

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.01.029

## 2.4 GHz无线VoIP发射器和接收器的开发

葛海江

(杭州职业技术学院 信电系, 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 针对在传统的VoIP无线通讯中存在数据包丢失而产生间断数据流的问题,提出了一种基于2.4 GHz的无线VoIP发射器和接收器的设计方案。详细阐述了该方案的硬件设计、音频编解码器设计、无线通讯协议设计及软件设计等。硬件上采用了华邦的音频编解码器与Wireless USB的组合来实现;在音频信号编解码上,提出了一种将PCM转换成ADPCM的编码方式来实现声波数据的有效压缩;在无线通讯上,提出了一种双天线设计方法,有效解决了数据包丢失的问题,同时在射频电路设计中引入了“逐个优化参数”的方法,有效提高了发射功率。测试结果表明,该设计方案对短距离无线音频通讯非常有效。

**关键词:** 无线VoIP; 发射器; 接收器; 音频编解码器; ADPCM; 双天线设计

**中图分类号:** TN912.3      **文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-4551(2013)01-0125-04

## Development of 2.4 GHz wireless VoIP transmitter and receiver

GE Hai-jiang

(Department of Communication and Electronic, Hangzhou Vocational & Technical College, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Aiming at discontinuous data stream caused by wireless packet lose at traditional VoIP communications, a method of wireless VoIP transmitter and receiver based on 2.4 GHz was put forward. Wireless VoIP hardware design, wireless communication protocol and firmware design were expounded in detail. The wireless VoIP hardware was realized by the combination of Winbond audio codec and Wireless USB. A PCM converted to ADPCM encoding to effective compression of acoustic data was presented. Comparing with single-antenna, the problems brought by the packet losses were solved through the combination of dual-antenna. In addition, an effective way of increasing RF transmitting power was proposed. The results indicate that the technique based on 2.4 GHz wireless VoIP is suitable for short-range wireless audio communication.

**Key words:** wireless VoIP; transmitter; receiver; codec; ADPCM; double antenna design

### 0 引 言

在无线VoIP数据通讯中存在的主要问题是由于干扰造成数据包的丢失,产生了间断数据流,使得语音信号中断。因此,在VoIP的无线数据通讯中,研究者需要稳健性较高的解决方案来适应不间断数据流的需要<sup>[1]</sup>。目前大多数的无线VoIP通讯采用的是单天线设计,这样在无线通讯时容易造成数据包丢失,使得声音出现断续现象,笔者提出了一种双天线的设计方式来实现无线音频信号的传送。在音频编码上,传统方法采用的是PCM编码方式,这种方式对音频信号的存储和传输都存在着非常大的冗余度,考虑到声

波信号的连续性,笔者提出了一种PCM转换成ADPCM的编码方式来压缩音频信号。在无线通讯中,WirelessUSB<sup>[2-3]</sup>技术在抗干扰性能上优于其他2.4 GHz解决方案,而且其运行稳定性也比价格更昂贵的蓝牙与DECT解决方案高,通信协议设计更为简洁,能缩短产品开发周期;在语音编解码上,华邦的W681360音频编/解码器具有线性转换、低功耗、无干扰信号传输等特点,从而确保音频编/解码器获得出色的信号质量。

鉴于此,本研究提出一种将华邦的W681360<sup>[4]</sup>与WirelessUSB组合的方式来实现短距离的无线音频通讯;采用这种方式实现的无线VoIP发射器和接收器将具有高稳健性、低功耗、成本低等优点。

收稿日期: 2012-07-26

作者简介: 葛海江(1980-),男,浙江东阳人,主要从事传感器技术应用、无线通讯方面的研究。E-mail:gehajiang@163.com

## 1 无线 VoIP 发射器和接收器的硬件设计

无线 VoIP 发射器和接收器的硬件设计介绍如下:

(1) 无线 VoIP 发射器和接收器由两个部分组成: 发射端(Remote)、接收端(Bridge)。

(2) 在发射部分设计中, 主控和 RF 芯片采用了 Cypress 公司的 CY7C60323 和 CYRF6936。音频编解码器采用华邦公司的 W681360, 射频部分还采用了两路射频开关芯片 UPG2012TB, 其功能是在带宽允许的范围内, 实现双路无线通讯。此外本研究采用了 BQ24080 的充电芯片, 给锂电池进行充电, 锂电池供电输出经过 TPS79133 低压差电压转换芯片得到 3.3 V 的工作电压, 给后面模块进行供电。主控芯片与音频编解码器、无线通讯芯片通过 SPI 接口进行通讯, 通过 W\_CS 及 RF\_CS 进行片选。

发射部分的具体模块如图 1 所示。

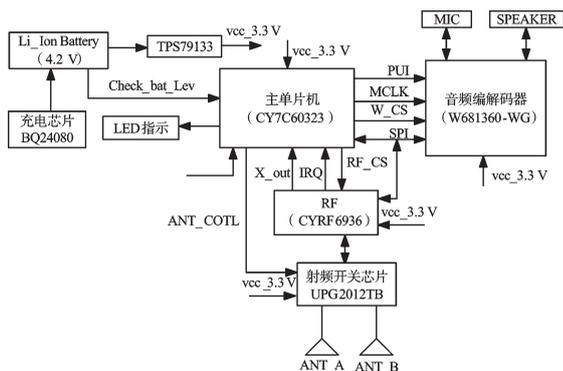


图 1 无线 VoIP 发射器硬件模块图

(3) 在接收部分设计中, 主控和 RF 芯片采用了 Cypress 公司的 CY7C64215 和 CYRF6936。USB 接口供电输出 5.0 V 电压经过 TPS79133 得到 3.3 V 电压, 作为上述芯片供电输入。

接收部分的具体模块如图 2 所示。

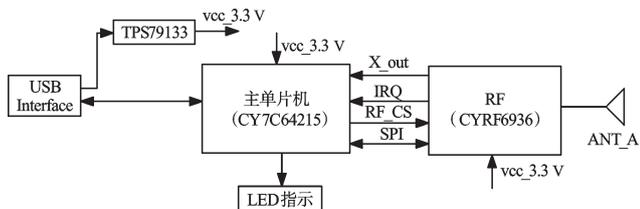


图 2 无线 VoIP 接收器硬件模块图

## 2 音频编、解码设计

对于有线 CD 音质的立体声采样率为 44.1 ksp/s 或者 48 ksp/s, 对于 7.5 kHz 带宽的音频信号采样率为 16 ksp/s。本研究考虑到无线通讯的信号带宽为 250 kbps, CPU 工作频率为 12 MHz 及 SPI 通讯的工作要求, 对语音信号的采样率设置为 8 ksp/s, 已能满足单一语音信号的无线通讯要求。

该设计中两个音频信号通路:

(1) 从 USB 到 SPKR, 主机通过 USB 接口传送 16-bit PCM 的音频信号, 经过 Bridge, 将 16-bit PCM 转换成 4-bit ADPCM, 然后无线传送给 Remote 端; 在 Remote 端将 4-bit ADPCM 还原成 15-bit PCM, 然后经过 13-bit 音频编解码器, 输出音频信号驱动扬声器 (SPKR) 发声。

(2) 从 MIC 到 USB, 与上述类似。

本研究为了简化操作, 音频数据从主机到 SPKR 端时, 将 USB 的 16-bit PCM, 在 Bridge 上转换为 15-bit 的数据流, 然后再进行 ADPCM 编码。同样音频数据从 MIC 到主机端时, ADPCM 编码在 Bridge 上还原出 15-bit 数据流后, 还需要完成 16-bit 的 PCM 数据转换, 然后通过 USB 接口传送给主机。

此外与扬声器和麦克风的接口音频编、解码器是 13-bit 的, 在进行 ADPCM 之前, 要将其转换成 15-bit 的 PCM 码。由于音频信号的前后自相关性, 这样的转换并不会造成声音信号的弱化。

PCM 到 ADPCM 编、解码, 如图 3 所示。

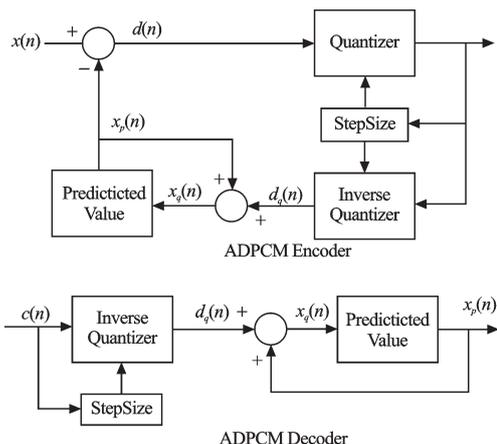


图 3 PCM 到 ADPCM 编/解码

ADPCM 编码充分利用了声波在连续的采样中具有很高的前后相关性, 使得后续声波的采样能够被预测, 而不是只对当前的采样进行编码。ADPCM 对预见的声波采样和当前的采样进行差分编码。这种方法不仅提高了声波的压缩率, 同时也能保持完整的语音质量<sup>[5-6]</sup>。此外, 文献[6]详细阐述了 DPCM、DM、ADM 与 ADPCM 的压缩算法原理及算法实现流程, 通过实验, 给出了每个算法的特征, 实验结果进一步证实了 ADPCM 算法既能够有效的压缩语音, 又能还原出高质量的语音。

ADPCM 算法是建立在 IMA 组织为了提高数字化语音兼容性应用的基础之上的。IMA 提供了 ADPCM 参考算法, 它通过简化许多操作和查表的方式来减少运算的复杂性, 将 16-bit PCM 压缩成 4-bit。

在图3中,编码器(Encoder)将输入的采样值( $X_n$ )和预测值 $X_p(n)$ 进行差分 $d(n)$ ,将差分的值送入量化器(Quantizer)来产生4-bit的 $c(n)$ 。 $c(n)$ 通过反向量化器输出 $dq(n)$ 和旧的预测值 $X_p(n)$ 相加,产生新的 $X_p(n)$ 。理想状态下, $d(n) = dq(n)$ ,新旧 $X_p(n)$ 值也相等。

在这里 $X_p(n)$ 为解码器解码后的值。如果解码器中的Predic和StepSize值跟编码器都相同,那么解码器的解码和编码器的 $X_p(n)$ 计算是相同的。对于StepSize是对4-bit的 $c(n)$ 值进行增加或者减少。文献[7]提出了通过克隆重组方法来快速优化ADPCM的多参数。

通过ADPCM编码压缩的方法,编码器设置和更新它的Predic和StepSize值,解码器在数据流中来捕捉这两个值。只要没有数据丢失,编码器和解码器就具有相同的Predict和StepSize值。然而在无线传输中,系统无法保证数据包不丢失,因此解码器并不能总是跟踪编码器的Predict值和StepSize的值。在这里本研究给每个数据包设置3 ms的长度,同时每个数据包中都包含了Predict和StepSize的值,让每个数据包被单独处理,然而3 ms数据包的丢失,并不会让人觉察到语音信号的失真。

本研究设置USB的PCM速率为8 ksp,每个PCM为16位,通过将音频数据的PCM转换成ADPCM,使得音频数据被压缩了3/4,有效实现了音频数据的压缩。

### 3 无线通讯协议设计

为了防止在无线传送过程中数据包的丢失,造成声音信号的中断。在无线通讯上,本研究在硬件上采用了双天线设计,提供了两个无线数据通路,通过无线高频开关进行天线的切换工作。此外在无线射频电路的参数匹配上,要得到最大的功率传递,源阻抗与负载阻抗必须相匹配<sup>[8]</sup>,通过采用“逐个优化参数”的方法<sup>[9]</sup>来尽量匹配射频参数,以此来提高射频电路的发射功率,通过该方法使得两边的无线通讯距离可达15 m以上。

文献[10]中简要介绍了无线音频无线数字/模拟音频传输系统的设计,在天线设计方面,它采用的是单天线设计,这样使得音频数据在无线传输过程中,如果造成数据包的丢失,则在接收端将无法重现丢失的信号。因此本研究采用了双天线的设计。这里设计的天线A和天线B在Remote端,同样也可以设置在Bridge端,设计中将128 kbps的无线带宽分成两个64 kbps带宽。一个数据包使用64 kbps通过天线A进行传送,这个数据包的复制包使用另外的64 kbps通过天线B进行传送。这样Bridge端就有两个无线数据通路。此外Bridge端也传送两个同样的数据包给Re-

mote端,天线A接收第一数据包,天线B接收复制的数据包。

通过这种方式,将有效地减少数据包的丢失。因为只有两个无线通路上都丢失数据,数据才会丢失。

无线VoIP数据包如图4所示。在图4中,3 ms的语音信号中包含有4个数据包,Remote和Bridge各自都传送两个同样的数据包。接收端只要收到其中的一个数据包,就表明成功接收。RF通路的利用率:665/750=89%。这里设置的750  $\mu$ s的数据通讯,能有效地避免蓝牙信号的干扰,因为蓝牙的数据包通讯时间小于750  $\mu$ s。

无线通讯数据包中有15个字节,其中包含了24个ADPCM编码,时间为3 ms;24 samples/8 ksp=3 ms。采用了8-bit step和12-bit Predict值。

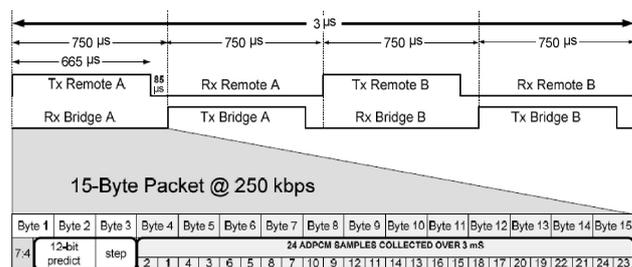


图4 无线VoIP数据包

## 4 软件设计流程

软件设计流程为:

- (1) 软件设计有两个部分:发射器部分和接收器部分。
- (2) 发射器的主程序流程图如图5所示。

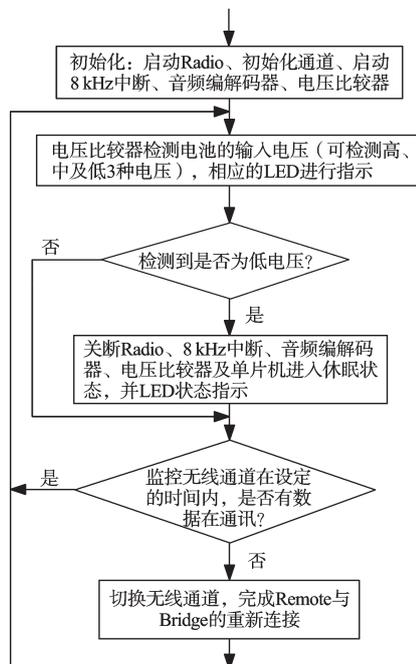


图5 发射器主程序流程图

(3) 接收器的主程序流程图如图6所示。

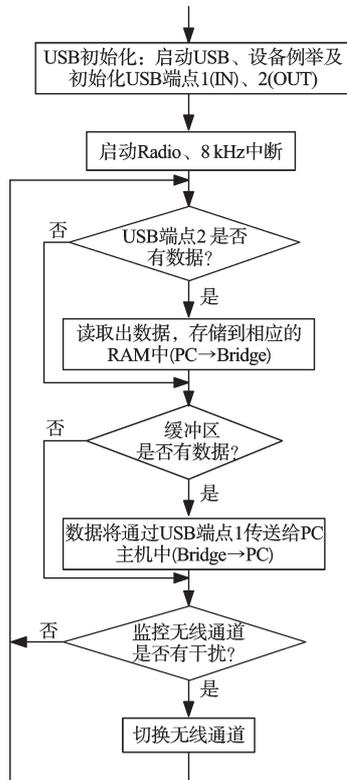


图6 接收器主程序流程图

在3 ms的数据包中, 包含有24单独的中断, 每125  $\mu\text{s}$  就有一个中断, 每个750  $\mu\text{s}$  中包含了6个中断。研究者可以采用中断序号的方式来确定每个中断服务程序的内容。

## 5 结束语

本研究通过对2.4 GHz的无线VoIP发射器和接收器的应用研究, 实现了音频信号短距离的无线双向通讯。笔者对该无线发射器和接收器进行无线语音通讯测试, 在有效距离15 m以内, 无间断数据流产生, 语音信号通讯流畅。该方案通过自适应差分编码方式实现了声波的有效压缩, 压缩率达1/4; 通过双天线的

设计方法解决了数据包丢失的问题; 通过引入“逐个优化参数”的方法来提高发射的功率及接收灵敏度; 通过采用华邦的W681360编解码器与WirelessUSB组合来实现VoIP的软、硬设计, 具备了无线VoIP的低功耗、高稳健性特点, 而且相比蓝牙方案, 成本较低。

该方案可广泛应用于无线VoIP耳机、无线多媒体辅助应用等短距离的无线音频数据通讯的场合。

## 参考文献(References):

- [1] DAS S K, LEE E, BASU K, et al. Performance optimization of voip calls over wireless links using H. 323 protocol[J]. **IEEE Transactions on Computers**, 2003, 52(6): 742-752.
- [2] Cypress Corporation. Wireless USB 2-Way HID Systems - AN4003 [EB/OL]. [2011-05-13]. <http://www.cypress.com/?docID=29040>.
- [3] 刘连浩, 杨杰, 沈增晖. 2.4 GHz无线USB技术的开发与应用[J]. **计算机工程**, 2009, 35(3): 152-154.
- [4] Winbond Electronics Corporation. W681360 Data Sheet [EB/OL]. [2005-01-01]. <http://datasheet.eeworld.com.cn/pdf/20017/-WINBOND.W681360.html>.
- [5] 李文华, 徐刚. 利用ADPCM进行网络环境下实时多点语音通信[J]. **计算机工程与应用**, 2004, 40(36): 127-130.
- [6] 廖广锐, 刘萍. 基于ADPCM的语音压缩算法研究[J]. **计算机与数字工程**, 2007, 35(7): 39-41.
- [7] 张刚, 谢克明, 郭红波, 等. 基于N进制编码的克隆重组方法应用于快速优化ADPCM的多参数[J]. **通讯学报**, 2006, 27(3): 28-31.
- [8] 黄煜梅, 叶菁华, 朱臻, 等. 2.4 GHz、增益可控的CMOS低噪声放大器[J]. **固体电子学研究与进展**, 2004, 24(4): 498-504.
- [9] 葛海江, 陶姍, 吴弋旻, 等. 2.4 GHz无线鼠标的多信道控制方法研究[J]. **计算机工程与应用**, 2009, 45(9): 77-79.
- [10] 汤炜伟, 孙新亚, 吉吟东. 基于nRF24Z1的无线数字/模拟音频传输系统[J]. **电子技术应用**, 2007(4): 41-43.

[编辑: 李辉]

(上接第101页)

- [8] 段建东, 张保会, 周艺, 等. 超高压输电线路单端暂态量保护元件的频率特性分析[J]. **中国电机工程学报**, 2007, 27(1): 37-43.
- [9] 罗四倍, 段建东. 基于暂态量的EHV/UHV输电线路超高速保护研究现状与展望[J]. **电网技术**, 2006, 30(22): 32-41.
- [10] 卜春霞, 张义含, 姜自强, 等. 超高压线路暂态保护选相研究[J]. **电力系统保护与控制**, 2010, 38(16): 30-34.
- [11] 陈平, 葛耀中, 徐丙垠, 等. 现代行波故障测距原理及其在实测故障分析中的应用—A型原理[J]. **继电器**, 2004, 32(2): 13-18.
- [12] 哈恒旭, 张保会, 吕志来. 边界保护的理论基础第一部分—故障暂态分析[J]. **继电器**, 2002, 30(9): 7-10.
- [13] 黄少锋, 王兴国, 刘千宽. 一种基于固有频率的长距离输电线路保护方案[J]. **电力系统自动化**, 2008, 32(8): 59-63.
- [14] 郭林勇, 何正友, 钱清泉. 单端行波故障测距的频域方法[J]. **中国电机工程学报**, 2008, 28(25): 99-104.
- [15] 孙琳. 输电线路中潜供电流的电路分析和计算[J]. **机电工程技术**, 2011, 40(5): 21-23.
- [16] 索南加乐, 齐军, 陈福锋, 等. 基于R-L模型参数辨识的输电线路准确故障测距算法[J]. **中国电机工程学报**, 2004, 24(12): 123-129.

[编辑: 李辉]