

# 基于 MSP430 单片机的主动式 RFID 标签的设计

张楠, 王俊峰

(北京交通大学 电子信息学院, 北京 100044)

摘要: 本文介绍了基于 MSP430F1111a 单片机的一种低功耗主动式 RFID 标签的设计, 对如何解决主动式 RFID 标签功耗高, 使用时间短, 性能不稳定的问题进行探讨, 详细阐述了主动式 RFID 标签的低功耗的设计思想、硬件结构和软件的设计方法。

关键词: 射频识别, MSP430 单片机, 低功耗

中图分类号: TN925+.91 文献标识码: A 文章编号: 1009-3044(2007)17-31336-01

The Active RFID Label Design Based on MSP430 Microcontroller

ZHANG Nan, WANG Jun-feng

(School of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: This article introduces a design of RFID label based on MSP430F1111a microcontroller, which is low-power-consumption and active. It discusses on the solution to the problems which this kind of RFID label includes, such as high-power consumption, short used time and unsteady performance. The design thinking of low-power-consumption, the hardware structure and the software design method of this active RFID label are given in details.

Key words: radio frequency identification; MSP430 microcontroller; low-power consumption

## 1 引言

RFID 的应用在近两年已经成为了市场的热点, 随着微型集成电路的进步, 微型智能 RFID 标签得到了很大应用发展, 在低功耗 IC 技术方面的突破, 为发展小型、低功耗主动式标签创造了条件。被动式标签无需电池, 由读写器产生的磁场中获得工作所需的能量, 但读取距离较近, 且单向通信, 局限性较大。RFID 主动式电子标签不但具备被动式电子标签的很多特性, 而且还具有读取距离更远, 性能更可靠, 寿命长等优点。本文将具体阐述基于 MSP430 和 nRF2402 的单向主动式标签的低功耗设计理念和性能特点以及软硬件的实现方法。

## 2 系统的硬件设计

### 2.1 芯片的选择及性能简介

主动式 RFID 标签应具有: 低成本、低功耗、阅读距离长及距离可调、电池供电等特性。分析主动式 RFID 标签的这些特性要求, 选择合适的 MCU 和射频芯片是设计最关键的部分。

#### 2.1.1 MCU 的选择

由于主动式 RFID 标签采用电池供电, 为了延长电池使用寿命, 系统对低功耗性能有很高要求。德州仪器公司(TI)推出的 MSP430 系列是超低功耗 Flash 型 16 位 RISC 指令集单片机, 其设计结构完全以系统低功耗运行为核心。电源电压采用 1.8~3.6V 低电压, RAM 数据保持方式下耗电仅 0.1 $\mu$ A, I/O 端口的漏电流最大仅 50nA。这种低功耗结构具体体现在以下三点:

(1) 它集成了丰富的片内外设, 性价比极高。MSP430 单片机将很多外围模块集成到了 MCU 芯片中, 增大硬件冗余。用户可以通过特殊功能寄存器选择使用不同的功能电路, 即依靠软件选择其中不同的外围功能模块, 对于不使用的模块使其停止工作, 以减少无效功耗。

(2) 为更好地降低功耗, 单片机采用 2 套独立的时钟源: 外部时钟以及 DCO 片内时钟。通常情况下, 系统运行频率越高, 电源功耗就会相应增大。而 MSP430 单片机可在满足功能需要的情况下按一定比例降低 MCU 主时钟频率, 以降低电源功耗。在不需要高速运行的情况下, 可选用副时钟低速运行, 进一步降低功耗。通过软件对特殊功能寄存器赋值可改变 CPU 的时钟频率, 或进行主时钟和副时钟切换, 从而实现对总体功耗的控制。

(3) 由于系统运行时使用的功能模块不同, 即采用不同的工作模式, 芯片的功耗有明显的不同。MSP430 单片机具有五种节能模

式: LPM0、LPM1、LPM2、LPM3、LPM4。这五种模式为其功耗管理提供了极好的性能保证。当使其在 1MHz 的时钟条件下运行时, 芯片的电流会在 200~400 $\mu$ A 左右, 在等待方式下, 耗电为 0.7 $\mu$ A, 在节电方式下, 最低可达 0.1 $\mu$ A。

### 2.2 射频芯片的选择

射频芯片是整个 RFID 卡最核心的部分, 直接关系到标签的读写距离和可靠性。同时射频芯片的功耗也直接影响到整个系统的功耗。

nRF2402 是挪威 Nordic 公司推出的单片 2.4GHz 无线发射芯片, 是业界体积最小、功耗最少、外围元件最少的低成本射频系统级芯片。它电源电压范围为 1.9~3.6V, 工作于 2.4~2.5GHz ISM 频段, nRF2402 内置地址解码器、先入先出堆栈区、调制处理器、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, 需要很少的外围元件, 输出功率和通信频道可通过程序进行配置, 因此使用起来非常方便。

nRF2402 芯片能耗非常低, 它具有两种低功耗工作模式: 关机模式和空闲模式。在关机模式下, 可以得到最小的工作电流, 一般此时的工作电流小于 200nA。当芯片不向外发送数据时选择工作在此模式可明显地延长电池的使用寿命。nRF2402 的空闲模式也是为了减小平均工作电流而设计, 其最大的优点是在实现节能的同时, 缩短芯片的启动时间。

当然, nRF2402 的发送模式也有它自己独特的节电方式设计。在 ShockBurst<sup>TM</sup> 发送模式下, 利用片内的先入先出堆栈区, 数据可以低速从微控制器送入, 但高速(1Mbps)发射, 因此, 使用低速的微控制器也能得到很高的射频数据发射速率。之所以将与射频协议相关的所有信号处理都在片内进行, 是因为这种做法有三大好处: 大大降低了功耗; 降低的系统成本(可以使用价钱低廉的低速微处理器); 数据在空中停留时间短, 很大程度降低了信息冲突的可能性。而正是通过这种低速送入高速送出的 ShockBurst<sup>TM</sup> 技术同时也减小了整个系统的平均工作电流。例如, 当芯片以最大功率 0dBm 的功率发射时, 工作电流只有 10.5mA。

nRF2402 除了具有很多种低功耗工作模式, 满足节能设计的要求外, 还具有很多其他优点:

(1) 可实现远距离通信, 从几米到几十米可通过程序配置;

(2) 内置 CRC 纠错检错硬件电路和协议; 芯片在处理数据时自动生成 CRC 校验码;

(下转第 1356 页)

收稿日期: 2007-08-03

作者简介: 张楠(1982-), 男, 河北省秦皇岛市人, 硕士研究生, 研究方向为交通信息工程及控制方向; 王俊峰(1962-), 男, 北京交通大学电子信息工程学院副教授, 硕士生导师。

1.7 判断字段值为空的差别

普通空值的判断, Access2000 和 SQL Server 2000 一样, 都用以下格式:

WHERE 字段名 IS NULL 或 WHERE 字段名 IS NOT NULL  
条件空值的判断:

Access2000 用 IIF 函数来判断, 即:

IIF(表达式 is null, 0, 表达式) 或 IIF(表达式 is null, 表达式 1, 表达式)

如果表达式的值为空, 函数值为 0 或为表达式 1 的值, 否则为表达式的值。

SQLServer 2000 用 ISNULL 函数来判断, 即:

ISNULL(表达式, 0) 或 ISNULL(表达式, 表达式 1)

如果表达式的值为空, 函数值为 0 或为表达式 1 的值, 否则为表达式的值。

1.8 取任意子串函数的差别

Access2000 中使用 MID 函数取任意子串:

MID(字段名, n1, n2), 如: SELECT MID(学号, 5, 1)

SQLServer 2000 中使用 SUBSTRING 函数取任意子串:

SUBSTRING(字符表达式, n1, n2), 如: SELECT SUBSTRING(学号, 8, 2)

2 Access2000 升级到 SQLServer 2000 的方法

软件升级时, 要把 Access2000 数据库升级到 SQL Server 2000 数据库。首先在 SQL Server 2000 中新建一个与 Access2000 同名的数据库, 然后用 SQL Server 2000 的数据转换服务(DTS 导入/导出向导) 导入数据, 即把 Access2000 数据库中的表导入到 SQL Server 2000 的同名数据库中。最后作如下处理:

2.1 把自动编号改成标识字段

Access 中的自动编号, 不会自动转换成 SQL SERVER 中的自动编号, 只能转换为 int 型, 要把它手工改成标识字段, 从 1 开始。

2.2 修改数据类型

把所有导入被 SQL Server 2000 转化成的以 n 开头的字段类型的 n 去掉, 如把 nvarchar 改成 varchar 即可。

(上接第 1336 页)

(3) 芯片内部设置有专门的稳压电路, 且带有数据时隙和数据时钟恢复功能, 可靠性很高;

利用 MSP430F1111a 单片机和 nRF2402 射频芯片, 可以方便地构建一个低电压的工作平台。单片机通过对 nRF2402 模块的智能运行管理和与节能模式控制相结合, 可以解决运行速度、数据流量、系统性能与低功耗设计的矛盾, 将各功能模块的电流消耗降至最低状态, 限制活动状态至最低要求。经过优化, 可以在获得系统的极低功耗的同时, 又能保证系统具有很高的性能。

2.3 设计原理图

主动式 RFID 射频卡的电路图见图 1, nRF2402 的外围电路可参考厂商提供的芯片说明文档。

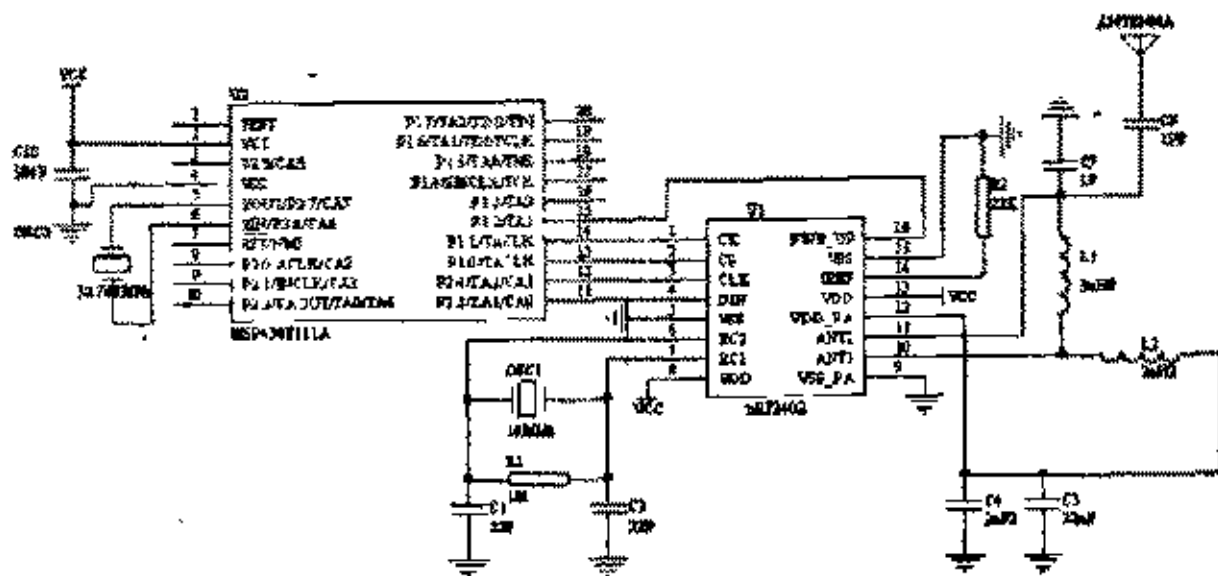


图 1 设计原理图

3 系统的软件设计

软件设计关系到整个系统能否运行及效率高低。本系统采用汇编语言编写程序, 充分利用 MSP430 系列单片机简洁的指令, 实现预期的控制目的。

由于系统采用电池供电, 考虑到降低功耗和实际应用的需要, RFID 卡采用定时发送机制, 利用单片机内部的 Timer\_A 定时器模块, 实现 RFID 信号的定时发送。具体的实现方法如下:

(1) 通常, 降低功耗最重要的因素是应用 MSP430 时钟系统, 最大化 LPM3 的时间, 因此在软件设计时, 要保持单片机一般处于 LPM3 低功耗模式下。

(2) 选用单片机外部 32 kHz 晶振作为单片机 ACLK 时钟, 并将 ACLK 时钟选作定时器的时钟源, 这样选择外部低速晶体可以降低系统功耗, 同时保证定时器工作稳定, 定时准确。

(3) 当单片机产生定时中断, 被激活进入活动状态后, 再控制 nRF2402 进入到 ShockBurst™ 发送模式。

(4) 为防止外界干扰作用于数字器件, 使其产生误操作, 引起 MSP430 发生“程序跑飞”事故, 启动单片机内部的看门狗模块, 保证系统能够持续正常工作。

系统程序包括主程序和中断服务子程序两大部分。系统主程序和中断服务子程序的流程图如图 2 所示。

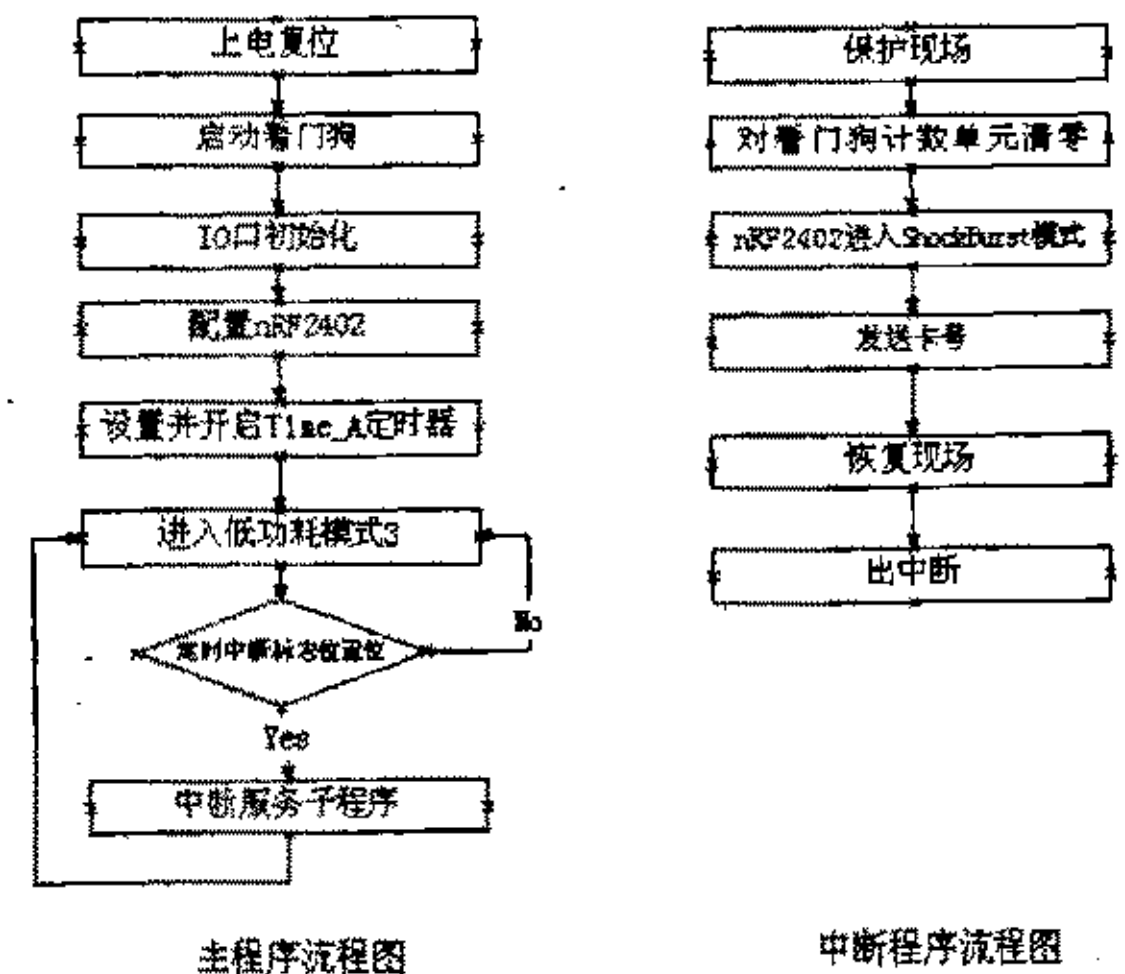


图 2 系统流程图

4 结束语

本文对基于 MSP430 单片机的主动式 RFID 标签的设计进行了详细介绍, 传统单片机在静态时候的功耗大, 无法满足在一些低功耗、电池供电系统设计中的要求。而本设计充分发挥了 MSP430 单片机超低功耗的这一特点, 合理地利用了 MSP430 单片机的中断、定时、运算等功能, 借助于软件优势, 对耗能较低的 nRF2402 模块采取限能工作措施, 提高了电池的寿命, 增加了系统可靠运行的时间。同时, 这种主动式 RFID 标签的设计使 RFID 的性能得到了改进, 它在很大程度上解决了远距离、大流量、抗干扰、高速移动的标识物的识别难题, 而且成本较以往主动式 RFID 标签大大降低。本设计完成的 RFID 标签与配套的阅读器可以组成人员或物品识别定位系统, 对于在人、车、物的远距离识别、定位、跟踪、数据传输等方面的运用提供了先进有效的技术保障。

参考文献:

[1]胡大可.MSP430 系列 FLA SH 型超低功耗 16 位单片机[M].北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.  
[2]沈建华.MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M].北京: 清华大学出版社, 2004.  
[3]魏小龙.MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例[M].北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.  
[4]Nordic.NRF2402 Product Specification. Nordic VLSI ASA, 2003