计	322
9.3.3 设计结果	325
9.3.4 关于链路预算的讨论	325
9.4 整机系统	327
9.4.1 引言	327
9.4.2 无线系统设计	327
9.4.3 使用射频集成电路进行系统设计	331
9.4.4 关于系统的讨论	334
第10章 无线通信讨论	337
10.1 系统和元器件中的噪声	337
10.2 电磁干扰	338
10.2.1 引言	338
10.2.2 抑制 EMI 的设计	338
10.3 无线电路板设计	340
10.3.1 引言	340
10.3.2 印刷电路板材料	340
10.3.3 电路板设计	343
10.3.4 电路板的设计问题	347
10.4 软件无线电	350

10.4.1	引言	350
10.4.2	软件无线电的设计	351
10.5	混合电路	352
10.5.1	引言	352
10.5.2	电路板和导体材料	353
10.6	直接变换接收机	354
10.6.1	引言	354
10.6.2	直接变换的有关问题	355
10.7	制造样机	356
10.7.1	引言	356
10.7.2	样机考虑	356
10.8	天线	357
10.8.1	引言	357
10.8.2	常用天线类型	359
10.8.3	天线的有关问题	361
10.9	RF 连接器	362
10.9.1	引言	362
10.9.2	连接器类型	362
10.10	无线设计软件	363
10.10.1	引言	363
10.10.2	RF 程序	364
10.10.3	RF 软件的有关问题	367
10.11	美国联邦通信委员会设备授权	368
10.11.1	引言	368
10.11.2	对无线设备的规定	368
10.12	支持电路	370
10.12.1	引言	370
10.12.2	电路	370
附录 A	PUFF 用户手册	376
A.1	入门	376
A.2	Parts 窗口	383
A.3	Layout 窗口	389
A.4	Board 窗口	392
A.5	Plot 窗 口	393

A. 6 高级模型	394
A. 7 不连续性	399
A. 8 元件扫描	401
A. 9 使用 PUFF	404
A. 10 PUFF 结构	410
 附录 B 常用表格	 416
专业术语表	419

第1章 无线电基础

深刻理解有源器件、无源器件在高频段的性能对成功设计电路非常重要。同时,集总和分布传输线的基本概念、S 参数、信号在无线电频段(RF)上的传播,也是无线电设计的基础。

1.1 无线电频段的无源元件

1.1.1 引言

在无线电频段,集总电阻、集总电容和集总电感并不是像它们在低频段中所表现出的“纯”的电路元件。如图 1.1 所示,它们在较高频段的真正特性是不合乎要求的电阻、电容和电感的性质,在任何无线电电路的设计、模拟和布线过程中,都必须考虑这一特性。

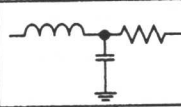
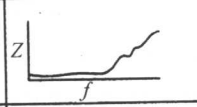
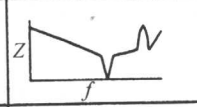
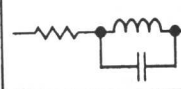
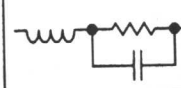
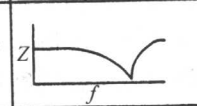
元件类型	低频属性	高频属性	响应曲线
导线			
电容器			
电感器			
电阻器			

图 1.1 高频(HF)和低频(LF)状态下元件的实际特性

在微波频段,为了降低由于引线电感带来的损耗,所有元件的引线长度必须取最短,而且,甚至连接无源元件的电路板上的连线也必须转换为传输线结构。对缩短任何元件的引线长度而言,表面安装器件(SMD, Surface Mount Device)是理想的,从而可缩小串联电感(如图 1.2 所示);最常用的传输线结构是微带线,在整个微带线长度内,都将保持 50Ω 的电阻,且不会增加电感和电容。

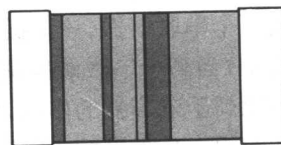


图 1.2 一种表面安装电阻

随着任一无线电电路工作频率的升高,要求实际电路中集总元件的物理结构尽可能地小,