

# 基于 ARM9 的通用 IPMC 载板设计

孙博文, 苏绍琛, 黄芝平, 郭浩

(国防科学技术大学 仪器科学与技术系, 长沙 410073)

**摘要:** 针对 ATCA 构架体系中由 IPMC 没有完全按照规范要求设计而引发的兼容性差的问题, 提出一种基于 ARM 9 的通用 IPMC 载板设计方案; 该方案以 ARM 9 嵌入式微处理器为核心, 设计了合理的硬件电路, 符合 PICMG 3.0 规范和 IPMI 2.0 标准, 可以适应各种背景的 ATCA 板卡管理; 选取 Radisys 机箱作为实验平台, IPMC 载板可以实现对 ATCA 板卡的管理并且与机箱管理进行可靠通信, 有效验证了载板的可行性和通用性; 通过将载板搭载在不同的 FRU 上进行实验, 结果证明载板具有良好的兼容性。

**关键词:** ATCA; IPMC; ARM; 通用性

## Design of Universal IPMC Board Based on ARM 9

Sun Bowen, Su Shaojing, Huang Zhiping, Guo Hao

(Department of Instrumental Science and Technology, NUDT, Changsha 410073, China)

**Abstract:** For many IPMC can not be designed as the specification required, the ATCA system always be in low compatible, so an ARM 9 based universal IPMC board design is proposed. The project takes ARM 9 as a core, designs appropriate hardware circuit, accords with PICMG 3.0 Criterion and IPMI 2.0 Standard. It can adapt to kinds of background ATCA boards management. Choose Radisys shelf as experiment platform, IPMC board can achieve to manage the ATCA board and communicates with the ShMC reliable. The feasibility and generality are proved by the test effectived. Fix the board onto different FRU, the result tells that the board owned great compatibility.

**Key words:** ATCA; IPMC; ARM; generality

## 0 引言

随着电信业务的快速发展, 电信系统对于密集计算和传输能力的要求越来越高。因此, ATCA (Advanced Telecom Computing Architecture, 先进的电信计算平台) 体系架构应运而生。它是由 PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group, 工业计算机制造商联盟) 于 2002 年发布的, 相较其他的平台体系结构, ATCA 更加关注网络构架、业务灵活性、可扩展性及稳定性, 是更加开放的电信平台。

ATCA 的先进之处在于集中的机架管理功能, 使其管理特性相对 Compact PCI 有了大幅度的提高。机架管理包括了两个互为热备份的 ShMC (Shelf Management Controller, 机箱管理模块) 和位于各单板上的 IPMC (Intelligent Platform Management Controller, 智能平台管理控制模块)。其中, ShMC 负责管理整个机架设备和 FRU (Field Replaced Units, 可替换单元), 并通两条冗余的 IPMB (Intelligent Platform Management Bus, 智能平台管理总线) 与 FRU 以及 ATCA 单板的 IPMC 进行可靠有效地通信, 从而实现整个机架的协同管理<sup>[1]</sup>。

然而, 目前各生产厂商设计生产的 ATCA 板卡与机箱相互搭载并不十分顺利, 尤其是在 IPMC 与 ShMC 以及 IPMC 与

AMC (AdvancedMC Carrier, 高级夹层卡) 或 RTM (Rear Transition Module, 后插板) 联合工作的情况下, 会经常出现工作异常。原因是各个厂商没有完全按照 PICMG 3.0 规范<sup>[2]</sup>设计板卡, 这实际上有违 ATCA 以及 PICMG 规范的设计初衷。所以, 设计一个符合 IPMI 标准的通用 IPMC 载板来解决当前这种不兼容的问题十分必要。

本文遵循 PICMG3.0 规范和 IPMI2.0 标准<sup>[3]</sup>, 设计了满足 IPMC 功能要求同时符合 IPMI 标准的通用 IPMC 载板, 可适用于不同应用场景的 ATCA 机箱和单板, 实际应用证明该 IPMC 载板功能满足特定要求, 兼容性强, 接口灵活, 使用便捷, 能够很好地管理 ATCA 单板并与不同厂商的机箱管理兼容。

## 1 IPMC 载板的功能要求和整体设计

IPMC 的设计既要遵循 IPMI 标准又要符合 PICMG3.0 的规范, 因此设计时要考虑到硬件的通用性, 不要添加过多的冗余设计以控制载板的尺寸, 尽可能给 ATCA 单板留出更大的空间进行其他功能模块的设计。

遵循 PICMG 3.0 规范和 IPMI 2.0 标准, 我们设计的通用 IPMC 载板应该能够完成以下功能:

(1) IPMC 主要完成板卡 Payload 部分的上电和下电, 电源监视 (过电流、过电压监测), 温度监视, 与机框管理通信 (I2C);

(2) IPMC 要用带有 I2C, SPI, 高精度的 ADC, 外接存储的单片机实现;

(3) IPMC 的存储资源要丰富, 比如 E2PROM, Flash, SDRAM。这些存储单元主要通过 I2C 或者 SPI 接口访问, 单片机要具备这些接口。Flash 主要存储处理器的程序或者操作系统的 Firmware; E2PROM 主要用于存储单板的 FRU 信息, 比如类型标识、版本标识、电源需求、序列号、生产信息以及

收稿日期: 2013-11-21; 修回日期: 2014-01-10。

基金项目: 国家自然科学基金(61374008)。

作者简介: 孙博文(1990-), 男, 黑龙江伊安人, 硕士研究生, 主要从事数字化测试技术方向的研究。

苏绍琛(1973-), 男, 江西南昌人, 教授, 主要从事光通信技术方向的研究。

黄芝平(1965-), 男, 湖南资兴人, 教授, 主要从事数字化测试技术方向的研究。

板位信息等, 这要在 IPMC 上电后送到机箱管理进行板卡的合法性检验, 否则就不能上电; SDRAM 则用于存储传感器数据, 以便在机箱管理需要时给出<sup>[4]</sup>;

(4) ATCA 单板 Payload, 其它 FRU 单元 (如 AMC, RTM) 的电源控制、插入和拔出检测、热插拔管理;

(5) ATCA 单板 Payload, 其它 FRU 单元 (如 AMC, RTM) 信息的写入和读取;

(6) 板卡主要部件以及进风口、出风口温度的监测;

(7) 板卡板位地址信息的读取;

(8) 前面板需配置有蓝灯、OOS 灯、微动开关 (把手检测) 以及板卡硬件复位;

(9) 串口/网口等接口应连接到前面板或 RTM;

(10) 与 FPGA 或其他主处理器之间的串口或其它通信接口 (数据地址总线等);

根据以上要求, 通用 IPMC 载板的整体设计如图 1 所示。分为处理器模块、监视单元、通信接口、存储单元及扩展接口等。处理器作为 IPMC 载板的核心模块控制着其他模块的工作并对它们进行管理。主要功能包括配置监视单元和前面板的指示信息, 通过通信接口与 ATCA 单板、RTM、存储单元、监视单元交换信息, 直接向存储单元存入或取出数据, 配置扩展接口。本文设计采用三星公司的 ARM9 芯片 S3C2440, 它具有低功耗和外设资源丰富的特点, 可以很好地满足处理器对设计的需求。通信接口包括 I2C、UART 和网口, I2C 和 UART 两种接口通常可以利用 S3C2440 的片内资源, 网口利用外接网口芯片 WIZnet 公司的 W5300 扩展。存储单元包括一片 Flash、一片 E2PROM、一片 256M SDRAM, Flash 用于存储操作系统和 IPMC 程序, E2PROM 存储 FRU 的本征信息, SDRAM 则用于存储传感器数据。由于 IPMC 需要管理的外设众多, S3C2440 的通信接口不足, 因此利用扩展接口芯片扩展出更多的 I2C 接口。这里选用的是飞利浦公司的 PCA9564 并口转 I2C 芯片, 两片 PCA9564 芯片扩展出两个 I2C 接口作为 IPMB 与机箱管理进行通信。

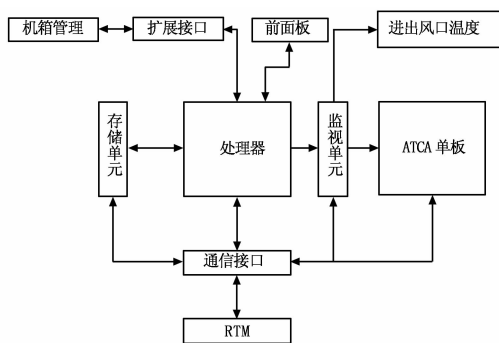


图 1 IPMC 整体设计

## 2 IPMC 的硬件设计

根据整体设计要求, IPMC 硬件模块结构如图 2 所示。下面分别介绍各模块如何实现。

### 2.1 处理器模块

IPMC 的核心为 BMC (Baseboard Management Controller, 基板管理控制器), 本设计中选用的 ARM9 处理器芯片 S3C2440, 最高工作主频可达 400 MHz, 可支持 60 个中断源,

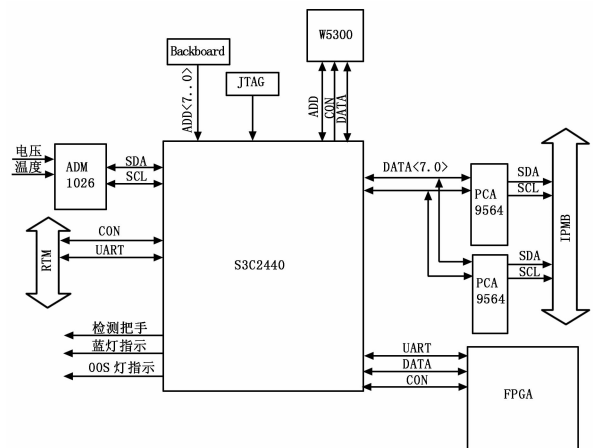


图 2 IPMC 硬件模块结构图

3 个 UART 接口, 6 个定时器, 1 个 I2C 接口, 130 个多功能输入/输出管脚, 开发简单, 达到既能满足管理、控制的各方面性能, 又能保证低开销、开发周期短、维护更新快的优势, 可以运行 Linux、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  等操作系统<sup>[5]</sup>。本设计充分利用了 S3C2440 的片内资源, 共引出 4 排等长共 112 管脚插座, 只要将其插在 ATCA 单板上预设好的插座上即可正常工作。

### 2.2 监视单元

监视单元包括 AD 公司的 ADM1026 电压温度监控芯片和 TI 公司的 DS18B20 温度传感器。两个 DS18B20 分别安放在 ATCA 单板的进风口和出风口位置, 根据两个传感器测量结果的差值就可粗略获得当前单板的面上温度, 从而为风扇转速提供依据。其中 ADM1026 拥有高达 19 个模拟量的测量通道, 采用 8 位 A/D 转换器完全可以达到精度要求。按照 ATCA 单板的电压分配, ADM1026 需要监视 12 V、5 V、3.3 V 等电压情况。也要根据设计需要监视 ADM1026 自身和 ATCA 单板主芯片的温度, 本次设计 ATCA 单板主芯片选用的是 Altera 公司生产的 FPGA, 其核心电压为 0.85 V。

### 2.3 通信接口和扩展接口

通信接口除了 S3C2440 片内自带 I2C、UART 外利用 PCA9564 扩展了两路 I2C。两片 PCA9564 芯片公用数据线, 作为 IPMB 的冗余设计, 保证在一路 I2C 故障之后仍可以正常通信。JTAG 接口是处理器装载程序的必备接口。W5300 网口芯片扩展的网口通信, 可以实现稳定可靠的远距离数据传输, 并可以远程进行系统的在线调试和升级维护。

## 3 IPMC 的软件设计

IPMC 的软件主要起到监控作用, 如果没有算法需求大部分时间处于不断查询和等待中断访问状态。根据用户需求, 可以选择加载操作系统或者裸机运行。由于接口众多, 很多服务需要通过中断来完成功能, 因此要合理安排中断的优先级。IPMC 上电后应先进行初始化, 包括时钟、定时器、看门狗和端口功能进行的配置。之后需要先对 ATCA 单板的运行环境进行判断, 如把手是否合实、板卡插入到第几号槽位, 并对相应的状态通过蓝灯的不同闪亮方式进行告警, 如果状态满足机箱管理要求, 便可以给单板上电。上电后首先要对 IPMC 外围芯片进行配置, 如 ADM1026, 配置完毕则进入 while 循环开始对单板进行实时监控以及响应机箱管理的指令。下面针对两

个关键部分进行详细分析。

### 3.1 ATCA 单板上下电

PICMG3.0 规范中 ATCA 板卡的工作状态如图 3 所示, 根据规范要求, IPMC 的程序设计流程如图 4 所示。

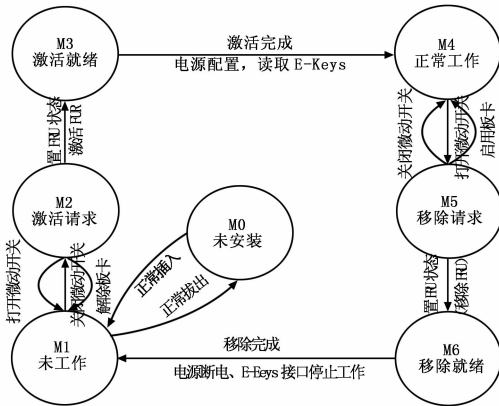


图 3 ATCA 板卡上下电状态转移图

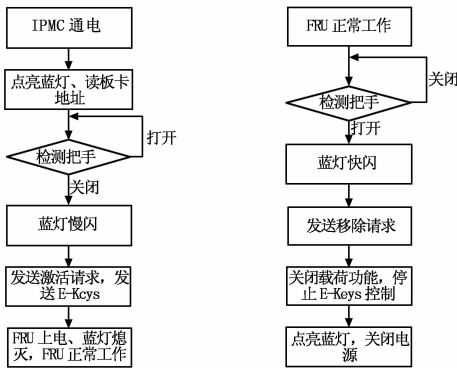


图 4 ATCA 单板上下电流程图

当 ATCA 单板插入机框后, 背板向 IPMC 供电, 于此同时 IPMC 点亮蓝灯以指示 IPMC 板卡插入成功但并未工作的状态, 与此同时 IPMC 与背板通信读取槽位地址。当检测到微动开关关闭后, 蓝灯开始慢闪, 机箱管理通过计算 E-Keys 请求, 给 FRU 供电使其正常工作, IPMC 熄灭蓝灯, 完成 ATCA 单板上电过程。在 FRU 正常工作的情况下, 随时检测把手, 当把手打开时点亮蓝灯并快速闪烁, 指示 ATCA 板卡请求拔出, 之后 IPMC 向 ShMC 发送移除请求, 接受到响应后, 关闭功能载荷, 停止 E-Keys 控制, 点亮蓝灯。由机箱管理关闭电源, 完成 ATCA 单板的下电。

### 3.2 IPMC 与机箱管理通信

IPMC 与机箱管理通过两条冗余的 IPMB 总线通信, 对应本设计中就是两片 PCA9564 扩展出的两条 I2C 总线。IPMC 与机箱管理通信协议按照 I2C 总线时序, 通信命令依据 PICMG 3.0 规范, 软件流程如图 5 所示。ATCA 单板的状态 (见图 3) 直接影响通信, 例如在 M0、M1 状态下, IPMC 并不响应 ShMC 的通信请求。通信过程发生在 M2~M6 状态下。M3 状态下, ShMC 向 IPMC 提供电源分配方案, IPMC 向 ShMC 发送 E-Keying 命令, 经过通信协议, ShMC 判断 IPMC 的合法性并决定是否进入 M4 状态。M4 状态即为 ATCA 单板的正常工作状态, 这个状态是单板所处时间最长的状态, 也是与 ShMC 通信最频繁的状态。这个状态中, ShMC 会定时轮询单板各个

关键部位传感器的信息, 包括关键电压值, 主芯片温度等。M4 状态时可能向 ShMC 请求移除 FRU, 接收到 ShMC 响应后关闭电源直接进入 M6 状态, 倘若在这期间直接打开了微动开关, 单板进入 M5 状态, 在经过向 ShMC 发送请求移除 FRU 的命令, 并接收到 ShMC 的响应再进入 M6 状态。

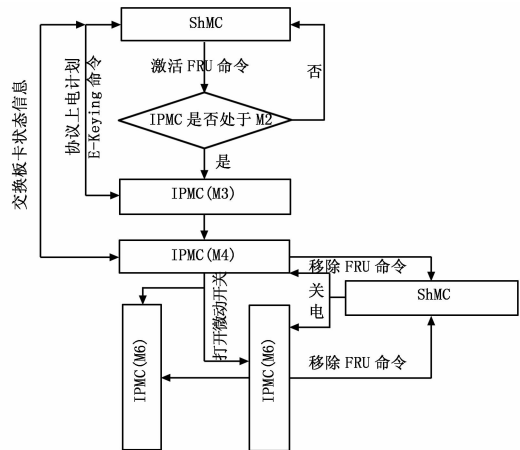


图 5 IPMC 与机箱管理通信流程图

## 4 IPMC 的测试验证

为了验证本设计的可行性, 我们利用自己研发的单板与 Radisys 公司的机箱进行相关管理功能的测试, 测试结果如图 6 所示。

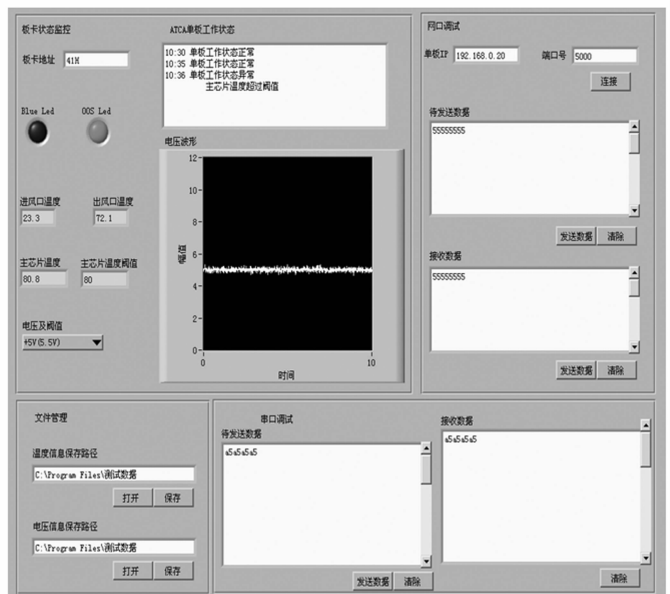


图 6 测试软件界面

起初单板处于工作正常, 我们看到软件界面上显示蓝灯处于熄灭状态, 当 OOS 指示灯亮, 可以看到主芯片温度超过阈值。这时, 在 ATCA 状态指示框中给出警告, 单板工作状态异常!

通过下拉选单, 选定 5 V 电压值的监测曲线, 可以看到 5 V 电压的波形图是一条直线, 表示电压输出较为稳定。将 a5a5a5a5 数据通过串口发送后, 串口能正常接收单板发过来的

(下转第 1931 页)

### 3.3 刹车驱动控制器的控制策略设计

控制策略采用压力外环和均流内环控制。在双余度工作模式下, 驱动控制器接收压力给定和压力反馈信号, 经压力 PID 调节器调节输出, 为了使双余度电机的两套绕组出力相同, 将压力环输出平分作为两个均流环的给定, 通过经典的 PID 调节器, 实现绕组电流均衡, 最终实现刹车压力给定跟踪刹车压力反馈, 如图 6 所示。

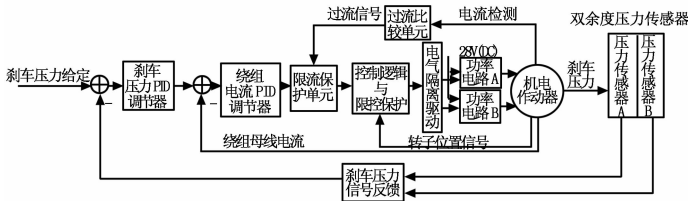


图 6 刹车驱动控制器的控制策略

## 4 实验结果分析

图 7 为初始速度为 72 m/s, 给定减速率为  $-3 \text{ m/s}^2$  时的自动刹车实验结果。计算可知, 理想的刹车时间为 24 s; 滑跑距离为 864 m。

图 7 (a) 为刹车滑跑距离曲线, 刹车时间为 27 s, 滑跑距离为 1 060 m。这是因为在刹车过程中刹车作动机构从接受指令到执行完成需要 2~3 s 的延迟, 所以距离误差不可避免, 实验结果满足刹车系统性能指标。

图 7 (b) 为飞机速度和机轮速度的对比曲线, 从图可以看出, 两条曲线基本重合, 说明刹车过程平稳, 没有大的波动和机轮打滑, 系统安全可靠。

图 7 (c) 为刹车压力曲线, 从图可知, 开始阶段刹车压力为零, 这是因为起始阶段作动机构有信号延迟。刹车过程中, 刹车压力平稳, 基本维持在 1 500 N 附近, 满足刹车系统的设计要求。

## 5 结语

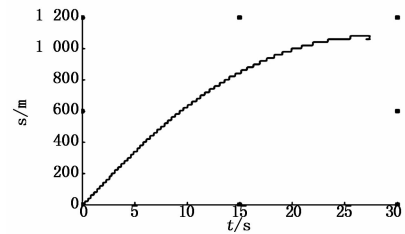
本文设计了一种无人机双余度全电刹车系统。通过对半物理仿真和 DSP+CPLD 刹车驱动器的设计, 实现了无人机刹车系统的功能。实验结果表明, 该系统控制系能良好、可靠性高。

(上接第 1928 页)

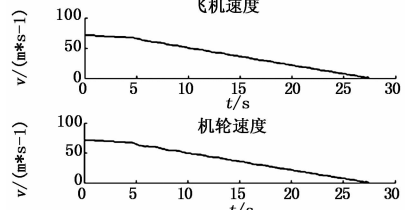
数据说明工作正常。同理将 55555555 数据发送给网口, 网口也可以正常接收单板发送过来的数据, 说明网口工作正常。通过以上测试, 验证了 IPMC 硬件上都符合标准, 本设计是可行的。

## 5 结论

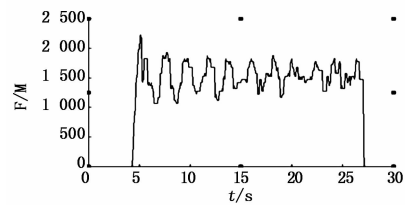
依据 ATCA 的发展趋势以及当前不同厂商设计生产的 IPMC 和 ShMC 兼容性不好的问题现状, 本文提出了一个基于 ARM9 处理器的 IPMC 通用载板设计。该 IPMC 载板遵循 PICMG 3.0 规范和 IPMI 2.0 标准, 功能性好, 通用性强, 具有广阔的应用空间。该载板已经完成了软硬件的生产调试, 实际应用可适用多种不同应用场景的 ATCA 机箱和单板。然而, 本文设计也存在一些问题, 即对于 IPMI 规范的完整性并没有完全的适用, 包括 IPMI 中提到的网络访问、远程配置等方面虽然硬件资源满足, 但软件还没有开发完全, 下一个阶段可以



(a) 滑跑距离波形



(b) 飞机速度和机轮速度波形



(c) 刹车压力波形

图 7 自动刹车实验结果

### 参考文献:

- [1] 刘冠志. 飞机全电刹车驱动器设计与关键技术研究 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (2): 326-328.
- [2] 李晖晖. 飞机全电刹车系统建模与仿真研究 [J]. 系统仿真学报, 2003, 15 (10): 1458-1460.
- [3] 蔡文举. 飞机全电防滑刹车控制器设计 [D]. 西安: 西北工业大学, 2007.
- [4] 王玉梅. 基于 DSP 的无刷直流电动机控制系统的研究 [D]. 山东: 山东大学, 2008.
- [5] 蔡文举. 飞机全电防滑刹车控制器设计 [D]. 西安: 西北工业大学, 2007.
- [6] Lennon W K, Passino K M. Intelligent control for brake systems [J]. IEEE Transactions on Control Systems Technology, 1999, 7 (2): 188-202.

将其完善。

### 参考文献:

- [1] 侯旭敏, 郑正奇, 童 燕, 等. 一种基于 ATCA 平台下的 IPMI 监视软件 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18 (2): 17-20.
- [2] PICMG 3.0 Revision 3.0 AdvancedTCA Base Specification [S]. PICMG, 2008.
- [3] IPMI 2.0 Intelligent Platform Management Interface Specification [S]. Intel, Hewlett\_Packard, NEC, Dell, 2006.
- [4] 覃江毅, 刘纯武, 张羿猛, 等. 基于 ARM 的实用 Advanced TCA 智能管理系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (10): 2817-2820.
- [5] 郑巨明, 张和生, 贾利民, 等. 基于  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  和 LwIP 的嵌入式以太网接口设计 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (11): 2238-2242.