

The Essential Guide to RF and Wireless (Second Edition)

射频和无线技术入门 (第2版)

Carl J. Weisman 著

刘志华 徐红艳 李萍 译

冯玉珉 审

- * 概念、技术、器件和系统等，介绍无线通信系统的基本知识和关键技术
- * CDMA、GPS、宽带固定无线、无线因特网、蓝牙和智能天线等，帮助您理解最新无线通信技术革命
- * 极适合市场人员、投资商、技术作家、PR专家及其他非技术工程师



清华大学出版社

The Essential Guide to FBI and Law Enforcement Interviewing

犯罪心理学入门 (第2版)

JOHN A. HIRSHMAN 著
陈国峰 陈国峰 陈国峰 译
陈国峰 校

本书是犯罪心理学领域的权威著作，由著名犯罪心理学家撰写，内容详实，案例丰富，是犯罪心理学领域的经典之作。本书不仅适合犯罪心理学专业的学生阅读，也适合从事犯罪心理学研究的学者参考。本书的出版，对于推动我国犯罪心理学的发展，提高犯罪心理学研究的水平，具有重要的意义。

射频和无线技术入门 (第2版)

Carl J. Weisman 著

刘志华 徐红艳 李萍 译

冯玉珉 审

清华大学出版社

北京

Simplified Chinese edition copyright © 2004 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: The Essential Guide to RF and Wireless, Second Edition by Carl J. Weisman, Copyright © 2002, 2000 by Prentice Hall PTR

EISBN: 0-13-035465-1

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall PTR.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由 Pearson Education 授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2002-3017

版权所有,翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

本书封面贴有 Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

射频和无线技术入门(第2版)/韦斯曼(Weisman, C. J.)著;刘志华等译. —北京:清华大学出版社,2005.6
书名原文: The Essential Guide to RF and Wireless (Second Edition)

ISBN 7-302-10657-6

I. 射… II. ①韦… ②刘… III. ①射频接转—通信技术 ②无线电通信—通信技术 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 020108 号

出版者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机: 010-62770175

地址: 北京清华大学学研大厦

邮编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 刘彤

印刷者: 北京四季青印刷厂

装订者: 三河市春园印刷有限公司

发行者: 新华书店总店北京发行所

开本: 185×230 印张: 13.75 字数: 295 千字

版次: 2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-302-10657-6/TN·239

印数: 1~3000

定价: 25.00 元

译者序

近几年来,无线通信系统在世界范围内得到了迅速发展,并不断有新技术出现,主要在于射频硬件处理技术的不断发展。从第1代模拟蜂窝移动通信,到当前普遍使用的第2代数字蜂窝移动通信,再到以宽带、多媒体业务为标志的第3代移动通信,无论从用户数量、业务范围,还是从服务质量上都得到了长足的发展。迄今,我国移动用户已超过3亿,并与固话普及率并驾齐驱。

作为这方面的基础知识,Carl J. Weisman 以其多年的工作经验,用幽默诙谐的语言、简洁明了的篇幅书写了“The Essential Guide to RF and Wireless”(射频和无线技术入门)。本书简明地对无线通信中的基本概念、主要射频器件做了全面的介绍,并以数字移动电话为例,详细介绍了无线通信系统中的基本常识。

本书对基本射频硬件及无线通信系统从概念到工作原理上都有较为详细的介绍,并系统而具体地介绍了无线通信系统发展过程中所出现的关键技术及系统,如广播、雷达、点到点微波以及移动电话系统等;对无线通信中较新领域的关键技术也进行了简单介绍,如宽带固定无线通信、无线网络、移动 Internet 等。

由于本书内容以理解射频硬件和无线系统主要概念为主,因此,本书适合射频和无线通信初学者阅读,也可作为在射频和无线通信领域工作人员的自学参考书。

本书由通信专业高级工程师刘志华和优秀的研究生李萍、徐红艳女士翻译。本书中的电气图形符号保留了原书的形式。由于译者水平有限,难免会出现一些不妥,甚至错误,敬请通信界同仁和读者批评指正。

冯玉珉

2004年7月于北京

前 言

自从我写了第1版《射频和无线技术入门》以后,射频(RF)和无线领域发生了很多变化。实际上,很多技术已经出现很长时间了,只是在近两年才得到广泛应用。不可否认,我们的生活将随着正在经历的无线技术革命而发生变化。

这本书是为那些想了解这项神秘技术的实际工作情况,但没有好运气获得工程学学位的人而写。自始至终,本书最重要的目的是要简化射频电子学和无线技术,因此应用了类比、比喻和少量数学写作手法。为进一步解释内容,还包括很多图形和数字。不同于其他通信技术类的图书,本书语言清晰、明快、幽默诙谐。依我看来,一本有关RF的介绍性的书无论多么正确或有内涵,如果冗长而枯燥,通常读者连第1章也没兴趣读完。

《射频和无线技术入门》尽量用简单方法解释概念,在其指导下,本书想达到两个主要目标:提供射频器件和无线系统的概念理解,并给出行业中的主要术语。若事先没学习术语,很难理解像无线通信这么复杂的内容。

《射频和无线技术入门》主要面向那些对射频知识没有什么基础,但又需要或者很想了解的非技术人员。对于工作在RF领域的工程师,有很多是这个领域的非技术人员,他们从理解和交流RF中得到益处。他们包括非技术经理、销售主管、调度专家、制造商代表、销售人员、市场和通信人员、广告代理商、零售摊人员、招聘人员、金融分析人员和技术专家等。本书第1版在投资银行家和风险资本家中很畅销。

可以有三种方法使用本书。第一,将本书通读一遍,每一章都是以前一章为基础写的,并以基本概念和术语开头,以各种无线系统类型结尾。第二,若读者想快速掌握单个名词和概念,可只阅读部分内容。在不同章节中对有些名词进行了重复解释,比单个章节的描述更便于理解。第三,本书可作为参考书目。其中很多表、术语、附录都能使读者快速掌握无线行业中的术语、缩写和规范。

不论读者如何使用本书,如果是初次接触射频,建议读者先阅读第1部分的全部内容(第1、2章),它为本书其余部分奠定了概念基础。

第2部分(第3~5章)主要面向工作在射频和无线行业的人员,详细介绍了射频系统的基本技术。解释了所有用于制造射频硬件的重要功能模块,以及制造它们的不同方法。同时还讲述了关于调制的引人入胜的话题,这是进入无线世界的预备知识。

在第2版中,第2部分增加的新内容,包括智能天线和超导滤波器。第2版增加的其他新器件是移相器和相位检测器(和它们在相位调制中的角色)。同时相应地加入了相位调制的扩展讨论和形象描述。同时第2版新增加了一些当今使用的更新型半导体材料。

最后,第3部分(包括第6~8章)内容很有趣。这部分给读者几种无线系统一个总的看

法。第6章讨论一些已经出现一段时间的无线系统。这些系统中的大多数读者已经很熟悉,但很可能不了解它们的工作原理,新版的第6章包括GPS的扩展讨论及对卫星因特网传送的介绍。

第2版对第7章进行了重新修订,专门讨论移动电话。讨论了世界范围内选择的不同移动电话系统及它们的工作原理,并给出一般数字蜂窝电话框图。由于对未来移动电话很重要,第7章还专门用一节讨论了CDMA的工作过程。第7章还对未来移动电话进行了讨论。

第8章是第2版新增部分,讨论所有这些无线技术、系统和应用(它们在出版第1版时就已经出现了),包括宽带固定无线、无线互联和移动因特网接入的发展。还讨论了一些前沿无线技术、无线安全和健康问题。

感谢所有对第1版反馈信息的人,并希望得到更多补充性反馈内容,尤其希望得到一些批评性建议来改进第2版内容。

如果你愿意给本版反馈信息,请用电子邮件联系我: cjweisman@yahoo.com

目 录

第 1 部分 基本原理

第 1 章 基本概念	1
1.1 简介	1
1.2 词汇	2
1.2.1 词头	2
1.2.2 基本电子术语	2
1.3 射频基础	3
1.3.1 发射机和接收机	3
1.3.2 信号	4
第 2 章 射频行为	8
2.1 损耗和增益	8
2.1.1 器件	8
2.1.2 衰减	8
2.1.3 插入损耗	9
2.2 分贝	10
2.2.1 定义	10
2.2.2 分贝数学表达	10
2.3 带宽	12
2.4 宽带和窄带	13
2.5 环境中的射频	13
2.6 匹配	15
2.6.1 匹配的概念	15
2.6.2 不良匹配的结果	17

第 2 部分 射频硬件

第 3 章 基本系统器件	19
3.1 方框图	19

3.2	天线	20
3.2.1	方框图	20
3.2.2	天线特性	21
3.2.3	天线如何工作	23
3.2.4	天线性能	23
3.2.5	极化	25
3.2.6	天线维数	25
3.2.7	智能天线	26
3.3	放大器	27
3.3.1	方框图	27
3.3.2	放大器的基本属性	27
3.3.3	放大器如何工作	30
3.3.4	特殊放大器	31
3.4	滤波器	32
3.4.1	方框图	32
3.4.2	滤波器的功能	33
3.4.3	滤波器的类型	33
3.4.4	滤波器的性能	34
3.4.5	特殊滤波器	35
3.5	混频器	37
3.5.1	方框图	37
3.5.2	混频器的功能	37
3.5.3	混频器如何工作	38
3.5.4	混频器的配置	39
3.6	信源	40
3.6.1	方框图	40
3.6.2	振荡器如何工作	40
3.6.3	不同类型的振荡器	41
3.6.4	特殊振荡器——压控振荡器	42
3.6.5	合成器	43
3.7	快速回顾	43
3.7.1	发射机和接收机方框图	43
3.7.2	回顾	44

第 4 章 其他器件	46
4.1 开关	46
4.1.1 方框图	46
4.1.2 开关的功能和性能	47
4.1.3 开关的类型	47
4.1.4 系统应用	49
4.2 衰减器	50
4.2.1 方框图	50
4.2.2 衰减器的功能	50
4.2.3 衰减器的类型	50
4.3 分配器和组合器	53
4.3.1 方框图	53
4.3.2 分配器和组合器的功能	53
4.3.3 系统应用	54
4.4 耦合器	54
4.4.1 方框图	54
4.4.2 耦合器如何工作	54
4.4.3 耦合器的类型	55
4.5 循环器和隔离器	56
4.5.1 方框图	56
4.5.2 循环器如何工作	56
4.5.3 系统应用	57
4.5.4 隔离器	57
4.6 变换器	58
4.6.1 方框图	58
4.6.2 变换器的功能	59
4.7 检测器	60
4.7.1 方框图	60
4.7.2 检测器的功能	60
4.8 移相器	60
4.8.1 方框图	60
4.8.2 移相器的功能	61
4.9 相位检测器	62

4.10 器件回顾	62
第5章 电路和信号	63
5.1 半导体	63
5.1.1 材料和器件	63
5.1.2 二极管	65
5.1.3 晶体管	65
5.1.4 集成电路(MMIC)	67
5.2 电路技术	68
5.2.1 集总 and 分散电路	68
5.2.2 分立、混合和 MMIC 电路选择	69
5.2.3 组件	72
5.2.4 空穴	72
5.3 调制	73
5.3.1 调制的概念	73
5.3.2 调制的类型	73
5.3.3 调制器和解调器	78
5.4 传播	79
5.4.1 电缆	80
5.4.2 连接器	81
5.4.3 波导	84
5.4.4 电路迹线	84

第3部分 射频系统

第6章 传统技术	86
6.1 广播	87
6.1.1 广播的概念	87
6.1.2 频率的角色	88
6.1.3 调谐	90
6.1.4 电视传输	91
6.2 雷达	93
6.2.1 雷达的概念	93
6.2.2 雷达如何工作	95
6.2.3 各种雷达系统	97
6.3 卫星通信	99

6.3.1	为什么使用卫星	99
6.3.2	卫星如何工作	100
6.3.3	卫星系统	105
6.3.4	一种特殊的卫星系统——GPS	107
6.3.5	下一代卫星——LEO	110
6.3.6	互联网构建	112
6.4	点到点微波	115
6.4.1	点到点微波概念	115
6.4.2	点到点操作	116
第 7 章	移动电话	119
7.1	世界的选择	119
7.1.1	区别	119
7.1.2	世界范围的系统	120
7.2	蜂窝的概念	121
7.2.1	拓扑	121
7.2.2	基础结构	122
7.2.3	移动	123
7.2.4	增容	124
7.3	根本技术	125
7.3.1	频率复用	125
7.3.2	空中接口	127
7.3.3	蜂窝电话方框图	129
7.4	CDMA	131
7.4.1	扩频	131
7.4.2	信道	136
7.5	蜂窝发展	136
7.5.1	发展历程	136
7.5.2	通向 3G 的道路	138
第 8 章	无线新领域	142
8.1	宽带固定无线	143
8.1.1	无线本地环	143
8.1.2	空间链路传输技术	148
8.2	无线网络	151

8.2.1	局域网	151
8.2.2	个人局域网	155
8.2.3	家用网络	157
8.3	移动 Internet	159
8.3.1	技术	160
8.3.2	移动商务	161
8.4	前沿	162
8.4.1	技术展望	162
8.4.2	安全问题	166
8.4.3	关注健康	168
附录 A	术语表	170
附录 B	缩写词	189
附录 C	规范	202
参考书目		204
关于作者		205

第 1 部分 基本原理

第 1 章 基本概念

本章将介绍学习射频所需要了解的最基本词汇和概念。在学习读写之前,读者要先学习 ABC,本章就是学习射频的 ABC。这里可能会看到曾经在学校里学习过的一些术语,同时将会了解到一些不只与射频相关,而且在所有电子领域中使用的词,如瓦特、电路、赫兹等。当然,我们会透彻地解析射频的含义。

本章介绍的一个重要概念是方框图,它是射频硬件组成的图形描述。本章介绍了描述所有无线系统中的两个基本功能模块:发射机和接收机;同时讨论了电能量存在的两种模式,即两种类型的电信号:数字信号和模拟信号。

频率是理解射频的最重要的概念,在此也作了详细解释。最后,本章还突出了无线通信中的一个独特之处,即无线通信是两个不同形式电信号的结合:一个是存储信息,一个是承载信息。

1.1 简介

警告! 本书是非常复杂问题的一个超简化版本。阅读完本书,读者不会设计射频电路——也不应该会。但是,读者应该能够在行地谈论射频和无线概念,理解业内人士的行话,并能够很形象地了解正在发生的事情。

阅读本书的动力就是简单,也就是说,可以很容易地理解内在的量化概念。本书也采用很多比喻和类比手法来帮助读者理解概念,如果要在简单化和精确事实之间作个选择的话,本书宁愿选择简单化。这就如吃比萨一样,根本不必知道如何种西红柿;读者想了解射频,同样也没有必要非知道麦克斯韦方程式不可。

本书是为那些在射频和无线领域或相关行业工作的、没有获得技术学位的人士而写,读者不需要懂得电子、射频或任何其他神秘科学。为了努力达到该目的,整本书里,只在这里介绍一个公式,希望读者记住,即

$$B=M$$

这个等式的意思是,此书卖得越多,我赚的钱就越多。也就是说,读者可以尽管放松。

本书中“射频”和“无线”两个词交替使用,目的就是为了不显得太单一。无线主要是一个市场术语,用来描述一个新的射频应用子集,同时该应用还包括像蜂窝电话和寻呼等。本书经常用蜂窝电话来举例,帮助读者理解发生的事情。

有两件事请注意。第一,本书使用方框图来描述射频系统,如果还有其他方式,我也会选择;不幸的是,这是最简单的描述方法。方框图由直线连接特殊符号来系统地构成。某种意义上,方框图就像是一门外语,射频工程师们用它来交流在射频领域内所发生的事情。当读者阅读本书的时候,会理解基本的方框图。

第二,本书力求达到的另一个特点就是要生动有趣。

1.2 词汇

在真正开始阅读本书之前,有必要熟悉几个术语。第一个也是最为重要的就是 RF。RF 的字面意思是射频,不过,该词更常用于名词和形容词形式,例如射频(名词)或者射频信号(形容词)。射频也可以表示频率范围,后面还有更多描述。本书很快就会告诉读者,最好把射频认为是运动的电信号。

1.2.1 词头

接下来要知道的是 10 的多次幂的词头表示法,只有 4 种结果,如表 1-1 所示。

表 1-1 射频中有用的词头

词头	含义	举例	解 释
m(毫)	10^{-3}	5mW	0.005W
k(千)	10^3	3kg	3 000g
M(兆)	10^6	2MHz	2 000 000Hz
G(吉)	10^9	100G\$	比尔·盖茨的净资产

1.2.2 基本电子术语

表 1-1 引入了您需要了解的另外一个词: 瓦特(W)。瓦特是功率测量单位。如果读者不知道瓦特是什么,就想像一下摸着一个发烫的电灯泡。和功率相关的是能量(J),即功率乘以时间。如果 100W 的灯泡点 2 个小时,就等于 200W·h 能量。如果要想像一下能量是什么,就想像摸了两小时发烫的电灯泡。但请注意,在奇特的射频世界里,功率和能量两个词经常替换使用。

与功率和能量密切相关的两个词是电压和电流。电压就是一种电能势,它分两种:AC(交流)电压是墙上插座提供的电压类型;DC(直流)电压是电池所提供的电压类型。电流仅仅是电子的移动。与电压一样,电流也可以是交流或者直流。电压、电流和功率之间确切的关系很简单:电压乘以电流等于功率。

与电流、电压相关并经常使用的一个重要的词就是电路。电路就是电材料之间的互连,电路有时被加工在印刷电路板(PCB)上。如果读者曾经看过计算机、录像机或其他电子仪器的内部结构,就会看到PCB。其实它就是一块布满电子材料的硬而薄的塑料板。

偶尔还会见到的一个词是微波。它经常和射频混用,但更常见于描述频率范围。毫米波也常用于描述频率范围。

现在读者可能已经感觉到频率一词在射频世界里的重要性,这个词将在后面详细描述,但它的重要怎么强调都不为过。如果读者打算彻底了解射频,就一定要了解频率这个词。如果已经理解了频率是什么,那么你就成功了。如果你认为频率就是某事重复发生的程度,你是对的,接着往下看吧。

下面将用蜂窝电话来解释射频如何工作,因此还要熟悉一个词——基站。蜂窝基站由那些路边的蓝色或灰色的钢塔构成,它属于蜂窝运营商,用于蜂窝电话间的通信。

在射频世界里,所有术语都最终被它的缩写词代替,在解释了概念,并将缩写词标注在括号中以后,本书将交替使用这些概念和缩写词。这样就不需要阅读几百页的大部头了。但是不用担心,附录B提供了这些缩写词的说明,从而帮助读者理解。

1.3 射频基础

1.3.1 发射机和接收机

电能量以如下两种方式中的一种从一个地方转移到另一个地方,它或者像电流沿着导体流动(电子束沿着金属线移动),或者在空气中以不可见波传播。在一个典型的无线系统里,电能量开始时为电流沿导体流动,接着转为空气中传播的波,然后又转回电流沿导体流动(见图1-1)。

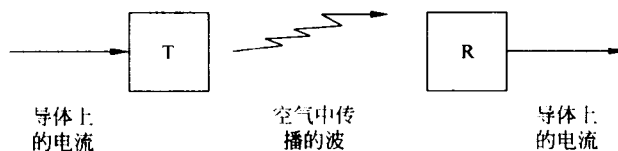


图 1-1 通用无线系统方框图

在图 1-1 中,电信号随电流在导体中移动(从左开始),进入标注为“T”的盒子内。盒子 T 就是发射机,它将电子电流转换成空气中的波。波以光速传播,再到达标注为“R”的盒子。盒子 R 就是接收机,它将波再转换成电子电流。

你知道吗?

有时射频工程师将发射机和接收机结合成一个功能单元,现在读者能想像到这个独特的产物叫什么吗?收发机。

1.3.2 信号

1. 模拟信号

如果使电能强度(电流或波)随时间而变化就可以存储信息。当电能量以受控方式随时间变化时就称为信号。信号可分为两类:模拟和数字。读者如果学习过中学的三角学,可能还记得正弦波。冒着可能会激起你可怕回忆(不幸忘掉了)的风险,图 1-2 还是描述了一下正弦波。正弦波当从 A 点增长到 B 点达到最大值,在 C 点返回 0,接着在 D 点达到最小值,在 E 点又返回到 0 值。如此周而复始持续下去。

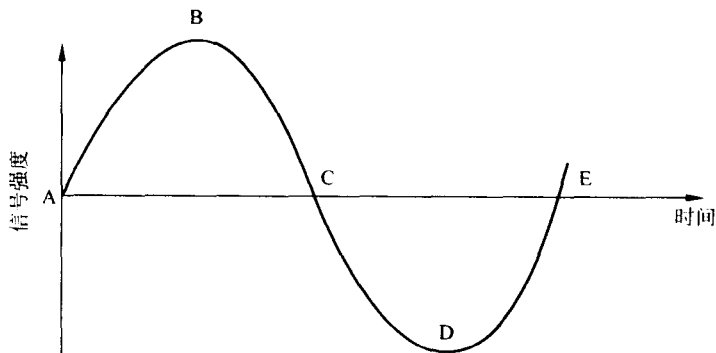


图 1-2 一个正弦波

正弦波是模拟信号的一个例子。不论是电流沿导线流动还是波在空气中传播,一个正弦信号强度的变化就是图 1-2 中所描述的那样。在射频世界里,信号强度通常都是以功率(W)来衡量。信号在 1 秒内完成一个完整正弦波(从 A 到 E)的次数就是信号的频率(以赫兹为单位,符号为 Hz)。如果读者觉得很难理解赫兹,那么每次听到赫兹一词就用“每秒周期数”替代。为理解这些信号上下振荡是多么快,举个例子,例如蜂窝电话中使用 900MHz 信号,也就是说在 1 秒内信号上下振荡了 9 亿次。以今天的标准来看,它还不算是一个非常高的频率。