

文章编号:1001-5132 (2010) 03-0048-04

# 基于 2.4 GHz 的数字无线语音系统设计

宋岳飞, 刘 晓

(宁波大学 科学技术学院, 浙江 宁波 315211)

**摘要:** 基于 2.4 GHz 微波信号抗干扰性好、穿透力强的特点, 目前已被广泛应用于近距离无线通信领域. 提出了一种基于此频率传输的具有纠错和加密功能的数字无线语音系统的实现方案, 并给出以 nRF2401 无线收发芯片和 ATmega8L 单片机为核心的系统硬件和软件的设计. 新系统具有成本低、功耗低、可靠性高、保密性好等特点, 可应用于要求特殊的短距离无线通信领域.

**关键词:** 2.4 GHz; 数字无线语音系统; nRF2401; ATmega8L

中图分类号: TN99

文献标识码: A

无线语音系统是将语音信号通过拾音器转换为电信号, 再将电信号通过某种调制方式调制到高频信号上, 并通过无线进行传送. 接收端将高频信号进行解调, 还原为语音信号. 由于没有线缆连接, 让使用者摆脱了空间的限制, 使用方便, 被广泛地应用在会议、教学、采访、演出等各个领域. 目前的无线话筒按工作频率分为 VHF(200~400 MHz) 和 UHF(500~900 MHz) 2 个产品层次, 且大多采用直接调频方式, 将语音信号用模拟量调制到高频信号上进行传送. 由于在 VHF 频段和 UHF 频段相应的电台信号较多, 因此传送的信号容易受到干扰, 且传送的距离不能太长, 否则会由于发射功率太大而严重干扰其他的无线信号. 此外, 由于采用模拟量直接进行调频, 只需将接收到的无线信号鉴频后, 就可还原出语音信号, 因此保密性差. 笔者设计了一种数字无线语音系统, 在发送端将语音信号转换为数字信号, 再将数字信号进行加密运算和纠错编码, 然后把经过处理的数字信号调制到 2.4 GHz 的传输频率上进行传送. 数字信号传

输可靠, 由于采用的是 2.4 GHz 的微波频率进行传送, 此频段所对应的电台信号极少, 因此不易受到干扰, 稳定性好, 而且波长极短, 具有很强的反射能力和穿透能力. 在接收端对数字信号进行纠错和解密后还原为模拟的语音信号, 得到的信号信噪比高, 失真度小, 且信号保密性好.

## 1 总体设计

系统在结构上分为发送端和接收端部分. 发送端采集语音信号, 将采集到的语音信号通过 A/D 转换, 把模拟语音信号转换成数字信号, 再将数字信号进行加密运算, 并对加密后的数字信号进行纠错编码, 然后将经过加密运算和纠错编码后的数字信号调制到 2.4 GHz 传输频率上进行传送. 接收端对接收到的 2.4 GHz 调制信号进行解调, 得到数字语音信号, 并将信号进行纠错解码, 以消除传输过程中的部分误码, 再把解码后的数字信号进行解密运算, 并通过 D/A 转换把数字信号还原成模

拟语音信号, 最后将此语音信号进行功率放大后, 通过扬声器或耳机输出. 系统原理如图 1 所示.

发送端的加密运算和纠错编码及接收端的纠错和解密运算均由单片机程序完成, 另外单片机还要负责对无线收发模块的控制作用. 笔者从系统对速度、性能的要求以及考虑相应的成本控制, 选用了 ATMEL 公司的 AVR 系列单片机 ATmega8L, 系统中的 A/D 和 D/A 转换也不再另用专门的芯片. A/D 由 ATmega8L 内部自带的 10 位 A/D 转换器实现, 而 D/A 可以由 ATmega8L 的 PWM 功能来实现, 从而给电路的硬件设计节约了成本<sup>[1]</sup>.

2.4 GHz 的无线收发模块采用了 Nordic 公司提供的 nRF2401 芯片. nRF2401 是单片射频收发芯片, 工作于 2.4~2.5 GHz ISM 频段, 芯片能耗非常低, 以 -5 dBm 功率发射时, 工作电流只有 10.5 mA, 接收电流也只有 18 mA, 其多种低功率工作模式使得节能设计更为方便<sup>[2]</sup>. DuoCeiver™ 技术使 nRF2401 可以使用同根天线同时接收 2 个不同频道的数据. 此外, 其内置地址解码器、先入先出堆栈区、解调处理器、时钟处理器、GFSK 滤波器、低噪声放大器、频率合成器、功率放大器等功能模块, 在用其

构成射频电路时只需要很少的外围元件, 因此使用非常方便<sup>[2]</sup>.

## 2 系统的硬件设计

### 2.1 语音前置放大电路

由麦克风获得的语音信号一般非常的弱, 需要经过放大之后, 才能送到单片机 A/D 转换引脚上进行有效的 A/D 转换. 前置放大电路应该是 1 个高输入阻抗、高共模抑制比、低漂移的小信号放大电路. 具体电路设计如图 2 所示. 语音信号从 PC\_SPK 引脚输入, 放大后的信号由图中 MCU\_PC2 送给单片机的 A/D 转换引脚, 图中 MCU\_PC3 接单片机的另 1 个 I/O 引脚对放大电路进行控制.

### 2.2 语音输出功率放大电路

功率放大电路如图 3 所示. 图中功率放大电路的核心是 TDA2822 功率放大芯片, 此芯片是种常用的双路功率放大电路, 其电源电压可低于 1.8 V, 静态电流和交叉失真都很小, 既可工作于立体声双声道, 也可接成 BTL 电路, 应用简单<sup>[3]</sup>. 接收端的单片机通过控制 TDA 的电源端来实现系统语音

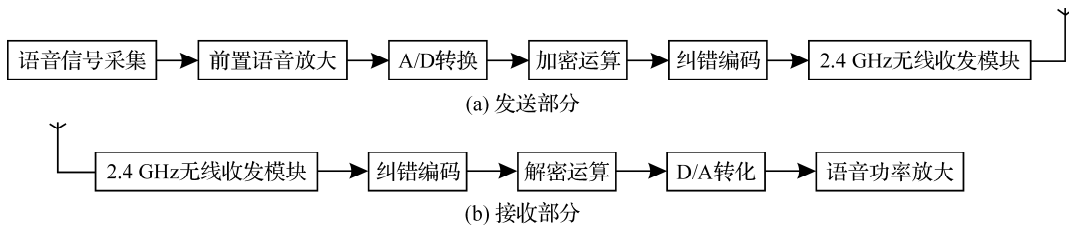


图 1 无线语音系统框图

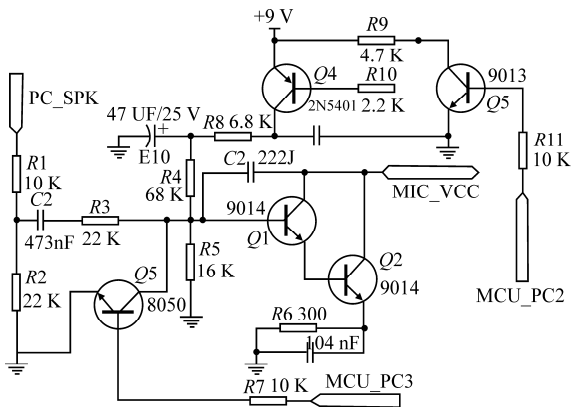


图 2 语音前置放大电路

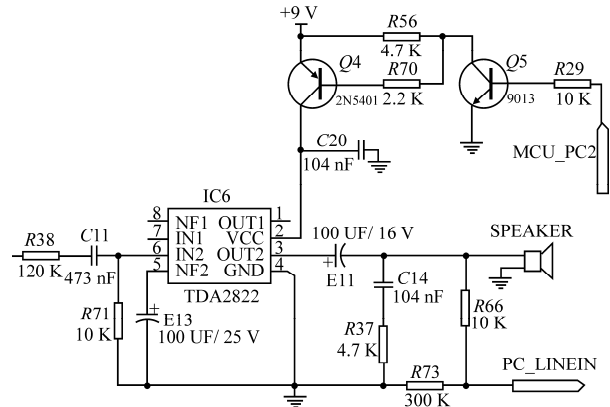


图 3 功率放大电路

信号是否经过功率放大进行输出。

### 2.3 无线收发电路

Nordic 公司提供的 nRF2401 是集收发于一体的芯片, 所以系统发送端与接收端的模块电路完全可以通用<sup>[4]</sup>。利用芯片优越的性能, 只需较少的外围元器件, 就能构造一个性能十分优越的无线收发模块, 且无线收发中以单片机为主要控制器。

## 3 系统的软件设计

系统软件部分的核心内容是单片机实现的无线收发控制程序及加密和纠错算法。

使用 nRF2401 芯片进行无线收发数据非常方便。首先初始化 nRF2401 收发模式为 Shock Burst TM 模式, 在这种模式下发送数据时, MCU 只需将经纠错编码和加密后的预发送数据送入 nRF2401 片内的堆栈区, nRF2401 会自动加上字头和 CRC 校验码, 然后高速发射; 而接收数据时, nRF2401 也会自动处理掉字头和 CRC 校验码, 将有效数据输出给 MCU。也就是说与发送和接收有关的所有通信协议的处理均由 nRF2401 的片内硬件自动完成, 无需 MCU 干涉。而单片机的控制程序主要是对 nRF2401 进行配置, 在 nRF2401 被配置完成之后, MCU 就可以把它当作 1 种具有独立 I/O 口和寄存器的外设使用<sup>[5]</sup>, 从而实现通信数据的发送和接收。单片机控制收发的软件流程图如图 4 所示。

纠错算法采用差错控制编码, 在数据传输的发送端将要被传输的信息码元序列上附加一些监督码元, 这些附加的码元与信息码元之间以某种确定的规则相互关联<sup>[6]</sup>。在接收端按照既定的规则检验信息码元与监督码元之间的关系, 一旦在传输过程由于系统受干扰而产生误码, 则信息码元与监督码元之间的关系将受到破坏, 从而可以发现错误并纠正错误。因此从信息论的角度来分析, 这种检错和纠错能力是用信息量的冗余度来换取的。加密算法则采用码序改变算法, 即在发射端将

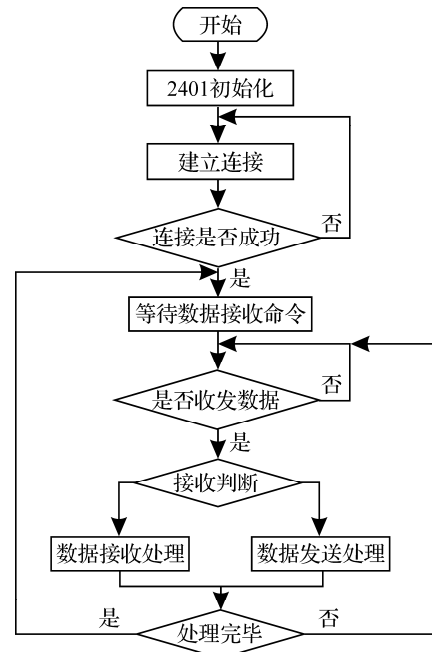


图 4 无线收发的单片机控制流程图

原来的数据的码元次序按一定的规律进行改变, 而在接收端再按同样的规律把被改变的码元次序纠正过来, 算法较简单, 主要是从实时性方面进行考虑。

## 4 系统测试

系统上电时, 控制器首先将 nRF2401 置成配置模式, 然后由通道 1 向 nRF2401 写状态字的配置值, 发送端的配置字为 0x08XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX88054F00, 接收端的配置字为 0x08XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX88054F01, 其中某些位的 X 表示该位值对本系统没有作用, 此配置字将 nRF2401 置成 Shock Burst TM 收发模式, 且收发通信速率为  $250 \text{ Kb}\cdot\text{s}^{-1}$ , 晶振频率为 16 MHz, 发射频段位为 2.4 GHz, 输出功率为 0 dBm, 使用通道 1 进行数据接收, 并且数据帧格式为 1 个字节的字头+1 个字节的接收地址+8 个字节的接收地址+8 个字节的接收地址+8 个字节的接收地址+1 个字节的 CRC 校验位。平时, 控制器处于空闲状态, 且 nRF2401 也处于待机模式, 当有语音信号需要发送或接收时, 控制器将 nRF2401 的 CE 引脚置高, 使

nRF2401 工作, 并将加密和纠错编码后 8 个字节的有效的语音数据按 CLK1 引脚的时序通过 DATA 引脚送入 nRF2401 片内的堆栈区, 或者从 nRF2401 的片内堆栈取出有效数据, 并解密和纠错解码后输出. 测试得到系统能够稳定可靠地进行语音通信, 数据传输速率达到  $125 \text{ Kb}\cdot\text{s}^{-1}$  左右, 主要是受模拟信号与数字信号的转换速率和控制器的纠错和加密运算速度的限制, 如果采用高速 A/D 和 D/A 转换器及 DSP 进行数据处理, 传输速率会将进一步提高, 而相应成本也会增大, 但传输距离在空旷地可达到 50 m 左右.

## 5 结语

根据设计思想并结合 nRF2401 收发芯片特点和 ATmega8L 单片机的优点实现的数字无线语音系统具有纠错和加密功能, 通信可靠性较高、保密

性较好, 传输速率和距离能满足实际的需要. 新系统可以使用在无线考试、秘密会议、公安等特殊领域, 也可应用于一般的无线数据采集、无线遥控等其他短距离无线通信领域, 具有广泛的市场应用价值.

### 参考文献:

- [1] Atmel Corporation. ATmega8L datasheet[EB/OL]. [2008-05-21]. <http://www.alldatasheet.cn>.
- [2] Nordic Corporation. nRF2401 datasheet[EB/OL]. [2009-03-12]. <http://www.alldatasheet.cn>.
- [3] STMicroelectronics. TDA2822 datasheet[EB/OL]. [2009-10-21]. <http://www.alldatasheet.cn>.
- [4] 陈丽娟, 常丹华. 基于 nRF2401 芯片的无线数据通信[J]. 电子器件, 2006, 29(1):248-250.
- [5] 喻金钱, 喻斌. 短距离无线通信详解: 基于单片机控制[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.
- [6] 刘晓, 胡建平. 消除挤压机误动作的差错控制编码[J]. 宁波大学学报: 理工版, 2001, 14(1):71-75.

# Design of Digital Wireless Voice System Based on 2.4 GHz

SONG Chan-fei, LIU Xiao

(The Science and Technology College, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

**Abstract:** 2.4 GHz microwave has recently been widely used in short range wireless communication for its good anti-interference and penetration properties. This paper presents an implementation of digital wireless voice system with the correction and encryption features based on the proposed frequency transmission. The design of the system hardware and software is presented in this paper based on nRF2401 and ATmega8L. The system features in the low cost, low power, high reliability characteristics, and can thus be applied to some specific short range wireless communications.

**Key words:** 2.4 GHz; digital wireless voice system; nRF2401; ATmega8L

**CLC number:** TN99

**Document code:** A

(责任编辑 章践立)