

# 基于 STM32 的无线数据传输综合应用<sup>①</sup>

冯 爽, 蒋念平

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

**摘 要:** 主要介绍由 Cortex-M3 处理器 STM32F10XXX 组成的硬件开发平台和专用无线传输单芯片 nRF24L01 实现的短距离无线数据传输方案, 同时简单描述了 STM32F 微控制器和 nRF24L01 的配置, 给出了它们的应用电路图和 nRF24L01 的控制程序. 最后经过实际数据测试, 可以应用在无线智能家居控制系统等领域.

**关键词:** STM32F10XXX; nRF24L01; 无线数据传输; SPI

## Wireless Data Transmission Applications Based on STM32

FENG Shuang, JIANG Niang-Ping

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** This paper describes the short-range wireless data transmission, achieved by The STM32F10XXX hardware development platform composed of the Cortex-M3 processor and a special wireless transmission chip nRF24L01. At the same time, a brief description of the STM32F microcontrollers and nRF24L01 configuration, given their circuit and the program of nRF24L01. Finally, through the actual test data, it can be used in the field of wireless intelligent home control system and others.

**Key words:** STM32F10XXX; nRF24L01; wireless data transmission; SPI

在嵌入式系统的一些比较特殊的应用场合, 由于不能采用有线的数据传输方式, 而需要采用短距离的无线数据传输方式. 因为短距离无线数据通信不用布线, 快速布局, 抗干扰能力强、可靠性高、使用灵活等特点, 因此具有有线数据传输无法比拟的便捷性, 在特殊场合具有不可替代性.

### 1 系统概述

#### 1.1 主要芯片

① STM32F10XXX 系列微控制器: 基于 ARM Cortex-M3 内核的 32 位闪存微控制器, 集成了名为 CM3Core 的中心处理器内核和先进的系统外设, 实现了内置的中断控制、存储器保护, 以及系统的调试和跟踪功能.

② nRF24L01 无线收发器: 芯片工作于 2.4~2.5GHz 世界通用 ISM 频段, 由频率合成器、增强型

ShockBurst™ 模式控制器、功率放大器、晶体振荡器、调制器解调器、寄存器、SPI 接口、电源管理等功能组成. 芯片 nRF24L01 结构框图见图 1.

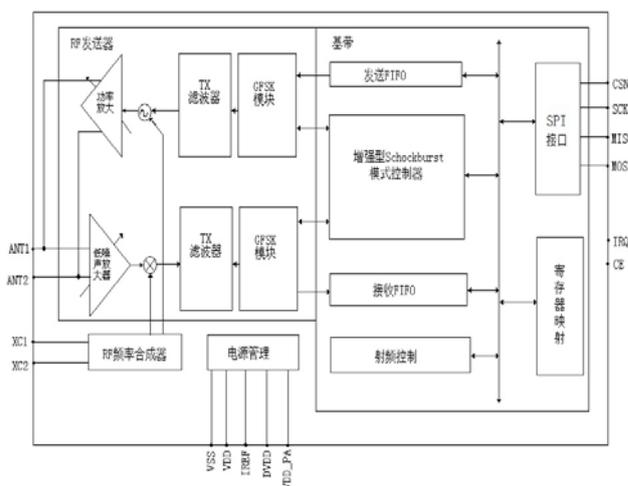


图 1 芯片 nRF24L01 结构框图

① 收稿时间:2012-03-06;收到修改稿时间:2012-04-01

### 1.2 系统原理框图

由 STM32F10XXX 处理器组成的硬件开发平台作为终端进行现场数据采集, 处理器在此处起着数据采集的作用, 它一方面进行实时数据采集, 另一方面通过无线信道和数据处理终端机交换数据. 图 2 所示是系统功能模块图.

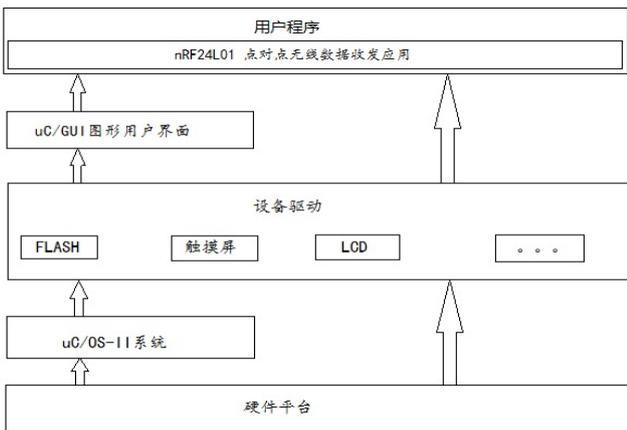


图 2 系统功能模块图

通过用户操作界面, 将处理器采集到的数据无线发送到另一个终端用户, 两个终端硬件配置是相同的, 两者可以实现点对点数据交换.

## 2 硬件结构设计

本设计利用 STM32F107 硬件开发平台的 SPI 接口、GPIO 接口与 nRF24L01 无线通信模块连接. 模块连接示意图见图 3.

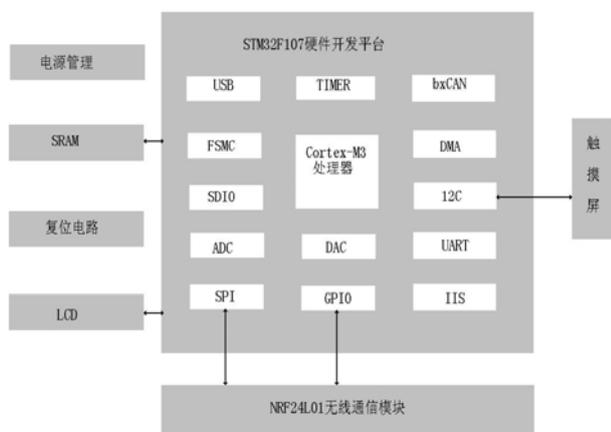


图 3 硬件开发平台与无线模块示意图

无线通信模块 nRF24L01 的硬件电路原理图如图

4 所示. 其中 PB12、PB13、PB14、PB15 是 SPI 接口用于配置无线通讯模块及数据传输, PB8 是终端控制引脚, PC6 是模式控制引脚, 用于控制 nRF24L01 的工作模式.

硬件电路板设计也有一定的要求, 必须关注 RF 模块的性能, 有以下 4 点:

- ① 模块应该尽量用独立直流电源供电, 与其他数字电路的供电分开, 实现电源分割.
- ② 模块电源输入端要添加去耦电容, 并且尽量靠近模块.
- ③ 电路板正面和背面均应使用大面积覆铜, 并使用过孔相连.
- ④ 天线设计适用电路板上环行天线, 天线部分不能覆盖铜.

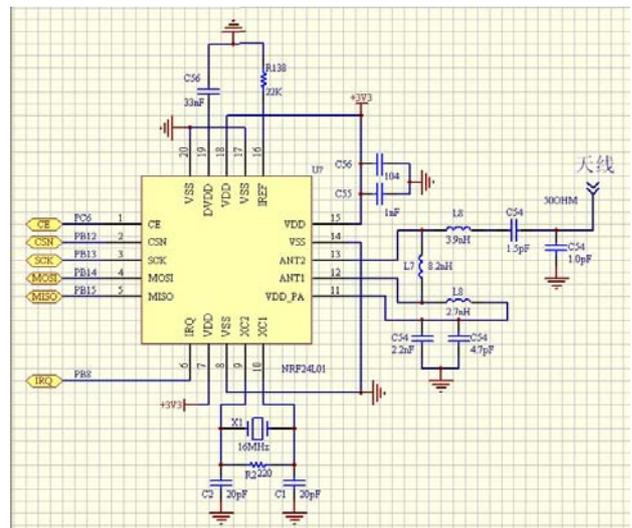


图 4 nRF24L01 硬件电路原理图

## 3 程序代码设计

### 3.1 芯片 nRF24L01 增强型 ShockBurst 模式配置与编程

#### 3.1.1 增强型 ShockBurst 发送模式:

- ① 配置寄存器位 PRIM\_RX 为 0.
- ② 当 MCU 有数据要发送时, 接收节点地址(TX\_ADDR)和有效数据负载(TX\_PLD)写入 nRF24L01, CSN 引脚为低电平时, 发送数据被不断写入.
- ③ 设置 CE 引脚信号为高电平, 启动发送, 高速发送数据包.
- ④ 若启动了自动应答模式, 则立即进入接收模式.

⑤ 如果 CE 置为低电平, 则系统进入待机模式 I; 如果不置 CE 为低电平, 则系统发送 TX\_FIFO 寄存器下一个数据包. 如果 TX\_FIFO 寄存器为空且 CE 为高电平, 则系统进入待机模式 II.

### 3.1.2 增强型 ShockBurst 接收模式:

① 配置寄存器位 PRIM\_RX 为 1.

② 打开所使用的接收数据通道(EN\_RXADDR 寄存器), 设置自动应答功能(EN\_AA 寄存器)及有效数据宽度(RX\_PW\_Px, x=0~5).

③ 设置 CE 引脚信号为低电平, 启动接收模式, 130 μs 后开始检测信息.

④ 接收到有效数据包后, 数据存储在接受缓冲池中(RX\_FIFO), 同时 RX\_DR 位置 1.

⑤ 若启用了自动应答模式, 则立即发送应答信号.

⑥ 以上步骤完成后, MCU 需要将 CE 引脚设置为低, 进入待机模式 I.

⑦ 此时 MCU 将数据以适当的速率将数据读出.

⑧ 当读出工作完成后, 芯片准备好进入发送、接收或者掉电模式.

### 3.2 STM32F103 处理器芯片 SPI 口配置程序

```
{
SPI_InitTypeDef SPI_InitStructure;
GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
/* 使能 SPI2,GPIOB 时钟 */ RCC_APB1Periph
ClockCmd(RCC_APB1Periph_SPI2,ENABLE);
RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_G
PIOB, ENABLE);
/* 配置 SPI2 接口*/
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin =
GPIO_Pin_13 | GPIO_Pin_14 | GPIO_Pin_15;
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed =
GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode
GPIO_Mode_AF_PP; /*复用推挽输出*/
GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
/* 配置 PB12 推挽输出模式, 有于片选*/
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_12;
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed
GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode
```

```
GPIO_Mode_Out_PP; /*推挽输出*/
GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
/*配置 NRF24L01 模式引脚 CE=PC6*/
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_6;
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed =
GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode =
GPIO_Mode_Out_PP; /*推挽输出*/
GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStructure);
/*配置 NRF24L01 中断控制引脚 IRQ=PB8*/
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin =GPIO_Pin_8;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode
GPIO_Mode_IPD; /*输入下拉*/
GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8); /*开*/
NotSelect_SDR();
/* SPI2 接口参数配置 */
SPI_InitStructure.SPI_Direction=
SPI_Direction_2Lines_FullDuplex;
SPI_InitStructure.SPI_Mode =SPI_Mode_Master;
SPI_InitStructure.SPI_DataSize=
SPI_DataSize_8b;
SPI_InitStructure.SPI_CPOL =SPI_CPOL_Low;
SPI_InitStructure.SPI_CPHA=
SPI_CPHA_1Edge;
SPI_InitStructure.SPI_NSS =SPI_NSS_Soft;
SPI_InitStructure.SPI_BaudRatePrescaler =
SPI_BaudRatePrescaler_16;
SPI_InitStructure.SPI_FirstBit =
SPI_FirstBit_MSB;
SPI_InitStructure.SPI_CRCPolynomial = 7;
SPI_Init(SPI2, &SPI_InitStructure);
/* 使能 SPI2 接口*/
SPI_Cmd(SPI2, ENABLE);
}
```

### 3.3 μC/OS-II 操作系统移植及任务创建

```
int main(void)
{
CPU_INT08U os_err;
CPU_IntDis();
OSInit(); /*初始化 μC/OS-II */
```

```

BSP_Init(); /* BSP 初始化*/
os_err=OSTaskCreate(
(void (*)(void*))App_TaskStart,
/*创建任务*/
(Void *) 0,
(OS_STK*)&App_TaskStartStk[APP_TASK_S
TART_STK_SIZE - 1],
(INT8U) APP_TASK_START_PRIO);
OSTimeSet(0);
OSStart(); /*开始执行多任务*/
return(0);
}
extern void LCD_L0_FillRect(int x0,int y0,int x1,int
y1);

```

#### 4 结语

本文给出的是一个基于 nRF24L01 无线通信芯片的通用短距离无线数据传输解决方案, 此方案可方便

地进行移植, 以构建更为复杂的无线网络, 在实际应用中也能得到比较好的效果, 如无线智能家居控制系统, 无线抄表的应用等. 经过测试数据传输的距离可达到 60 米左右. 当在一些环境相对比较复杂的地方, 信号质量不好, 可以适当的加大电压调试(nRF24L01 的使用电压范围是 1.9~3.6V).

#### 参考文献

- 1 王永虹,徐炜,郝立平.STM32 系列 ARM Cortex-M3 微控制器原理与实践.北京:北京航空航天大学出版社,2008.1-55.
- 2 喻金钱,喻斌. STM32F 系列 ARM Cortex-M3 核微控制器开发与应用.北京:清华大学出版社,2011.464-489.
- 3 龚剑.基于 ARM 的无线数据传输系统设计[硕士学位论文].长沙:国防科学技术大学,2008.
- 4 莱庆,王代华,张志杰.基于 nRF24L01 的无线数据传输系统.现代电子技术,2008,7:68-70.
- 5 Nordic.nRF24L01 Single Chip 2.4GHz Transceiver Product Specification.2th ed.2007.

(上接第 219 页)

要宿主彩色图像, 下一步将研究如何在提取水印时无需原始宿主图像, 同时在彩色图像中嵌入多个水印图像以实现版权和防篡改双重保护.

#### 参考文献

- 1 Lu CS, Liao HYM. Multipurpose watermarking for image authentication and protection. IEEE Trans. on Image Processing, 2001,10(10):1579-1592.
- 2 杨义先.数字水印基础教程.北京:人民邮电出版社,2007.11-13.
- 3 Hernandez MC, Miyatake MN, Meana HMP. Analysis of a DFT Based Watermarking Alogorithm. Proc. of the 2nd Int'l Conference on Electrical and Electronics Engineering. 2005. 44-47.
- 4 姜楠,王健,钮心忻,杨义先,周锡增.HSI 鲁棒彩色图像数字水印算法.计算机应用研究,2006,23(1):224-226.
- 5 李诺,闫德勤.一种二维 DCT 彩色图像数字水印的新算法.计算机工程与应用,2007,43(2):3-45.
- 6 夏建平,周激流,何坤,刘昶,王东方.基于小波变换和 Tucker 分解的彩色图像数字水印.计算机应用研究,2010,27(2):798-800.
- 7 李继容,曾爱国.基于小波变换的彩色图像数字水印算法.计算机仿真,2011,28(5):246-249.
- 8 凌贺飞,卢正鼎,杨双远.基于 YCbCr 颜色空间的二维 DCT 彩色图像数字水印实用技术.小型微型计算机系统,2005,26(3):482-484.
- 9 Cox IJ, Kilian J, Leighton T, et al. Secure spread spectrum watermarking for multimedia. IEEE Trans. on Image Processing, 1997,16(12):1673-1687.
- 10 Kutter M, Jordan F, Bossen F. Digital signature of color images using amplitude modulation. Proc. of the SPIE, EI97,1997.
- 11 刘挺,尤韦彦.一种基于离散小波变换和 HVS 的彩色图像数字水印技术.计算机工程,2003,29(4):115-117.
- 12 冯茂岩,冯波沈,春林.基于分块 DCT 变换和 Arnold 置乱的自适应图像水印算法.计算机应用,2008,28(1):171-173.
- 13 周熠.基于小波变换和视觉掩蔽的自适应水印方案.红外与激光工程,2004,33(5):524-527.