维普资讯 http://www.cqvip.com

第 19 卷第 2 期
2007 年 4 月
重庆邮电大学学报(自然科学版)
Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications(Natural Science)
Vol. 19 No. 2
Apr. 2007

基于 MSP430 单片机的以太网供电设备的硬件设计*

王平,余刚,胡向东,袁李
(重庆邮电大学 网络控制技术与智能仪器仪表重点实验室,重庆 400065)

摘 要:网络供电是 EPA 的关键技术之一。介绍了 IEEE802.3af 标准,分析了以太网供电设备的功能需求和总体设计。选用 MSP430F148 单片机和 TPS2383A 以太网供电电源管理器,基于 I^2C-BUS 通信规范,开发了符合 IEEE802.3af 标准以太网供电设备,着重论述了该以太网供电设备的硬件实现过程,最后给出了该供电设备在 EPA 系统中的应用实例。

关键词:IEEE802.3af;以太网供电设备;MSP430F148;TPS2383A;I^2C-BUS;硬件设计;EPA
中图分类号:TP393.11 **文献标识码**:A **文章编号**:1673-825X(2007)02-0192-05

Hardware design of PSE based on MSP430 MCU

WANG Ping, YU Gang, HU Xiang-dong, YUAN Li
(Key Lab of Network Control Technology and Intelligent Instrument, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, P. R. China)

Abstract: Power-over-Ethernet is one of the key technologies in EPA system. The standard IEEE802.3af is briefly introduced, and the function demands and the collective design are described. Based on I^2C-BUS criterion, MSP430 MCU and TPS2383APSEPM are adopted to design PSE complying with IEEE802.3af standard. The methods of hardware design are emphasized. Finally, an application example of this device used in EPA system is given.

Key words: IEEE802.3af; power over Ethernet device; MSP430F148; TPS2383A; I^2C-BUS; hardware design; EPA

0 引 言

MSP430F148 是美国 TI 公司推出的超低功耗混合信号控制器 MSP430 系列中的 FLASH 型单片机。它具有 16 位 RISC 结构,CPU 中的 16 个寄存器和常数发生器使 MSP430 微控制器能达到最高的代码效率;灵活的时钟源可以使器件达到最低的功率消耗;数字控制的振荡器(DCO)可使器件从低功耗模式迅速唤醒,在 6 μs 之内激活到活跃的工作方式。

MSP430F148 具有丰富的片内外设,有极广阔的应用范围。它具有低电压、超低功耗、强大的处理能力、系统工作稳定、丰富的片内外设和方便高效的开发环境等特点。将它应用于以太网供电设备中,可方便地实现对以太网供电电源管理芯片的控制,也可以使用户方便地通过终端监控程序对以太网供电设备进行监控。

1 以太网供电标准 IEEE802.3af

2003 年 6 月 IEEE 最终批准了 IEEE 802.3af 标准[1-3]。该标准定义了一种允许通过以太网在传输数据的同时输送+48 V 直流电源的方法,它能安全、可靠地将以太网供电(power sover Ethernet, PoE)技术引入现有的网络基础设施中,并且和原有的网络设备相兼容,它最大能提供大约 13 W 的功率,这样小型网络设备就可通过以太网连接供电而

* **收稿日期**:2006-04-27 **修订日期**:2006-11-11
基金项目:国家"863"计划资助项目(2004AA412020)

维普资讯 http://www.cqvip.com

无需使用墙上的 AC 电源插座，从而大大简化了布线，降低了网络基础设施的建设成本。在 PoE 系统中，提供电源的设备被称为供电设备(power sourcing equipment，PSE)，而使用电源的设备称为用电设备(powered device，PD)。PSE 负责将电源注入双绞线，并实施功率的规划和管理。PD 则有多种形式，这些设备可以是数字 IP 电话、WLAN 接入点、安全系统、网络相机、PDA 充电座或由墙上变压器供电而连接到以太网的小型网络通信设备。

2　以太网供电设备总体设计

2.1　功能需求分析

在以太网供电系统中，供电设备是核心部分。用户可监控的 Mid-span 以太网供电设备，它必须满足 2 个最主要功能：以太网供电功能和用户监控功能。

(1)以太网供电功能。符合 IEEE802. 3af 标准的以太网供电设备主要功能有：① 侦测合法的受电设备 PD；② 为 PD 进行可选的分级，进行有效的电源管理；③ 当检测到合法的 PD 后，对 PD 进行＋48 V供电；④ 供电过程中出现故障(输入欠压停工 UVLO、输出欠压 UV、输出过电 OV 等)时，能够自动断开 PD；⑤ PD 断开后，停止向 RJ45 端口上提供电力。

(2) 用户监控功能。为了满足用户对 PSE 各个端口的灵活电源管理，PSE 具有用户监控功能，主要包括：① 在终端监控界面上显示 PSE 的正确工作状态(侦测、分级或供电)；② 供电过程中出现故障时，能正确显示故障状态；③ 在开始侦测前，设定各端口工作或禁止工作；④ 对正在工作的端口断电；⑤ 设定 LED 显示状态(闪烁或者持续亮)。

2.2　功能规划设计[4-9]

在设计 PSE 时，根据以上功能描述，将整个 PSE 划分为以太网供电和监控 2 大功能模块，分别采用以太网供电电源管理器 TPS2383A 和超低功耗 FLASH 型单片机 MSP430F148 实现，单片机 MSP430F148 通过 I^2C-BUS 对 TPS2383A 的各端口寄存器进行读写，从而实现对以太网供电管理芯片 TPS2383A 的控制。PSE 的总体设计结构如图 1 所示。现分别对各功能器件和关键技术介绍如下。

(1) 以太网供电管理器 TPS2383A。TPS2383A 是美国德州仪器公司(TI)于 2003 年推出的，符合 IEEE802. 3af 规范的以太网供电管理器，具有 25 Ω 电阻两点侦测、供电分级、断路机制、错误监测、标准的 I^2C 从设备接口等特点。同时 TPS2383A 具有 1 个通用控制(写)寄存器、8 个端口控制(写)寄存器、8 个端口状态(读)寄存器、2 个 A/D 转换状态(读)寄存器和 1 个芯片识别状态(读)寄存器，通过对控制寄存器进行写操作可以实现对各端口供电状态的控制，而从状态寄存器中，可以读出 TPS2383A 的工作状态等信息。

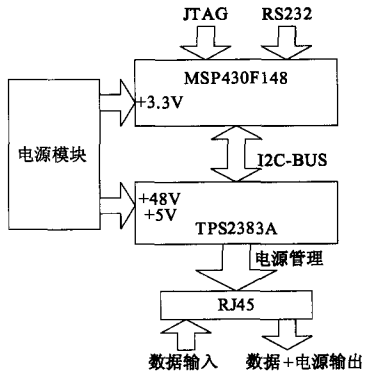


图 1　以太网供电设备总体设计结构图

Fig. 1 System structure of the PSE

(2) MSP430F148 单片机。MSP430F148 是 TI 公司推出的超低功耗混合信号控制器 MSP430 系列中的 FLASH 型单片机。它具有 16 位 RISC 结构，CPU 中的 16 个寄存器和常数发生器使 MSP430 微控制器能达到最高的代码效率；灵活的时钟源可以使器件达到最低的功率消耗；数字控制的振荡器(DCO)可使器件从低功耗模式迅速唤醒，在 6 μs 之内激活到活跃的工作方式。MSP430 F148 单片机采用存储器－存储器结构，即用一个公共的空间对全部功能模块寻址，同时用精简指令组对全部功能模块进行操作。其内部结构包括 CPU、存储器、振荡器与时钟发生器和外围模块等。

(3) I^2C-BUS 控制技术。I^2C-BUS(Inter IC BUS)是 Philips 推出的芯片间串行传输总线，它以 2 根连线实现完善的全双工同步数据传送，可以极方便地构成多机系统和外围器件扩展系统。I^2C-BUS 具有如下特性：① SDA(串行数据线)和 SCL(串行时钟线)二线传输；② 系统中有多个主器件时，这些器件都可作总线的主控制器(无中心主机)，I^2C-BUS 工作时任何一个主器件都可成为主控制器，多机竞争时的时钟同步与总线仲裁都由硬件与

维普资讯 http://www.cqvip.com

标准软件模块自动完成,无须用户介入;③ I²C-BUS传输时,采用状态码的管理方法;④ 系统中所有外围器件及模块采用器件地址及引脚地址的编址方法;⑤ 所有带I²C-BUS接口的外围器件都具有应答功能。

3 硬件设计

3.1 MSP430F148单片机外围电路设计

MSP430F148单片机是一个具有高集成度的控制模块,内部集成了一个16 bit的RISC处理器内核,并且有定时器A3,定时器B7,比较器A,FLASH,RAM,ADC12,串口USART0,USART1和通用I/O口等,外围有64个引脚。图2为单片机电路实现连接线简图。

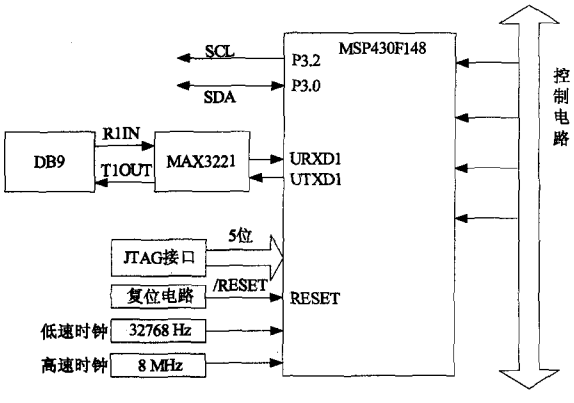


图2 单片机电路实现连接线简图

Fig. 2 Realization ties diagram of scm

在我们的设计中,该部分主要实现以下电路。

(1) 时钟电路。整个系统的时钟是由高速时钟8 MHz陶瓷谐振器、低速时钟32 768 Hz晶振和单片机内部集成的数控振荡器DCO组成。时钟电路对整个系统是相当重要的,它负责产生主时钟MCLK、辅助时钟ACLK和子时钟SMCLK。

(2) 复位电路。在整个系统上电后,系统处于正常方式,此时MSP430F148单片机内部寄存器处于起始状态,同时PC计数器开始计数,调用操作系统的第一条指令进入内存,系统开始正常运行,因为在系统运行时,首先关掉WDT,故程序跑飞时或发生其他故障时,WDT将不能自动使系统复位。这时可以通过复位电路,采用手动的方式使系统复位。

(3) JTAG(joint test action group)接口电路。MSP430F148单片机内部嵌入了JTAG接口。JTAG是边界扫描技术标准IEEE1149.1,主要由5个控制信号:TCK,TDO,TDI,TMS和RST组成,通过执行内部命令来完成边界扫描操作。

(4) USART1模块外接电路。MSP430F148单片机具有两个通用串行异步/同步接口USART0,USART1。在设计时,将USART1的发送管脚UTXD1(34)和接收管脚URXD1(35)外接支持RS232串行标准的MAX3221,通过DB9接口实现供电设备的标准串行接口。

(5) 通用端口P3的P3.0,P3.2管脚上的I²C-BUS模拟接口电路。由于MSP430F148单片机没有集成I²C-BUS接口,故必须通过软件模拟使其在通用I/O口上实现。在此,我在没有中断功能的P3接口中的P3.2管脚上模拟实现SCL,在P3.0管脚上实现SDA。在接外接电路时,分别在P3.0和P3.2管脚上接入一个0 Ω的电阻,起到隔离干扰的作用。

3.2 TPS2383A电源管理器外围电路设计

TPS2383A是符合以太网供电标准IEEE802.3af的PSE电源管理芯片,包括芯片供电管理、I²C-BUS从器件接口、PoE端口控制单元和芯片运行控制逻辑单元等部分,外围有64个引脚。图3为TPS2383A电源管理器电路实现连接线简图。在设计中,该部分主要实现以下电路。

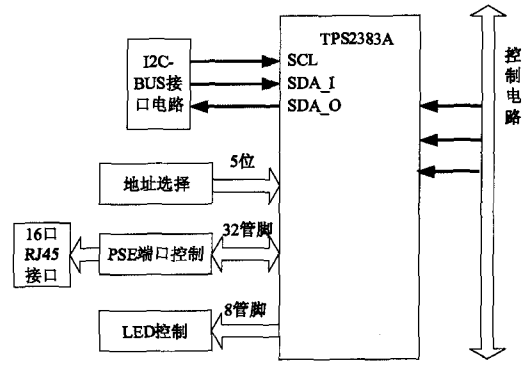


图3 TPS2383A电源管理器电路实现连接线简图

Fig. 3 Realization ties diagram of PMV

(1) 控制逻辑电路。该部分电路用于控制TPS2383A的运行。CINT(30)上连接0.033 μF电容接地,用于积分斜坡A/D转换器信号;RT(31)上连接120 kΩ电阻接地,用于设置芯片偏离电流;RD(32)上连接665 kΩ电阻接地,用于设置PSE侦测过程中的合法负载值确定为25 kΩ,在电阻上并联一个0.68 μF的陶瓷电容,用于消除可能引起的噪

维普资讯 http://www.cqvip.com

声；CR(50)上连接 0.1 μF 电容接地，被用作芯片上电和掉电过程中的 di/dt 电流回转电容。CT(52)上连接 220 pF 电容，同 RT 上的 120 kΩ 电阻一起，用于设置 100 kHz～500 kHz 的芯片时钟周期。PORB(49)接高电平(3.3 V)，用于设置芯片内的 I²C 接口和片内各寄存器处于正常工作状态。最后，在芯片的各 V48，V5，VL 和 AG，DG 上，相应地接入电源和地。

(2) 地址选择电路。该部分电路用于设置芯片地址，使得 I²C-BUS 通信时，MSP430F148 能够确定对 TPS2383A 进行读写。我们在 A1～A5 上接入如电路原理图中所示的高电平和地，将其设置为 10101。

(3) PSE 端口控制电路。该部分电路主要包括 8 个 PSE 端口的电源管理控制。每一端口由 4 个管脚(nP，nN，nG，nRS)控制，以端口 1 为例，通过自恢复保险丝后，将＋48 V 电压加在 1P 上，同时将 1P 接 RJ45 接口的 4/5 线对；1N 接 RJ45 接口的 7/8 线对，同时接 RFL110(MOSFET)的漏极；1G 接 RFL110 的栅极；1RS 接 RFL110 的源极，同时通过 0.5 Ω 的 Sense 电阻接地。当 PSE 检测到合法的 PD 后，nG 将输出一个 10 V 电压，此时 Vgs 满足 RFL110 的开启门限值，RFL110 导通，nN 正常接地，RJ45 接口的 4/5、7/8 线对可以正常向 PD 供电。

(4) LED 控制电路。该部分电路用于实现双色 LED 对 PSE 工作状态的正常指示。L1～L8 分别通过 100 Ω 电阻后，接相应端口的绿色 LED 的 K 端，同时接红色 LED 的 A 端。TPS2383A 的 L1～L8 管脚上在初始情况下，输出电压值为 2.5 V 左右，此时，绿色 LED 和红色 LED 两端电势差均未达到 LED 的驱动值，故 LED 不工作。在设备工作过程中，可以通过写相应端口控制寄存器中的 D2～D4，将 L1～L8 管脚的输出电压设置为 0 V 或者 3.3 V时，绿 LED 或者红 LED 将能正常工作。

3.3 I²C-BUS 电路设计

MSP430F148 单片机电路中，在 P3.0 和 P3.2 上模拟实现了 I²C-BUS 的 SCL 和 SDA；在 TPS2383A 电源管理器中，具有 I²C-BUS 从器件接口 SCL_I 和 SDA_I，SDA_O。I²C-BUS 电路主要是通过光隔离耦合器 PS9701 将此两部分电路正确连接，并起到信号隔离的作用。I²C-BUS 电路主要由 SCL 电路和 SDA 电路组成。

(1) SCL 电路。该部分电路用于实现 SCL 信号的传送和隔离。将 MSP430F148 部分电路的 I2CB_SCL 通过一个 330 Ω 电阻接入 PS9701 的 2 号管脚。将 TPS2383A 部分电路的 SCL_I 接入 PS9701 的 4 号管脚。

(2) SDA 电路。该部分电路用于实现 SDA 信号的传送和隔离。因为 TPS2383A 中为了 I²C-BUS 的收发方便，将 SDA 线从物理上分成了 SDA_I 和 SDA_O 两条线，因此，在设计电路时，在接入 MSP430F148 电路部分端，采用线与的方法实现 SDA_I 和 SDA_O 线的合并。在 SDA_I 线部分，采用反向器 SN74HC14PW 实现信号反转。

4 以太网供电设备的软件实现

PSE 的软件实现主要包括 2 部分：PSE 运行控制程序实现和 PSE 终端监控程序实现。在完成上文描述的硬件设计的基础上，向 MSP430F148 中下载 PSE 运行控制程序，PSE 将正常工作，用户可以通过在 PC 上运行终端监控程序，掌控 PSE 的工作状态，该部分内容可见参考文献[10]。

5 以太网供电设备在 EPA 系统中的应用

EPA 系统是一种用于工业测量与控制的分布式系统，它利用 GB/T15629.3，IEEE std 802.11，IEEE std 802.15.1-2002 等协议定义的网络，将分布在现场的若干个设备、小系统以及控制/监视设备连接起来，使所有设备一起运作，共同完成工业生产过程和操作中的测量和控制。以太网供电设备在 EPA 系统中的典型应用如图 4 所示。由于我们设计的以太网供电设备为 Mid-span 型，故需一台普通的网络交换机接入它的数据端口，数据/电源端口连接到 802.11b 无线网关、Zigbee 接入点和一个有线阀门定位器。系统工作时，当侦测到 802.11b 无线网关、Zigbee 接入点和有线阀门定位器为合法的 PD，以太网供电设备将向它们提供工作所需的＋48 V、13 W 电力和正确传输上位机传送的监控数据，使得它们能够正常工作。监控数据先从上位机经网络交换机和以太网供电设备传送到 802.11b 无线网关、Zigbee 接入点，再经 EPA 无线手持终端传入现场设备(EPA 无线温度变送器、EPA 无线电

维普资讯 http://www.cqvip.com

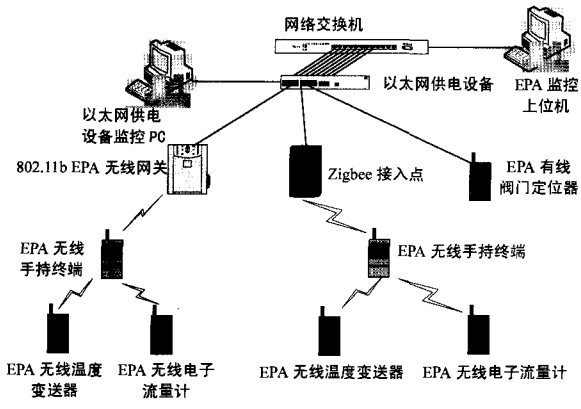


图 4 以太网供电设备在 EPA 系统中的应用示意图

Fig. 4 Application of PSE in EPA system

子流量计等)。对以太网供电设备工作状态的监视和对供电端口的控制通过监控 PC 完成。

6 结 论

鉴于 EPA 等自动化控制系统的需要,运用以太网供电技术、MSP430 单片机运行控制技术和 I^2C-BUS 控制技术,采用 MSP430F148 超低功耗 16 位单片机和 TPS2383A 以太网供电电源管理器,开发了符合以太网供电标准 IEEE802.3af 的用户可监控的以太网供电设备。该设备通过普通 CAT-5 双绞线对 EPA 接入设备和现场设备提供+48 V、13 W直流电源,并不对 CAT-5 双绞线上的数据传输产生影响。目前,应用在 EPA 系统中,有良好的使用效果。

参考文献:

[1] IEEE Std 802.3af™-2003[S]. USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2003.

[2] HERBOLD Jacob, DWELLEY Dave. Banish Those "Wall Warts" With Power Over Ethernet[EB/OL]. (2003-10-27). http://poweroverethernet.com/.

[3] DAVID G, MORRISON. Power-Over-Ethernet Chips Give LANs A New Outlet[EB/OL]. (2003-10-13). http://poweroverethernet.com/.

[4] 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, 2002.

[5] 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, 2002.

[6] 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.

[7] 何立民. I^2C 总线应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 1995: 1-51.

[8] TEXAS INSTRUMENTS. SLUS565G, TPS2383A datasheet[EB/OL]. (2003-07-10)[2005-08-05]. http://focus.ti.com.cn/cn/lit/ds/slas272f/slas272f.pdf.

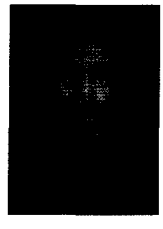
[9] TEXAS INSTRUMENTS. SLAS272F, MSP430F148 MCU datasheet[EB/OL]. (2000-07-10)[2004-07-01]. http://focus.ti.com.cn/cn/lit/ds/slas272f/slas272f.pdf.

[10] 王平,余刚,胡向东,等. 基于 MSP430 单片机的以太网供电设备的软件设计[J]. 重庆邮电学院学报(自然科学版), 2006, 18(5): 665-668.

作者简介:

王平(1963-),男,重庆黔江人,教授,博士生导师,主要研究方向为工业以太网及网络控制技术、无线控制网络及应用、智能仪器仪表。E-mail: knowind@163.com。

余刚(1978-),男,四川威远人,硕士研究生,主要研究方向为以太网供电技术、嵌入式系统等。



胡向东(1971-),男,四川武胜人,教授,主要研究方向为以太网供电技术、嵌入式系统等。

袁李(1978-),男,安徽萧县人,硕士研究生,主要研究方向为以太网供电技术。