

# 基于 EPA 标准的电磁流量计的设计

马超, 杨彬, 陈会庆, 张辉  
(中环天仪股份有限公司, 天津 300384)

**摘要:** 在分析了电磁流量计的研究现状及其工作原理的基础上, 提出了一款基于 EPA 标准的电磁流量计。该流量计不仅满足了电磁流量测量的相关技术指标, 还通过了 EPA 协议一致性与互可操作性测试。

**关键词:** EPA; 电磁流量计;  $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$

中图分类号: TP212

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)10-0078-03

## Design of electromagnetic flowmeter based on EPA specification

MA Chao, YANG Bin, CHEN Hui Qing, ZHANG Hui  
(Zhonghuan Iig Co. Ltd, Tianjin 300384, China)

**Abstract:** Introducing a design of electromagnetic flowmeter based on EPA specification, analyzing working principle of electromagnetic flowmeter. A lot of new technology was used to design electromagnetic flowmeter and predigest hardware circuit design. Electromagnetic flowmeter based on EPA specification reach not only all the flow testing of the technology indicators, the EPA also adopted a protocol conformance, interoperability and performance testing real-time communication.

**Key words:** EPA; electromagnetic flowmeter;  $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$

电磁流量计是利用法拉利原理进行流量测量的测量装置, 依据法拉利原理得知运动导体在磁场中产生的感应电动势  $U = -BDv$ , 式中  $B$  为磁场强度,  $D$  为导体长度,  $v$  为导体运动速度。电磁流量计利用测量出的流速, 经计算得到流量。电磁流量计具有测量精度高、应用范围广、介质对测量的影响小的特点, 是一种广泛应用的连续流量测量仪表。本文详细分析了采用 AT91SAM7x256 处理器平台来开发新型的基于 EPA 标准的智能电磁流量计。

### 1 系统总体设计

本系统是基于 EPA 标准而设计的, EPA 总线是一种全新的适用于工业现场设备的具有广泛应用前景的开发性实时以太网技术。EPA 将大量成熟的 IT 技术应用于工业控制系统, 利用高效、稳定、标准的以太网和 UDP/IP 协议的确定性通信调度策略, 为适用于现场设备的实时工作建立了一种全新的标准。该标准已被列入现场总线国际标准 IEC61158(第四版)中的第十四类型, EPA 得到国际电工委员会的正式承认, 并全面进入现场总线<sup>[1]</sup> 国际标准化体系。在这样的形势下, 开发基于 EPA 标准的现场设备越发必要, 本文所提的电磁流量计采用

ARM7 芯片和嵌入式操作系统实现 EPA 通信<sup>[2]</sup> 协议栈。

### 2 基于 EPA 标准的电磁流量计的基本硬件结构

基于 EPA 标准的电磁流量计的硬件部分主要由以下几部分构成, 其结构如图 1 所示。

(1) 电源电路: 电源电路将输入的 24 V 电压经过 LM1117 转为 3.3 V, 为系统各部分提供电源。

(2) 晶振电路: 接入 18.432 MHz 晶振, 经过倍频为 AT-91SAM7X256 内核提供时钟频率。

(3) 网络接口: RJ45 网络接口具有 10/100(Mb/s) 速率, 为系统提供高速网络输入通道。

(4) SPI 接口: 用于测量系统中信号处理电路部分, 作用是采集模拟量转换后的数字量。

(5) RS485 接口: 用于短距离数据双向通信。

#### 2.1 AT91SAM7x256 控制器简介

AT91SAM7X256<sup>[3]</sup> 是基于 32 位 ARM RISC 处理器的系列微控制器中的一员, 集成有 256 KB 的高速 Flash、64 KB 的 SRAM 和全套外围设备。一整套系统功能单元的采用, 使需要的外部组件数大大减少。

AT91SAM7X256 系统控制器包含一个管理微控制器和整个系统的上电时序的复位控制器。AT91SAM7X256

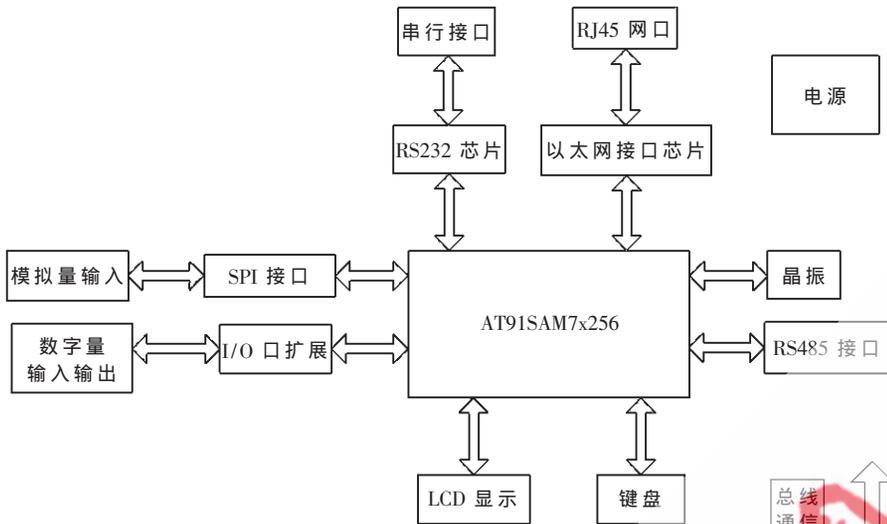


图1 硬件平台结构

集成了 ARM7TDMI 处理器、片内 Flash 和 SRAM, 以及包括 USART、SPI、CAN 控制器、Ethernet 网口、定时器/计数器、RTT 和模数转换器在内的一系列外围设备, 可以为很多嵌入式控制应用提供灵活、成本优化的方案。

## 2.2 传感器测量电路

为了处理电极检测到的小信号, 需将其放大, 本设计选用仪表放大器 AD620, 内部电路如图 2 所示。流量传感器将流量信号转换为电压信号, 然后经过电压放大, 有源低通滤波, 采样保持送到 AD 采集芯片。AT91SAM7X256 控制 AD 转换芯片读入采样数据, 经过处理得到流量值, 供 LCD 显示的同时, 并经总线通信模块将数字信号传至总线网络。

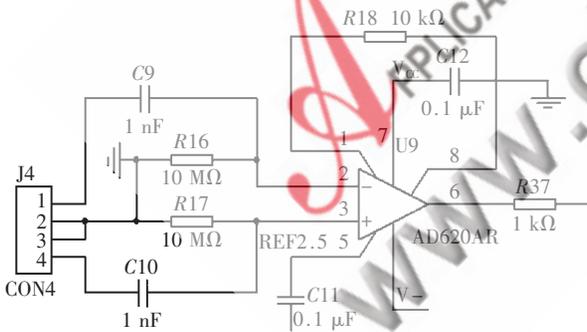


图2 信号放大电路

## 2.3 网络通信电路

网络控制芯片采用 RTL8201, 其为集成 PHY 层的网络芯片, 具有一个快速以太网物理层收发器, 它为 MAC 芯片提供了可选择的 MII 或 SNI 接口, 支持 MII/7 线 SNI 接口, 支持 10/100 Mb/s 操作, 支持全双工/半双工操作, 支持双绞线或光纤模式输出, 符合 IEEE802.3/802.3u 标准, 支持转发器模式, 速度/双工/自动协商可调, 3.3 V 操作最大可允许 5 V。其外接晶振为 25 MHz, 通过 MAC 接口与 AT91SAM7x256 连接。HR611661 为网络变压器, 其

分别与 RJ45 网络接口和 RTL8201 连接。RJ45 的网络接口的 4、5 脚通过工业交换机得到 24 V 电源, 7、8 脚也与工业交换机相连得到 GND, 实现总线供电。该以太网供电设备符合 802.3 受电设备标准, 输出标准的 +24 V 电源, 经过 WRB2405s 和 1117-3.3 电源芯片后, 输出电磁流量计系统所需的 5 V 和 3.3 V 电源。网络通信部分结构框图如图 3 所示。该网络通信部分将测量参数按 EPA 协议打包, 由网络控制器发送到互联设备或监控组态系统。

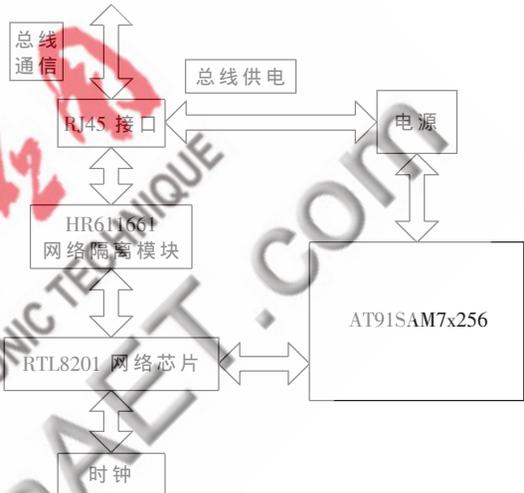


图3 网络通信硬件结构框图

## 3 电磁流量计软件系统设计

在系统软件设计过程中, 充分考虑了与硬件电路的有效结合, 利用 AT91SAM7X256 的特性实现高精度电磁流量计<sup>[4]</sup>的设计。所有程序均采用基于 AT91 库函数的 C 语言编写, 具有可读性强、容易移植、调试方便等优点。AT91 库包括并行 I/O 接口函数、串行 USART 函数、定时器/计数器函数、先进中断控制器函数等。

采用嵌入式操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ , 使其具有可靠性高、成本合理、耗电低、有效利用处理能力、适当的执行时间等特点。系统软件采用模块化设计, 由主程序、中断服务子程序等组成。仪表主程序主要功能在用户任务 UserTask() 中完成, 它是由  $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$  嵌入式实时操作系统<sup>[5]</sup>调度运行的一个任务。在本系统设计中按照实际任务所要实现的功能可以分为 6 个主要任务, 并赋予不同的优先级, 这 6 个主要任务根据每个任务的实时性要求以及重要程度, 其优先级分配如表 1 所示。

其中的 EPA 通信任务实现了标准的 EPA 通信协议, 由其实现的电磁流量计可以任意接入标准 EPA 网络。EPA 通信模型如图 4 所示。EPA 标准采用了 ISO/OSI 开放系统模型。底层为标准的以太网, 这样可以与通用以太网设备互联。但由于以太网<sup>[6]</sup>采用 CSMA/CD (载波

表 1 多任务分配表

任务号	任务功能	优先级
1	流量采集任务	1
2	232 串口通信任务	6
3	485 通信任务	4
4	EPA 通信任务	2
5	键盘任务	5
6	LCD 显示任务	7

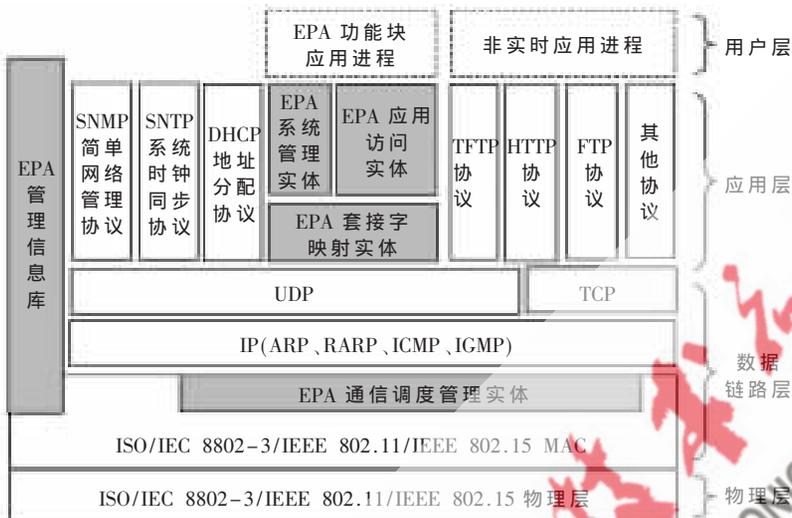


图 4 EPA 通信协议模型

侦听多路访问/冲突检测)介质访问控制机制,因此具有通信“不确定性”的特点,成为其应用于工业数据通信网络的主要障碍。虽然以太网交换技术、全双工通信技术以及 IEEE802.1 规定的优先级技术在一定程度上避免了碰撞,但也存在着一定的局限性。在 EPA 系统中,根据通信关系,将控制现场划分为若干个控制区域,每个区域通过一个 EPA 网桥互相分隔,将本区域内设备的通信流量限制在本区域内;不同控制区域间的通信由 EPA 网桥进行转发;在一个控制区域内,每个 EPA 设备按事先组态的分时发送原则向网络上发送数据,由此避免碰撞,保证了 EPA 设备间通信的确定性和实时性。其所用到的几个函数简要介绍如下:

(1) `__inline void __ilvInitLwIP(void)`

功能描述:完成 LwIP 最基本的初始化工作。

(2) `__inline void __ilvSetLwIP(void)`

功能描述:设置 LwIP,包括添加配置网络接口、建立接收任务等工作。

(3) `OSTaskCreate(T_LwIPEntry, (void*)NULL, &T_LWIPENTRY_STK[T_LWIPENTRY_STKSIZE - 1], T_LWIPENTRY_PRIORITY)`

功能描述:该任务用于发送设备声明报文、非周期数据声明和结束报文。

(4) `Void EPA_hdr_send(struct netbuf *buffer, u32_t ServiceID)`

功能描述:发送设备声明报文。

(5) `EPA_DataAnnuciation()`

功能描述:修改非周期声明和结束声明的发送方法。

(6) `netif_init(void)`

功能描述:初始化缺省网络接口(即习惯意义上的网卡)及网络接口链表(即 netif 结构体链表),根据函数说明,它必须先被调用。

本文基于 EPA 标准的电磁流量计的设备可以正常接入 EPA 组态软件中进行组态,并通过组态软件实时地刷新流量值。在给定电磁流量转换器加上测量物理值之后,在监控界面上读出数据,测量数据如表 2 所示。

表 2 测量数据

瞬时流量/(m <sup>3</sup> /h)	脉冲数/P	精度/%
0.815	17 003	-0.089
2.076	17 008	-0.010
7.914	17 031	+0.023
7.908	17 031	+0.053
20.532	73 079	+0.075

比较测量值和真实值可知误差小于 0.1%,满足系统要求。

本文主要介绍了基于 EPA 标准的电磁流量计的基本原理,详细说明了系统的软硬件设计。在实际的流量测量中所得到的数据表明,该电磁流量计不仅满足电磁流量测量的相关技术指标,并通过了国家 863 专家组组织的 EPA 协议一致性、互操作性和实时通信性能测试。此外,还具备总线供电,异常情况报警等功能。

参考文献

- [1] 阳宪惠.现场总线技术及其应用[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [2] 国家质量技术监督局.GB/T2017122006 用于工业测量与控制系统的 EPA 系统结构通信规范[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [3] 周立功.ARM 微控制器基础与实战[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [4] 黄宝森.电磁流量计[M].北京:原子能出版社,1981.
- [5] LABROSSE J J.嵌入式实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  [M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [6] 王平.工业以太网技术[M].北京:科学出版社,2007.

(收稿日期:2009-12-27)

作者简介:

马超,男,1978 年生,工程师,主要研究方向:现场总线。

杨彬,男,1980 年生,工程师,主要研究方向:仪器仪表、现场总线。

陈会庆,男,1969 年生,工程师,主要研究方向:仪器仪表。