

无线单片机技术丛书

CC1110

CC2510

Wireless

CC1110/CC2510无线单片机和 无线自组织网络入门与实战

李文仲 段朝玉 等编著



北京航空航天大学出版社

TP368.1/431

2008

无线单片机技术丛书

CC1110/CC2510 无线单片机 和无线自组织网络入门与实战

李文仲 段朝玉 等编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以最新 CC1110/CC2510 高性能无线单片机为基础,介绍小型低功耗 RF 无线网络协议,配合成都无线龙通讯科技有限公司提供的个人无线学习系统 C51RF-PS 完成所有单片机、无线数据通信、无线网络等实验,使读者对无线网络豁然开朗,对无线网络的原理和设计有全新的认识。

本书是个人、学生、无线爱好者、工程师学习无线网络基础的入门读物,本书也可作为广大从事单片机、无线应用、自动控制、无线传感等专业的工程技术人员的参考书,或可作为高等院校的计算机、电子、自动化、无线通信等专业相关课程的教材。

图书在版编目(CIP)数据

CC1110/CC2510 无线单片机和无线自组织网络入门与实战/李文仲等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,
2008.4

ISBN 978-7-81124-306-2

I. C… II. 李… III. ①单片机微型计算机②无线电通信—
自组织系统—通信网 IV. TP368.1 TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 043010 号

CC1110/CC2510 无线单片机和无线自组织网络入门与实战

李文仲 段朝玉 等编著

责任编辑 李春风 陆海军

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:19 字数:426 千字

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-306-2 定价:29.00 元

本书编委会

主编：李文仲 段朝玉
编委：崔亚远 黄小林 刘保健
林 涛 栗学林 敬 勇
郑裕侠

序 言

动手实践,快速掌握无线网络的“王冠”——软件协议栈

目前,随着像 ZigBee、Wi-Fi、蓝牙等新兴无线技术在市场上的空前成功,短距离嵌入式无线数据通信和无线网络作为电子技术和嵌入式技术发展的一个热点,开始受到越来越多的人的关注,同时也希望尽快学习和掌握这门最新的技术,将这些无线技术应用到自己熟悉的领域。

许多大学和职业学校,也希望尽快开设短距离无线通信、ZigBee 技术、无线传感器网络、单片机无线数据通信等新兴课程,缩短学生和目前先进技术的差距,使学生掌握最新的无线通信和无线网络技术,增加就业机会。

世界著名的芯片厂商 TI 公司最近发布了最新的 CC1110 和 CC2510 高性能无线单片机和在该芯片上运行的一个简化无线网络协议栈,对于希望学习单片机和入门嵌入式无线的读者及期待学习无线和无线网络技术的读者,是一个全新的机遇和喜讯。

我们认为,如果采用这个优秀的无线片上系统(SoC)构建一个全新的学习体系,就有可能实现一个平台,一本教材。从学习单片机基础开始,到学习短距离无线数据通信,学习高级的无线网络等,一气呵成,让读者非常容易地完成入门单片机、入门和实战无线网络的学习之旅。

本书从熟悉基本的硬件工具和平台开始,让读者首先简单熟悉将贯穿全书使用的 C51RF-PS 单片机和无线教学平台(C51RF-PS 是为本教材量身定制的低价格单片机和无线教学系统)。然后简单熟悉 IAR 高级软件编译和集成调试环境(这是一个非常强大的,类似 Keil 的 C51 编译、调试软件开发平台)。接下来详细介绍了 CC2510、CC1110 无线单片机的硬件结构和基础,为下面的无线网络学习打基础。

从第 3 章起,本书通过 9 组大型实验让读者在动手实践中,开始单片机学习的实践过程。实验内容涵盖了 I/O 初始化、定时器使用、中断应用、A/D 应用、串口通信、时钟编程、看门狗、液晶驱动,以引导初学者入门。每个实验都给出了详细的原理、内容及建好的 C51 工程和 C51 源代码程序。对于完全没有单片机基础的读者,通过这样一段学习实验的过程,将能够比较容易地对应教材,通过实际实验,初步掌握 8051 单片机的基础;对于已经非常熟悉 8051 单片机的读者,也可以看作是一个很好的和对无线单片机基础和原理的复习过程。

当读者已经具备一定单片机基础后,本书进入了无线部分的学习过程,在第 4、5 章中本书通过 6 组实验,包括:CC1110/CC2510 无线射频收发配置、无线射频点对点无线数据通信、FDMA 点对多点无线数据通信、TDMA 点对多点无线数据通信、CSMA 点对多点无线数据通

信、FHSS 点对多点无线数据通信等,详细介绍了短距离无线数据通信的基本技术原理,并通过具体的实验,让读者实际体验到如何采用 C51 编程和控制,实现无线通信的具体基础和软件编程技巧。这实际上也是丰富读者嵌入式开发方面的经验和 C51 编程方面的经验。

特别一提的是从这部分实验开始,读者将开始使用成都无线龙通讯技术有限公司(简称成都无线龙公司)专门开发的虚拟 PC 软件工具。这套工具包括无线龙串口助理、无线龙虚拟液晶和七段显示等,读者使用这些工具,等于将自己的 PC 作为一个嵌入式应用的显示和通信窗口,利用 PC 强大的图形显示功能,能更加直观地看到自己 C51 软件代码的实际运行效果和无线通信、无线网络实验的实际效果。不仅方便和容易使用,而且大大降低了这套开发平台的成本,使在家建立低价格单片机/无线开发平台的梦想更加接近变成现实。

在读者完成无线数据通信的基本训练后,本书进入全书的重点——自组织无线网络,通过对能“开盒即用”的、在 CC1110/CC2510 等片上系统 (SoC) 上运行的、简单小型 RF 网络协议的详细介绍和大量实验,让读者了解和真实体验一个典型的网络协议的基础和原理, C51 代码在 RF 网络协议工作中的具体过程。

小型低功耗 RF 网络通常包含电池供电的设备,这就需要较长的电池使用寿命,以及较低的数据速率与占空比,而且直接相互通信的节点数量也非常有限。利用这个小型网络协议可实现 MCU 资源占用的最小化,从而降低了低功耗 RF 网络的系统成本。

在使用很少资源情况下,这个小型无线网络协议依然能够支持点对点多路由通信。这种选择方案不仅可使用数据中心和网关 (Access Point) 来存储并发送消息,还能通过范围扩展设备 (Range Extender) 来扩大网络覆盖范围,以支持四次网络跳转 (AD-HOC); 同时还支持串状网络和多种网络拓扑、高级网络路由等多种自组织无线网络功能。

本书的大量实验让读者实际体验和了解包括 Network Management (网络管理)、Access Point (数据中心)、Frequency Agility (跳频)、Range Extender (范围扩展)、Encryption (加密)、Battery-only Network (低功耗网络) 等高级无线网络基础。

同时对网络协议各层:应用层 (Application Layer, APP)、网络层 (Network Layer, NWK)、硬件逻辑层 (Lite Hardware Abstraction Layer, LHAL)、无线网络的加密层等,也有一个实际和清晰的了解。

如何在低价格的单片机系统中,在占用很少内存资源的情况下,开发低功耗无线网络系统? 如何开发自组织无线网络协议软件? 如何设计复杂的网络拓扑软件? 如何实现路由和无线自动转发? 这些在目前的市售的书籍和资料中都很少见,但是这个运行在 CC1110/CC2510 等片上系统上的小型无线网络协议栈,像一只被解剖的麻雀,向我们展示了其中的奥妙和原理,让读者对无线网络豁然开朗,对无线网络的原理和设计都有了全新的认识。

长期以来,国内的大学和职业学校在开设无线通信和单片机无线数据传输相关课程的时候,对无线网络协议栈这个无线网络的核心部分的教学,让学生能够通过实践分析一个典型的无线网络协议栈来了解无线通信协议栈的原理;实际动手实践,掌握如何设计无线网络协议

栈;一直没有很好的教学解决方案。目前市场上的无线网络协议栈,如 GSM/GPRS 协议栈, 802.11/Wi-Fi 协议栈等,都比较复杂和庞大,不太适合入门级教学使用,而本书和本书介绍的这个小型无线网络协议栈和相关实验代码——低成本的 C51RF-PS 实验开发系统,正好为国内无线网络协议栈课程和无线网络课程、单片机精品课程的教学,提供了理想的、成套的教学学习解决方案。

无线龙公司提供了全部网络协议栈 C51 源代码,让读者在学习领会的基础上,可以很方便地在 C51 源代码上进行修改和裁剪,开发自己的各种实际应用。

当读者认真读完全书,成功做完全书中的各种实验,将这套伴随你这次单片机/无线学习之旅全过程的 C51RF-PS 系统收入包装盒之中时,我们祝贺读者:你从开卷前对单片机还比较缺乏了解,到学习本书后,通过对本书的学习实践,已经具有了单片机 C51 软件开发的良好基础;同时对无线通信、无线网络方面也兼备了相当的动手能力、知识和经验。

我们同时也希望读者从这里开始,继续学习 16 位、32 位微控制器,学习各种新型无线芯片和无线片上系统,学习 ZigBee 无线网络、蓝牙无线网络、GSM/GPRS 和 802.11/Wi-Fi 高速无线网络技术。

我们和读者一样知道学海无边,知识没有穷尽。今天无线技术、嵌入式技术正在以空前的速度向我们走来,正在改变着世界,改变着我们的生活和未来,让我们扬起风帆,举起双手,去迎接无线时代的到来!愿本书作为读者启航无线世界,启航嵌入式世界的一块基石、一片桨叶、一丝清风……这也是我们成都无线龙公司全体科技人员和北京航空航天大学出版社共同的心愿。

作 者

2008 年 3 月

于成都锦江河畔

目 录

第 1 章 无线单片机网络开发平台

1.1 无线单片机网络硬件开发平台	2
1.1.1 概 述	2
1.1.2 在线 USB 仿真器	4
1.1.3 高频无线模块	5
1.1.4 供电底板	6
1.1.5 多功能、多样式扩展板	7
1.2 无线单片机网络软件开发平台	8
1.2.1 IAR 集成开发环境简介	8
1.2.2 IAR 集成开发环境	10
1.2.3 成都无线龙数据监控软件	28

第 2 章 无线单片机 CC1110/CC2510

2.1 CC1110/CC2510 芯片的主要特点	31
2.2 CC1110/CC2510 芯片架构	32
2.3 CC1110/CC2510 片上 8051 内核	35
2.3.1 增强型 8051 内核	35
2.3.2 存储空间	35
2.3.3 特殊功能寄存器	36
2.4 CC1110/CC2510 主要特征外设	38
2.4.1 输入/输出(I/O)端口	38
2.4.2 直接存取(DMA)控制器	39
2.4.3 14 位 ADC	39
2.5 CC1110/CC2510 无线收发部分配置	40
2.5.1 CC1110 无线部分重要配置	41
2.5.2 CC2510 无线部分重要配置	46
2.5.3 参考设计电路	47

第 3 章 无线单片机基础实验

3.1 I/O 实验	50
3.2 定时器实验	60
3.3 中断实验	66
3.4 A/D 转换实验	75
3.5 串口实验	85
3.6 电源及时钟实验	95
3.7 看门狗实验	105
3.8 液晶显示实验	109

第 4 章 短距离无线数据通信基础

4.1 无线通信基础	141
4.2 ISM 开放频段	145
4.3 典型无线数据通信系统	146
4.3.1 典型长距离无线通信系统	146
4.3.2 短距离无线通信系统	147
4.4 典型短距离无线网络结构	148
4.4.1 以太网结构	148
4.4.2 无线网络结构	149
4.5 热门短距离无线数据网络技术	155
4.5.1 ZigBee	155
4.5.2 Wi-Fi	157
4.5.3 蓝 牙	158
4.5.4 超宽频技术	159
4.5.5 近距离无线传输	160

第 5 章 无线通信基础

5.1 C51RF-PS 高频模块无线通信	162
5.2 无线通信门坎——点对点通信	165
5.2.1 点对点基础	165
5.2.2 点对点通信中的关键函数	166
5.2.3 点对点无线通信的实现	177
5.2.4 点对点通信实验结果	181

5.3 点对多点通信——FDMA	182
5.3.1 FDMA 原理	182
5.3.2 FDMA 的实现	183
5.3.3 FDMA 实验结果	192
5.4 点对多点通信——TDMA	193
5.4.1 TDMA 原理	193
5.4.2 TDMA 的实现	193
5.4.3 TDMA 实验结果	202
5.5 点对多点通信——CSMA	203
5.5.1 CSMA 原理	203
5.5.2 CSMA 的实现	204
5.5.3 CSMA 实验结果	210
5.6 点对多点通信——FHSS	211
5.6.1 FHSS 原理	211
5.6.2 FHSS 的实现	211
5.6.3 FHSS 实验结果	219

第 6 章 无线小型 MAC 网络协议栈原理和设计

6.1 SimplicTI 网络协议概述	220
6.2 SimplicTI 网络协议结构	221
6.3 点对点对等网络实验	226
6.3.1 实验文件构架简介	226
6.3.2 工作流程图	228
6.3.3 部分常用基础函数简介	229
6.3.4 部分常用 API 函数简介	235
6.3.5 主函数简介	239
6.3.6 工程文件设置	240
6.3.7 程序编译下载	242
6.3.8 实验效果	243

第 7 章 星状网络拓扑

7.1 星状网络拓扑实验概述	245
7.2 实验工程文件	246
7.3 串口通信数据格式	247

7.4	AP 主函数	250
7.5	ED 主函数	253
7.6	程序编译下载调试	256
7.7	实验效果	258
第 8 章 串状网络拓扑		
8.1	串状网络拓扑实验概述	261
8.2	实验工程文件	262
8.3	AP 主函数	263
8.4	RE 主函数	266
8.5	ED 主函数	269
8.6	程序编译下载调试	271
8.7	实验效果	272
第 9 章 无线农田大棚温度自动监控系统		
9.1	无线农田大棚温度自动监控系统概述	276
9.2	实验工程文件	278
9.3	控制中心主函数	278
9.4	终端节点主函数	281
9.5	路由节点主函数	286
9.6	程序编译下载调试	287
9.7	实验效果	288
参考文献		292

第 1 章

无线单片机网络开发平台

随着无线通信的广泛应用,利用无线单片机实现无线通信是当前最热门的技术之一,目前有很多朋友对无线通信萌发了强烈的兴趣,准备学习无线通信技术,但一下子还不知道应该从哪里学起,该买哪些实验及开发设备,该如何建立完善的无线通信学习开发软硬件平台。

在无线开发比较先进的国家,例如美国,开发无线产品的实验室投资都非常巨大,动辄几十万美元,甚至几百万美元。无线开发所需要的高频设备(如高频示波器、频谱仪、高频信号发生器)都非常昂贵,还需要有专门的信号和无线协议分析仪等,价格更是“天价”。在国内,一般中小企业都很难有条件投资这样的实验室,更不用说普通的电子工程师了。

那么我们这些普通的工程师是不是就无法通过低价格的系统来实现自己的无线梦想呢?答案当然是否定的。由成都无线龙公司开发的 C51RF-PS 无线(网络)教学开发平台,不但能够实现传统 8051 单片机的相关教学,而且是无线(网络)开发平台的一种理想选择。

无线单片机的一般开发流程如下:

① 通过软件编译平台编写试验程序(源程序)。最常用的单片机开发软件是 Keil 或 IAR 集成开发软件平台,可以在 Keil 或 IAR 开发软件中编写单片机程序(比如点亮一个发光管程序、数码管显示程序、测温程序等),源程序可以用 51 汇编语言编写,也可以用 C 语言编写。完成源程序的编写后,利用 Keil 或 IAR 将源程序编译成能够在单片机内部运行的目标程序 *.HEX(即由 0 和 1 构成的机器码)。这是因为 *.ASM 或 *.C 源程序我们能看懂,但是单片机不能读懂,单片机只能读懂由 0 和 1 构成的机器码。

② 使用一个下载器(仿真器)把 *.HEX 文件下载到相应的单片机中。

③ 利用仿真器对源程序先进行仿真调试。仿真的目的是检查源程序是否有错误的地方,能否实现预定的开发实验目标,以帮助我们快速地调试程序。其实仿真是单片机的一个综合开发过程,其中自然穿插了编辑、编译、仿真调试等各项工作,是一个非常重要的过程,掌握了它,就掌握了单片机开发的关键所在。

④ 在无线开发系统上运行程序,就可以看到最终的程序效果。无线开发系统可以自制,也可以购买成品,它的作用是完成最终的硬件驱动效果验证。这就好比把一个已经灌输了我

们的设计思想的单片机连上躯体和四肢,看看这个已经具备了“头脑+思想+四肢”的设备能否真的动起来,动起来的时候它的动作是否和我们设计的程序完全一致。如果不一致就说明我们给它设计的“思想”可能存在问题,此时就需要用编程器中的“擦除”操作给单片机“洗脑”,并且修改程序,然后再次写入和验证结果。比如,我们编写了一个单片机循环灯程序,用什么来验证它是否可以真正地驱动发光二极管循环亮起来呢?答案就是使用无线开发系统。

如何建立完善的单片机教学开发平台呢?相信大家看了上面的文字介绍后,对单片机开发的流程已经有了较清楚的认识,也清楚了学习单片机所需的基本软硬件设备。总而言之,在你决定学习单片机之前,请做好如下准备工作。

建立个人单片机教学开发平台必需的条件是:

- 一台 PC 机,能运行 Windows98/2000/XP,中/英文操作系统;具有 2~4G 以上空闲的硬盘空间,普通光盘驱动器,一个串口;速度 300 MHz 以上就可以了。不必是新的电脑,一台旧电脑工作也没有问题。
- 一套具有下载、调试、仿真等功能的最新无线单片机教学开发平台,如 C51RF-PS。
- Keil 或 IAR C51 集成开发环境(如果有需要,则通过单片机供应商索取单片机芯片配置软件)。
- 一个万用表。

当完成连接后,你已经拥有了最新的单片机教学开发平台。当然,这只是一个基本的平台,如果有条件,可以选择下面的配备:

- Protel99 等电路板设计软件,根据 C51RF 开发系统通过的复制电路参考设计,容易地设计自己的电路板。
- 一台示波器,用于观察单片机的数字信号。

1.1 无线单片机网络硬件开发平台

C51RF-PS 无线开发系统从 8051 内核增强 8 位单片机开始,循序渐进地、手把手地带你步入无线(网络)的大门,并全方位体验无线(网络)。这既是学习 C51,也是从入门无线(网络)到精通无线的好选择。

1.1.1 概 述

为了便于用户学习无线产品的开发,成都无线龙公司推出了面向教学以及个人学习用户的 C51RF-PS 教学开发系统,如图 1.1 所示。



图 1.1 C51RF-PS 系统

该系统用于 C51 单片机与无线(网络)数据传输的教学演示,可与多种无线模块、多种扩展板相配合完成系统的开发测试等工作。

C51RF-PS 教学开发系统基本配置包括:1 台仿真器、2 块无线高频模块(多种可选)、1 块电源底板以及其他配套器件,并且提供多功能、多样式扩展板供用户选购。

C51RF-PS 教学开发系统具有如下功能特点:

- ① 支持 Keil、IAR 多种 C51 集成开发环境;
- ② 提供在线 USB 仿真、调试、下载功能仿真器;
- ③ 提供整套开发实验(包括基础单片机实验、基础无线实验、无线网络实验)源代码;
- ④ 低功耗、低速率、长距离无线网络数据传输;
- ⑤ 支持具有 255 个节点的无线网络;
- ⑥ 无线网络支持多种网络拓扑(星状、串状、树状等);
- ⑦ 无线网络具有可靠、加密、自恢复功能;
- ⑧ 支持全 ISM 频段(315M/433M/868M/915M/2.4G);
- ⑨ 提供多功能、多样式开发扩展板(包括 LED、数码管、液晶、传感器、电机和语音等);
- ⑩ 提供具有硬件仿真功能的可视化上位机显示软件;
- ⑪ 提供无线开发教材;
- ⑫ 多组模块(内含高性能、兼容 8051、低功耗、可加密单片机)可选。

1.1.2 在线 USB 仿真器

C51RF-PS 在线 USB 仿真器如图 1.2 所示。该仿真器具有在线下载、调试、仿真等功能。

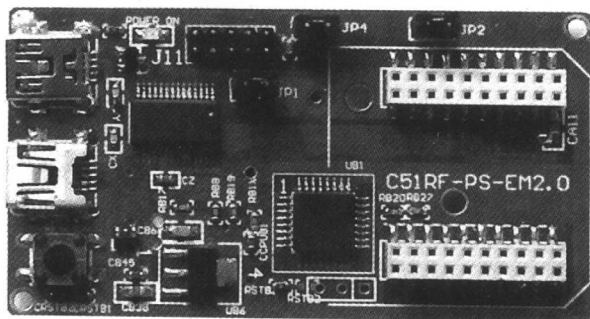


图 1.2 C51RF-PS 在线仿真器

从图 1.2 可以看出，C51RF-PS 仿真器外形非常简洁，具有 1 个 USB 接口、1 个复位按键、1 个仿 USB 接口(UART)、1 个外扩仿真器接口、1 个高频模块接口。

- USB 接口：通过该接口把 C51RF-PS 仿真器与计算机有机地连接起来，C51RF-PS 仿真器通过此接口与计算机进行通信。要在 CC1110/CC2510 等高频模块开发上实现下载、调试(Debug)、仿真等的通信都由此接口实现。
- 复位按键：此按键用来实现 C51RF-PS 仿真器的复位，当需要重新下载、调试、仿真时，可通过此按键来实现硬复位。
- 仿 USB 接口：通过 USB 接口把 C51RF-PS 仿真器与计算机有机地连接起来，通过此接口可实现高频模块与计算机的通信(串口通信)。
- 高频模块接口：通过该接口与高频模块进行连接。
- 外扩仿真器接口：当用户不需要使用 C51RF-PS 仿真器时，可通过此接口外扩仿真器来仿真、调试高频模块。

C51RF-PS 仿真器具有以下特点：

- ① USB 接口使 C51RF-PS 仿真器与计算机的连接更加简单快捷。
- ② 高速代码下载，C51RF-PS 仿真器提供高达 129 kbps 的下载速度，把程序下载到模块只需要几秒即可完成。
- ③ 在线下载、调试、仿真。
- ④ 硬件断点调试，类似 JTAG 的硬件断点调试，可实现单步、变量(寄存器)观察等全部 C51 源代码水平的在线调试功能。

- ⑤ 支持 IAR 的 C51 编译/调试图形 IDE 开发平台。
- ⑥ 专业设计,系统稳定可靠,噪声干扰小。

1.1.3 高频无线模块

C51RF-PS 系统提供 ISM 全频段(315M/433M/868M/915M/2.4G)模块选择,如图 1.3 所示。C51RF-PS 高频无线模块包括 1 块无线单片机、2 个 LED 灯、1 个外接天线接口、1 个 PCB 天线以及双排 20 针仿真接口(扩展 I/O)。C51RF-PS 高频无线模块包括 CC1110、CC2510 等。

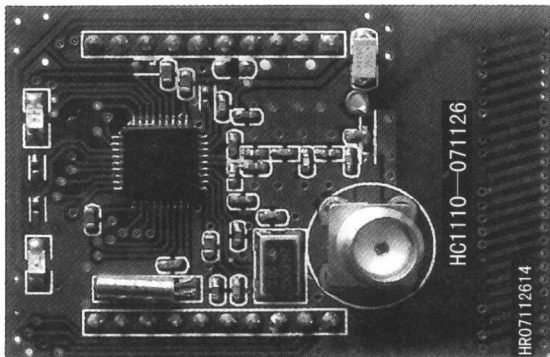


图 1.3 C51RF-PS 高频无线模块

C51RF-PS 高频无线模块内含一个真正的 CMOS 解决方案系统芯片(SoC),这种解决方案能够满足 ISM 波段对低成本、低功耗的要求。它结合一个高性能的 DSSS(直接序列扩频)射频收发器核心和一个工业级的、小巧高效的 8051 控制器。

C51RF-PS 高频无线模块使用 1 个 8 位 MCU(8051),具有 32 KB 的可编程闪存和 4 KB 的 RAM,还包含模/数转换器(ADC)、定时器(Timer)、AES128 协同处理器、看门狗定时器(Watchdog Timer)、32 kHz 晶振的休眠模式定时器、上电复位电路(Power on Reset)、掉电检测电路(Brown out Detection)以及 21 个可编程 I/O 引脚。

C51RF-PS 高频无线模块工作时的电流为 16 mA 和 18 mA;速率为 1.2 kBaud。CC1110 在接收和发射模式下,电流分别低于 16.2 mA 和 16 mA,速率为 2.4 kBaud;CC2510 在接收和发射模式下,电流分别低于 17.1 mA 和 18.5 mA。

C51RF-PS 高频无线模块的休眠模式和转换到主动模式的超短时间的特性,特别适合那些要求电池寿命非常长的应用。

C51RF-PS 高频无线模块的主要特点如下:

- 高性能和低功耗的 8051 微控制器核。

第1章 无线单片机网络开发平台

- 433 MHz、868/915 MHz(CC1110)、2.4 GHz(CC2510)的 RF 无线电收发机。
- 优良的无线接收灵敏度和强大的抗干扰性。
- 在休眠模式时,电流仅为 $0.5\ \mu\text{A}$,外部中断或 RTC 能唤醒系统;在待机模式时,电流低于 $0.3\ \mu\text{A}$,外部中断能唤醒系统。
- 高达 500 kBaud 的可编程速率。
- 硬件支持 CSMA/CA 功能。
- 较宽的电压范围($2.0\sim 3.6\ \text{V}$)。
- 数字化的 RSSI/LQI 支持和强大的 DMA 功能。
- 具有电池监测和温度感测功能。
- 集成了 14 位 ADC。
- 集成了 AES 安全协处理器。
- 带有 2 个强大的、支持几组协议的 USART,1 个支持自定义协议栈的 MAC 计时器,1 个常规的 16 位计时器和 2 个 8 位计时器。
- 较少的外围电路。
- 双种天线支持。
- 强大、灵活的开发工具。

C51RF-PS 高频无线模块设计用于报警与安全、自动读表、工业监控、家庭与楼宇自动化应用、无线键盘与鼠标、无线游戏、运动与休闲设备、遥控以及无线语音视频应用。

1.1.4 供电底板

C51RF-PS 无线教学开发系统配套提供供电底板,如图 1.4 所示。

C51RF-PS 供电底板包括:双排 20 针高频模块接口、单排 20 针扩展板接口(I/O 扩展)、3 个功能按键、1 个电源开关、1 个外扩电池接口、1 个电池盒、1 个外扩电位器接口、1 个 RS-232 串口扩展接口以及 1 个仿真器接口。

C51RF-PS 供电底板为无线高频模块提供电源,其独立的电池盒设计,方便用户进行室外无线(网络)数据通信测试。

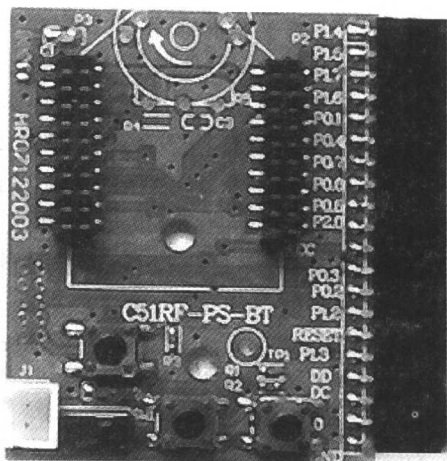


图 1.4 C51RF-PS 供电底板