

基于 MSP430 的微功耗计数电路的设计

马雄楠¹, 方方¹, 邱远法²

(1. 成都理工大学应用核技术与自动化工程学院, 成都 610059; 2. 中国辐射防护研究院, 太原 030006)

摘要:根据便携式仪器的微功耗的原则, 介绍了一种便携式核辐射测量仪器的微功耗实时的脉冲计数电路。该仪器以微功耗性能突出的 MSP430 单片机为核心微处理器, 来完成数据采集、处理、存储、实时时钟控制、液晶显示、通信等功能。从硬件电路设计和软件编程方面进行了微功耗的设计。

关键词:微功耗, 便携式, 实时时钟, MSP430, 液晶显示

中图分类号: TL8 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-0934(2008)04-0789-03

在核辐射的测量中可以用单位时间的脉冲数来表示辐射强弱。而便携式的核辐射测量仪器主要是用在工作现场与室外, 具有小巧轻便, 操作简单, 良好的人机对话界面, 功耗低, 可靠性高等特点。此外便携式核辐射测量仪器多以干电池、蓄电池或太阳能电池作为工作电源, 为此, 对低功耗就有了更高的要求。要求仪器的电流消耗尽可能的小, 以降低系统的功耗, 延长电池的供电时间。因此, 微功耗的设计是便携式仪器应首先遵循的设计原则。它不仅能降低系统的功耗, 还使系统具有较低的电磁辐射和较高的可靠性。

1 MSP430 单片机简介

MSP430 系列单片机是 TI 公司研发的一种超低功耗、混合信号控制器, 能够在低电压 (1.8~3.6V) 下以 CPU OFF (CPU 停止工作) 和 OSCOFF (晶振停止工作) 等 5 种超低功耗 (掉电模式下工作电流 0.1 μ A、备用模式下工作电流 0.8 μ A、1M IPS 下工作电流 250 μ A) 工

作模式工作, 具有数字控制的振荡器唤醒时间少于 6 μ s, 从而延长了待机时间并使启动更加迅速, 降低了电池的功耗^[3]。这一系统设计中采用的是 TI 公司的 MSP430F149, 功耗低 (采用 flash 存储技术可以将功耗降低 1/5), 系统集成度高 (包括 flash, BRam; 12bitA /D; WDT; Timer_A; Timer_B; 2 个 USART 接口), 而且 MSP430F149 的运行环境温度范围为 -40 $^{\circ}$ C~+85 $^{\circ}$ C, 可以适应各种恶劣的环境。因此, 非常适合于开发高度智能化、低功耗、便携式智能终端设备。

2 MSP430 微功耗实时脉冲计数系统的设计

本设计以测氦仪器为例, 以 TI 公司的 16 位高性能 MSP430F149 单片机为核心构建, 利用内部的 16 位定时/计数器 TIMER_A 对外部放大整形后的信号脉冲进行计数, 通过数据总线控制键盘和显示电路、电池欠压报警等控制电路, 通过 I²C 总线控制 RTC 和 EEPROM, 本系统由一节 3.6V 的锂电池提供电压。系统框图如图 1。

收稿日期: 2008-03-11

作者简介: 马雄楠 (1976-) 男, 山西人, 成都理工大学应用核技术与自动化工程学院研究生, 从事核仪器与测控技术的研究。

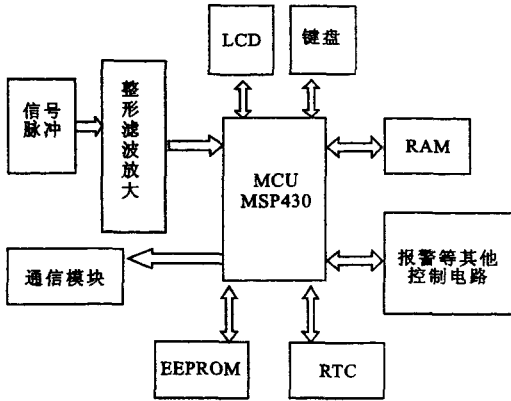


图1 测氧仪系统框图

3 低功耗实时脉冲计数系统的元器件的选择

3.1 单片机的选择

单片机作为本设计的核心器件,其选择尤为重要。本设计选用 TI 公司 MSP430F149 是超低功耗 Flash 型 16 位 RISC 指令集单片机。它采用“冯·诺曼”结构, RAM、ROM 和全部外围模块都位于同一个地址空间内。其具有丰富的片内外围,性价比极高。MSP430F149 单片机集中体现了现代单片机先进的低功耗设计理念,其设计结构完全以系统低功耗运行为核心。

这种低功耗结构具体体现在以下四点:

(1)高集成度的完全单片化设计。

将很多外围模块集成到了 MCU 芯片中,增大硬件冗余。内部以低功耗、低电压的原则设计,这样系统不仅功能强、性能可靠、成本降低,而且便于进一步微型化和便携化。

(2)内部电路可选择性工作。

F149 单片机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。

(3)具有高速和低速两套时钟。

系统运行频率越高,电源功耗就会相应增大。为更好地降低功耗,F149 单片机可采用三套独立的时钟源:高速的主时钟、低频时钟(如 32.768kHz)以及 DCO 片内时钟。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。

(4)具有多种节能工作模式。

F14x 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。图 2 显示了活动状态(AM)与各种节能模式下消耗的实际工作电流大小。

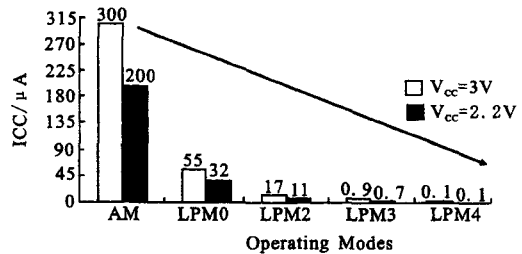


图2 F14x的工作模式与工作电流关系

由于 MSP430F14x 系列是专为超低功耗的便携式应用开发的。利用先进的集成电路技术和生产工艺,其功耗已经跨越了毫安级,真正进军到了微安级。

不仅如此,F14x 的软件结构也针对低功耗而设计。如从备用模式唤醒 MCU 仅需 6μs。其中断和子程序调用无层次限制,这种丰富的中断能力减少了系统查询的需要,可以方便地设计出中断程序结构的控制程序。

利用 F14x 系列单片机,可以方便地构建一个低电压的工作平台。通过各功能模块的智能运行管理和 MCU 的节能模式相结合,可以解决运行速度、数据流量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。经过这样优化,可以实现单片机的极低功耗。如在 1MHz 工作频率下,F14x 只消耗 0.1~400μA 电流(1.8~3.6V 供电),如 1.8V 供电,执行时仅消耗 160μA 的电流,备用时 0.1μA,这时 RAM 中的数据还能有效保持。

概括来说,MSP430F14x 单片机具有极低的功耗、强大的处理能力、丰富的片上外围模块,方便高效的开发方式。

3.2 外围器件的选择

3.2.1 实时时钟的选择

选用 Philips 公司的 PCF8563,是低功耗的 CMOS 实时时钟/日历芯片,所有的地址和数据通过 I²C 总线接口串行传递,在 VDD = 3.0V, T_{amb} = 25℃ 时,工作电流为 0.25μA^[2]。

3.2.2 显示模块的选择

图形点阵式液晶可显示用户自定义的任意符号和图形,并可卷动显示,它作为便携式单片机系统人机交互界面的重要组成部分被广泛应用于实时检测和显示的仪器仪表中。支持汉字显示的图形点阵液晶在现代单片机应用系统中是一种十分常用的显示设备。采用图形点阵式液晶显示较之其它显示方式主要有以下优点:

(1)工作电压低、功耗极低。工作电压 3~5V,工作电流 $\leq 10\mu\text{A}/\text{cm}^2$,特别适用于便携式的仪器仪表中。

(2)液晶显示属被动显示,受外界光线干扰小。

(3)图形点阵式液晶可显示的信息量大,分辨率高。

(4)不产生电磁干扰。

(5)可靠性高,使用寿命长。

在设计中,采用了信利(TRULY)公司的 MG-12232 液晶显示模块。MG-12232 模块供电电压的典型值为 3V,工作电流的典型值为 0.3mA,很适合本系统 3V 电平的低功耗环境。其可显示范围为 122×32 点阵,即能实现所谓的“双排汉显”。MG-12232 采用的控制器是两片 SED1520,一片 SED1520 控制器,可以驱动 16 行 \times 80 列。SED1520 控制器可以在 3V 逻辑下正常工作,因而避免了与 MSP430 单片机逻辑电平不匹配的问题

4 基于 MSP430 的微功率的措施

4.1 硬件措施

4.1.1 电压的选择

选择比较低的工作电压,这样相应的功耗就会有所降低,本设计采用 3.6V 的锂电池给 LCD 液晶显示器和 MSP430 单片机供电,并且 MSP430 本身的低压工作范围是 1.8V-3.6V 而且随工作电压的下降其功耗也在降低。

4.1.2 工作频率的选择

本设计的智能核辐射测量仪器主要是检测环境中的放射性射线,一般情况下计数率比较低,脉冲计数率小于 1000min^{-1} 。为此我们选择外接晶振来获得低的工作频率,从而得到低的功耗。本设计采用外部晶振为 32.768kHz。

4.2 软件的措施

单片机系统中,CPU 的运行时间对系统的功耗影响极大,应尽可能地缩短 CPU 的工作时间,合理地设计 MSP430 的活动模式和低功耗

模式是降低单片机系统功耗的关键。为了充分利用 MSP430F149 CPU 的低功耗性能,可以让 CPU 工作于突发状态,在系统初始化完毕后工作于低功耗模式 0,在系统空闲的时候处于低功耗模式 3,在此模式下单片机外围功能即计数器能继续工作,当定时时间到时就产生一个中断事件触发到活动模式,让它尽量在很短的时间内完成对信息或数据的处理,然后再进入低功耗模式 3。软件流程图见图 3。

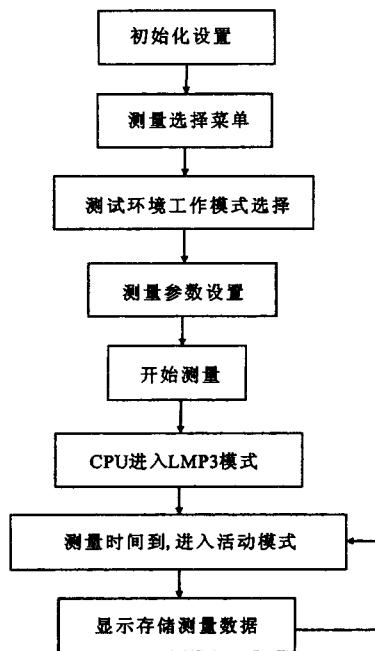


图 3 软件流程图

5 结束语

基于低功耗 MSP430 单片机的脉冲计数电路的平均电流消耗可以在 1mA 之内,使便携式智能核辐射测量仪器的低功耗性能得到大幅提高。

参考文献:

- [1] 贾文懿. 核地球物理仪器[M]. 北京:原子能出版社,1998.
 - [2] 周程,方方. 基于 LPC632 的低功耗计数电路的设计[J]. 核电子学与探测技术 2005,25(5):526.
 - [3] 胡大可. MSP430 系列 FLASH 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.
 - [4] 胡大可. MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发[M]. 北京:北京航空航天大学出版社 2003.
- (下转第 795 页,Continued on page 795)

A New Calibration Approach of I/Q Demodulator Based on 3-item Error Model

LI He, GENG Zhe-qiao, ZHAO Feng-li, PEI Guo-xi

(Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract: The accuracy of PAD depends on the errors of I/Q demodulator. On the basis of conventional 2-item error model of I/Q demodulator, this paper constructs a 3-item error model and presents a corresponding calibration approach. The measuring results show that its error range has been reduced to $-1.8^{\circ} \sim 0.5^{\circ}$, and its residual error has also been reduced when measuring from an arbitrary phase value of $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$.

Key words: I/Q demodulator, PAD, 3-item error model, Residual error

(上接第 791 页, Continued from page 791)

Low power consumption of designing count circuit based on MSP430

MA Xiong-nan¹, FANG Fang¹, QIU Yuan-fa²

(1. College of Applied Nuclear Technology and Automation Engineering, Chengdu University of Technology, Cheng du 610059, China; 2. China Institute for Radiation Protection, taiyuan 030006)

Abstract: According the low power consumption principle of the portable instrument, we recommend a real-time pulse counts circuit with lower power consumption of the portable measured nuclear radiation instrument. This instrument based on MSP430 which is better on low power consumption as the key microprocessor to gather, deal with and store data, to control real-time clock, to complete the liquid crystal display and communication. We design the lower consumption to the whole system from hardware circuit and software programming.

Key words: lower consumption; real-time clock; portable; MSP430; liquid crystal display