

一种由 MSP430F1121 组成无线语音传输系统设计方案

西安电子科技大学通信工程学院(710071)
陈红梅 陈健

摘要：本文提出了一种将其应用于无线集群语音传输系统中的设计思路及实现方案。

关键词： nRF401 ； MSP430F1121 ； TLV320AIC10

以往设计无线数传产品往往需要相当的无线电专业知识和价格高昂的专业设备 ,传统的电路方案不是电路繁琐就是调试困难 ,因而影响了用户的使用和新产品的开发 ,nRF401 系列高速单片无线收发芯片为短距离无线数传应用提供了较好的解决办法 ,由于采用了低发射功率和高接收灵敏度的设计 ,因而可满足无线管制要求 ,使用无需许可证 ,是目前低功率无线数传的理想选择 ,可广泛用于遥控装置、工业控制、无线通信、电信终端、车辆安全、自动测试、家庭自动化、报警和安全系统等。

本文即提出了一种将其应用于无线语音传输系统的设计方案。

1 射频收发芯片 nRF401

nRF401 是挪威 Nordic VLSI 公司最新推出的单芯片 RF 收发机 ,专为在 433MHz ISM (工业、科研和医疗) 频段工作而设计。它是目前集成度最高的无线数传产品。该芯片集成了高频发射、高频接收、PLL 合成、FSK 调制、FSK 解调、双频道切换等功能 ,具有性能优异、功耗低、使用方便等特点。nRF401 的外围元件很少 ,仅 10 个左右。只包括一个 4MHz 基准晶振(可与 MCU 共享)、一个 PLL 环路滤波器和一个 VCO 电感 ,收发天线合一 ,没有调试部件 ,这给研制及生产带来了极大的方便。主要技术特性见表 1 所示 ,其内部结构如图 1 所示。

| 参数 | 数值 | 单位 |
|---|---------------|--------|
| 频率, 频道 1/频道 2 | 433.92/434.33 | MHz |
| 调制方式 | FSK | |
| 调制度 | ±15 | KHz |
| 最大输出发射功率@400, 3V | 10 | dBm |
| 灵敏度@400 Ω , BR=20kbit/s, BER<10 ⁻⁵ | -105 | dBm |
| 最大速率 | 20 | Kbit/s |
| 工作电压 | 2.7-5.25 | V |
| 接收电流 | 250 | uA |
| 发射电流@-10dBm 输出 | 8 | mA |
| 待机电流 | 8 | uA |

*PWR_UP 管脚间歇供电, 占空比为 2%, 周期 200ms

表 1 nRF401 主要技术指标

nRF401 接收机使用具有较强抗干扰能力的 FSK 频移键控(Frequency-ShiftKeying)调制方式 ,改善了噪声环境下的系统性能 ;采用 DSS+PLL 频率合成技术 , 工作频率稳定可靠。与

ASK 幅移键控(Ampli tude-Shi ftKeyi ng)和 00K 开关键控(0n-0ff Keyi ng)方式相比，这种方式的通信范围更广，特别是在附近有类似设备工作的场合。

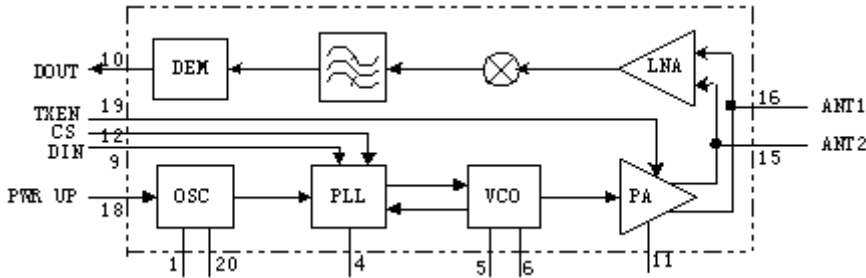


图 1 nRF401 内部框图

nRF401 无需外接昂贵的变容二极管，而其他竞争产品大多需要外接变容二极管、声表面波滤波器件等。这些芯片一般需要进行曼彻斯特编码后才能传输，在编程上会需要较高的技巧和经验，需要更多的内存和程序容量，并且曼彻斯特编码大大降低数据传输的效率，一般仅能达到标称速率（实际速率）的 1/3，因此大大增加了软件的工作量和产品开发的难度。而 nRF401 系列独特的技术可以直接传送单片机串口数据，应用及编程非常简单，抗干扰能力强，传送的效率很高，且使用很方便。

nRF401 采用小型 20 引脚 SSOP 封装，管脚数和体积最小，采用非常紧凑的电路板布局，有利于减少 PCB 面积，降低成本，适合便携式产品的设计，也有利于开发和生产。3V 直流电源供电。接收电流低，仅为 11mA，而且在轮流检测（Polling）模式时可以通过周期性暂停的方法使其更低，以延长电池寿命。它还提供进一步降低电流消耗的待机模式。表 2 为其部分管脚说明。

| 管脚 | 名称 | 功能 | 说明 |
|----|--------|-------|--|
| 1 | XC1 | 输入 | 晶振输入 |
| 4 | FILT1 | 输入 | 环路滤波器 |
| 5 | VC01 | 输入 | VCO 电感 |
| 6 | VC02 | 输入 | VCO 电感 |
| 9 | DIN | 输入 | 数据输入 |
| 10 | DOUT | 输出 | 数据输出 |
| 11 | RF PWR | 输入 | 发射功率设置 |
| 12 | CS | 输入 | 频道选择 CS=0—433.92MHz (Channel#1) CS=1—434.33MHz (Channel#2) |
| 15 | ANT2 | 输入/输出 | 天线终端 |
| 16 | ANT1 | 输入/输出 | 天线终端 |
| 18 | PWR_UP | 输入 | 节电控制 PWR_UP=0—Power down(待机模式) PWR_UP=1—Power up(操作模式) |
| 19 | TXEN | 输入 | 发射/接收控制 TXEN=0—接收模式 TXEN=1—发射模式 |
| 20 | XC2 | 输出 | 晶振输出 |

表 2 部分管脚描述

nRF401 另一个非常重要的特性是接收机的频带外阻抗很高(out-of-band blocking), 这意味着它不需要外部声表面波(SAW)滤波器。此外 nRF401 的解调器是 DC 平衡的, 因此可以使用任何一种协议, 也可以使用各种'0'、'1'序列, 因而无需浪费单片机宝贵的处理资源来进行曼彻斯特编码。nRF401 的串口可以与任何单片机接口, 也不需要进行设置, 应用及编程非常简单, 可直接传输串口数据, 传送的效率很高, 是一种能方便地与各种单片机配合使用的方案。

2 音频接口芯片 TLV320AIC10

TLV320AIC10 是 TI 公司近年新推出的低功耗 - 型 16 位 A/D、D/A 音频接口(AIC)芯片。模拟接口芯片(AIC)又称调制解调编解码器(modem Codec)以其高度可编程性, 高性能, 低功耗, 较少的外围器件, 成为当前语音处理的主流产品。适用于音频处理, 语音增强, 语音安全, 回声抵消, VoIP(Voice-over-Internet Protocol)等广泛的电话或语音应用中。其功能强大的串行接口和应用支持以及低功耗的特性使得 TLV320AIC10 成为音频应用的最好的模拟接口。

TLV320AIC10 为一通用, 3 - 5.5V Codec, 内部集成了 16 位 A/D 和 D/A 转换器。有两路模拟输入通道, 一路模拟输出通道和一对数字 I/O 口。使用片内 FIR 滤波器时采样速率最高可达 22ksps, 采用片外 FIR 滤波器时其采样速率最高可达 88ksps, 工作方式和采样速率均可由单片机编程设置。其内部 ADC 之前有抗混叠滤波器, 之后有抽样滤波器, DAC 之前有插值滤波器, 接收和发送可同时进行, 且输入输出增益控制可编程, 可工作在单端或差分方式。其独特的直接 DCSI 参数设置模式采用单线串行口直接对内部寄存器编程, 不受数据转换串行口的影响。事件控制模式使单片机可监控如电话 RING/OFF-HOOK 检测等外部事件。

AIC10 由 5 个控制寄存器控制。其中, 控制寄存器 1: 软件复位, DAC 的 16 位或 15 + 1 位模式选择以及抗混叠滤波器、抽样滤波器、插值滤波器使能 / 旁路选择。控制寄存器 2: 决定工作方式和采样速率。控制寄存器 3: 软件关电, 模拟及数字信号反馈和事件控制模式选择; ADC 的 16 位或 15 + 1 位模式选择。控制寄存器 4: 输入输出增益控制。AIC 的初始化主要就是对这 4 个寄存器参数进行设定。该器件与单片机接口易于实现, 开发和使用更加方便。尤其适合应用于低比特率、高性能密集设备的话音传输、识别及合成等的各种 VOIP、电缆调制解调器、语音和电话领域。

3 系统的硬件连接

接收/发射机应满足便携式电池供电设备的一些基本要求, 才能适用于无线 RF 应用。这些基本要求为: 方案成本低, 体积小, 低功耗, 符合电池供电要求, 集成度高, 无需微调外部元件, 外围元件极少, 加工更容易, 数据传输率高, 传输时间更短, 接口简单, 可以与廉价的单片机接口。本文所设计的无线集群语音传输系统由单片射频收发芯片 nRF401、微控制器 MSP430F1121、TLV320AIC10、EPM7128S 等芯片组成。其系统的硬件连接如图 2 所示。

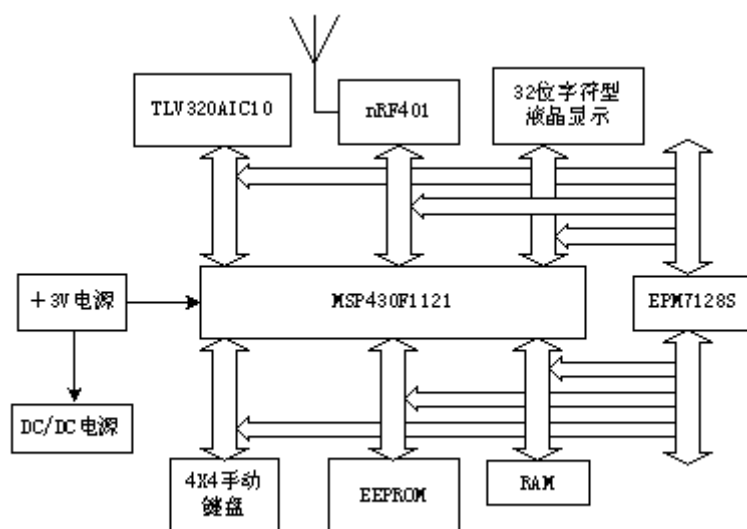


图 2 系统的硬件连接框图

MSP430F1121 是 TI 公司生产的超低功耗微控制器，具有 16 位 RISC 结构，16 位 CPU 寄存器和常数寄存器，4KB ROM，256B FLASH，256B RAM，指令周期时间 125ns，超低工作电压 (1.8V-3.6V)，超低功率消耗 (1.3uA-160uA)，具有 5 种省电模式，可串行在线编程，程序代码由加密熔丝保护。从图中可以看出，微控制器是系统的“主管”，负责运行协议、控制 nRF401 的收发状态，完成编解码，并运行系统的应用软件和硬件，从而节约成本和空间。电路中 E2PROM 用于存放发射频率跳变的顺序和编码数据，RAM 用于存放需微控制器处理的数据。采用 1.5V 电池供电，由于系统供电为 3V，因此由一个 DC/DC 变换器完成电源的转换，为了避免 DC/DC 转换电源的噪声对通信造成影响，采用 LC 滤波。

nRF401 是接收发射合一芯片，即可以接收数据也可以发射数据，工作方式半双工。因此该电路即是发射电路也是接收电路。在有键按下时为发射状态，语音信号经 TLV320AIC10 做 A/D 变换后，在 MSP430F1121 的控制下将数据送给 nRF401，将其发射出去。无按键按下时为接收状态。

芯片使用时，首先通过微控制器对芯片内部寄存器进行设置，设定工作频率、发射功率等参数；进入正常工作状态后，通过微控制器根据需要进行收发转换控制、发送/接收数据或进行状态转换。工作模式如表 3 所示。

| 输入电平 | | | 工作模式 | |
|------|----|--------|------|----|
| TXEN | CS | PWR_UP | 频道 | 模式 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | RX |
| 0 | 1 | 1 | 2 | RX |
| 1 | 0 | 1 | 1 | TX |
| 1 | 1 | 1 | 2 | TX |
| X | X | 0 | -- | 待机 |

表 3 工作模式设置

EPM7128S 用来提供整个系统需要的组合逻辑。它属于 MAX7000 系列，是 Altera 公司的基于第二代 MAX 结构的 CPLD。它提供多达 5000 个可用门和在系统编程，其引脚到引脚延时快达

6ns。可以容纳各种各样的，独立的组合逻辑和时序逻辑功能。EPM7128S 有 2 个工作电压，核电压为 5V，I/O 工作电压可设为 5V 或 3.3V。设为 3.3V 时，其输入耐 5V，而输出为 3.3V TTL 电平(所有的驱动器均能配置在 3.3V 和 5V，允许用于混合电压系统中)。EPM7128S 的优点是它基于 E2PROM，可以通过 JTAG 口进行在线编程，设计者可将设计内容从 PC 机上通过下载电缆和 JTAG 口对 EPM7128S 进行任意次修改。在这里使用 EPM7128S 是为电路提供组合逻辑以映射空间。它有多达 100 个 I/O 引脚可供编程使用，方便系统扩展存储空间和外设。

程序设计时应注意的问题是：nRF401 的通讯速率最高为 22Kbit/s；接收模式转换为发射模式的转换时间至少 1ms；可以发送任意长度的数据；发射模式转换为接收模式的转换时间至少为 3ms。在待机模式时，电路进入待机状态，电路不接收和发射数据。在低功耗模式时，电路进入不了工作状态，电路不接收和发射数据。待机模式和低功耗模式转换为发射模式的转换时间至少为 3ms；待机模式和低功耗模式转换为接收模式的转换时间至少 2ms。

4 混合信号 PCB 设计注意问题

一个好的印制电路板(PCB)设计对于获得好的 RF 性能是必需的，本系统用两层板来设计。由于 nRF401 外围元件少，是目前集成度最高的 RF 收发芯片并集成了基带处理，设计比较方便，但是实际由于高频电路的特性，工作频率较高(UHF)，且 nRF401 PCB 设计是混合信号电路设计，尽管 nRF401 已经大大简化了射频电路设计及要求，设计时仍然需要十分的注意。一般来说有以下原则需要遵循：

(1)布线时不能只考虑线能否布通，如果 PCB 布线布局不合理，可能会大大影响性能和通信距离，这是 RF 电路设计的特点决定的。因此将 PCB 分为射频电路和控制电路两部分布置。PCB 使用双面板，分为元件面和底面。底面有一个连续的接地面，元件面的接地面保证元件充分接地，大量的通孔链接元件面的接地面和底面的接地面。

(2)合适的零件布局。射频电路的元件面以 nRF401 为中心，各元件紧靠其周围，尽可能减少分布参数的影响。需要说明的是 VCO 电感的布局是非常重要的，一个经过优化的 VCO 电感布局将可以给 PLL 环路滤波器提供一个合适的电压。匹配网络的元器件最好靠近 nRF401 的 ANT1 和 ANT2，以减小杂散电感和杂散电容。

(3)将 PCB 分区为独立的模拟部分和数字部分。在电路板的所有层中，数字信号只能在电路板的数字部分布线，模拟信号只能在电路板的模拟部分布线，并且模拟电源和数字电源要分割。nRF401 的直流供电必需在离 VDD 脚尽可能近的地方用高性能的 RF 电容去耦。如果一个小电容再并上一个较大的电容效果会更好(2.2uF)。射频部分的电源和数字电路部分的电源分离，nRF401 的 VSS 端直接连接到接地面。

(4)射频电路的电源使用高性能的射频电容去耦，去耦电容尽可能靠近 nRF401 的 VDD 端，一般还在较大容量的表面贴装电容旁并联一个小数值的电容。nRF401 的电源必需经过很好的滤波，并且与数字电路供电分离。

(5)布线时，电源线和地线要尽量粗。除减小压降外，更重要的是降低耦合噪声。从单片机引入的晶体走线不能离数据线或者控制线太近。注意电源的滤波和电源线的走线。不能将数字信号或控制信号引入到 PLL 回路滤波器元件上。布线时尽量减少回路环的面积，以降低感应噪声。(6)采用正确的布线规则。在 PCB 板上应该避免长的电源走线，所有元件地线，VDD

连接线, VDD 去藕电容必需离 nRF401 尽可能近, 如果 PCB 设计的顶层有铺铜, VSS 脚必需连接到铺铜面, 如果 PCB 的设计的底层有铺铜, 与 VSS 的焊盘有一个过孔相连会获得更好的性能。所有开关数字信号和控制信号都不能经过 PLL 环路滤波器元件和 VCO 电感附近。

(7) 充分考虑电源对 nRF401 的影响。电源做得好, 整个电路的抗干扰就解决了一大半。RF 电路对电源噪声很敏感, 要给 RF 电源加滤波电路, 以减小电源噪声对 RF 电路的干扰。比如, 可以利用磁珠和电容组成 π 型滤波电路, 当然条件要求不高时也可用电感代替磁珠。

小结 本文介绍了 nRF401 的特点, 提出了一种将其应用于无线集群语音传输系统的实现方案。此方案硬件电路简单, 易于调试, 软件编程也不复杂, 是一种较好的设计思路。

参考文献:

- 1 Nordic Product Specification 433MHz Single Chip RF Transceiver nRF401. February 2002
- 2 Nordic Application Note nRF401 RF and antenna layout. May 2000.
- 3 Reference Design Long Range nRF401.
- 4 Nordic Product Specification nRF401 Demo Board Kit. March, 2002.
- 5 General-Purpose 3V to 5.5V 16-bit 22-KSPS DSP CODEC TLV320AIC10 Data Manual. Texas Instrument Inc., 2000
- 6 MAX7000 Programmable Logic Device family Data Sheet, November 2001.
- 7 Tavlec Ltd technical Note ref: MSP430F1121 development board. V1.0. 8/7/02

作者简介 陈红梅 女 西安电子科技大学通信工程学院硕士研究生, 专业方向为通信与信息系统

陈健 男 西安电子科技大学通信工程学院副教授 主要研究方向为软件无线电, 信号处理

联系电话: 029-8201505(0)

Email: snow_chm@sina.com