

GPRS 在两相流计量系统中的应用

Application of GPRS in Two-phase Flow Measurement System

包建雄 郑金吾

(中国石油大学信息与控制工程学院,山东 青岛 266580)

摘要: 针对有线或人工方式获取油气井口两相流数据存在现场布线复杂、获取数据实时性差等弊端,设计了基于 GPRS 方式的两相流计量系统。首先设计了 UART 接口转换电路,实现了井口数据处理单元与 GPRS 模块的通信;然后利用 GPRS 网络将各井口气液两相流数据实时传至数据中心上位机;最后,由数据中心上位机通过 Internet 接收并存储 GPRS 模块发送的数据,为生产管理、操作优化等提供直接的参考依据。理论上,凡是 GPRS 网络覆盖的范围都可通过该方式实现数据的传输与井口设备的管理,因此将 GPRS 应用到两相流计量系统中具有较好的推广性和广阔的应用前景。

关键词: DSP GPRS 井口数据 远程监控 Internet

中图分类号: TP277 **文献标志码:** A

Abstract: Aiming at the malpractice existing in the wired or artificial measures for acquiring data of oil/gas two-phase flow at wellhead, e. g., complex field wiring, and poor performance of data acquisition, etc., the two-phase flow measurement system based on GPRS is designed. Firstly, the UART interface conversion circuit is designed for realizing communication between wellhead data processing unit and GPRS module. Then by adopting GPRS network, the data of gas/liquid two-phase flow at each wellhead are transmitted to data center host computer in real time. Finally, the data transmitted from GPRS module are received via Internet and stored in host computer, thus reference data for production management and operation optimization are directly provided. Theoretically, data transmission and management of wellhead equipment might be implemented through this way everywhere that covered by GPRS network. Then the application of GPRS in two-phase flow measurement system is worth to be promoted and has broad application prospects.

Keywords: DSP GPRS Wellhead data Remote monitoring Internet

0 引言

气液两相流各相产量是监测、控制油气井和气藏动态特性的主要依据,目前主要采用分离计量和非分离计量两种计量方式。前者采用分离器将气液两相流分离成气相和液相进行单相计量。由于分离器存在体积庞大、造价昂贵以及无法进行在线测量等缺点,在海洋、沙漠以及偏远地区油气田采用这种计量方式是不现实的。采用非分离计量可实现流量的在线、连续、自动测量,具有占地面积小、投资少、操作费用低等优点^[1-2]。油气田现场大部分地理位置偏僻、环境恶劣且交通不便,目前主要采用有线或人工的方式获取现场流量数据,这种方式存在铺设线路复杂、受自然环境影响大,而且工作量大、易出现差错、实时性差等弊端^[3]。

GPRS 无线上网技术为流量数据远传提供新的传输方式。本文通过 GPRS 模块利用 GPRS 网络将流量

数据实时传至数据中心上位机,实现流量数据的远程监测,并实时准确发送报警信号,减少意外事故造成损失。数据中心上位机通过 Internet 网络发送控制命令,实现远程控制。

1 系统总体方案设计

油气井口两相流数据采集系统由数据采集单元、流量计量单元以及数据中心上位机三部分组成。其中,数据采集单元完成现场数据的采集并将其转换成标准信号输送给流量计量单元;流量计量单元是系统的核心部分,通过流量计量模型计算出各相流量并利用 GPRS 方式发送到数据中心上位机;数据中心上位机完成流量数据的存储、显示以及现场故障分析。现场多个流量计量单元与数据中心上位机采用 C/S 结构作为网络连接模式,数据中心上位机使用固定 IP 地址工作于服务器模式,现场流量计量单元工作于客户机模式,通过 GPRS 模块与服务器建立连接。计量单元与数据中心上位机建立连接后,借助于 GPRS 网络以及 Internet 网络进行数据传输。油气井口两相流数据采集系统结构框图如图 1 所示。

修改稿收到日期:2012-09-02。

第一作者包建雄(1987-),男,现为中国石油大学控制科学与工程专业在读硕士研究生;主要从事两相流计量系统的研究。

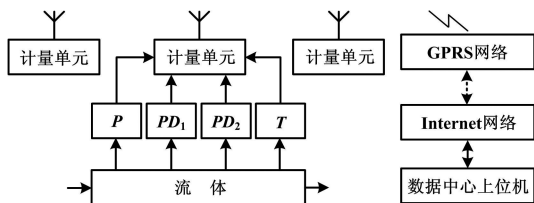


图1 油气井口两相流数据采集系统结构框图

Fig.1 The structure of wellhead two-phase flow data acquisition system

图1中, P 表示流体的压力信号; T 表示流体的温度信号; PD_1 与 PD_2 表示两测量孔板处的差压信号。

2 流量计量单元硬件设计

流量计量单元以TI公司推出的TMS320VC5509A作为主控制器,应用16位高精度串行A/D转换芯片AD8344E对现场4路模拟信号进行A/D转换。选用铁电存储器暂存流量数据,借助其外围集成的上电自动复位、手动复位、硬件看门狗、低压检测以及高精度实时时钟等功能辅助流量计量单元,有效提高流量计量单元硬件性能。为了实现油气井口两相流数据的远程监视,利用GPRS模块进行数据传输,设计I²C转UART电路,为DSP控制GPRS模块提供一种解决方案。流量计量单元结构框图如图2所示。

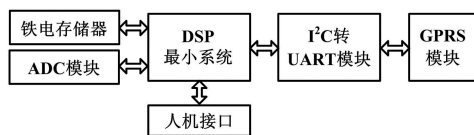


图2 流量计量单元结构框图

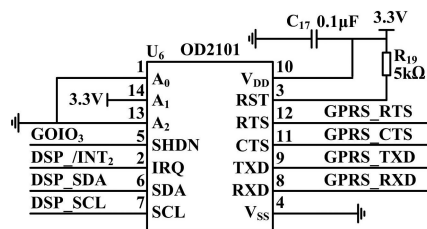
Fig.2 The structure of flow metering unit

2.1 TMS320VC5509A 数字处理器

TMS320VC5509A是TI公司推出的一款低功耗、低成本、高性能数字处理器,可应用于对数据处理实时性要求较高的系统中。其内部集成了非常丰富的外设,通过配置时钟发生器,可对外部输入时钟进行分频,满足各种系统对数据处理速度的要求;利用外部存储器接口(EMIF)实现与异步存储器、同步突发SRAM以及同步DRAM接口的连接,可进行数据存储器(SDRAM)的扩展,用于存储温度、压力以及差压信号;内部集成电路模块(I²C)有效降低电路设计复杂性,方便了功能的扩展;内置3个多通道缓冲串口(McBSP),通过配置可与SPI协议兼容,实现与串行Flash的SPI通信,完成在线BootLoader。处理器TMS320VC5509A支持灵活的Idle配置,有效降低系统功耗,适用于对功耗要求较高的场合。

2.2 I²C 转 UART 模块电路

GPRS模块采用UART接口与TMS320VC5509A处理器进行数据传输,但需为处理器设计接口转换电路。TMS320VC5509A集成的片内外设中,EMIF、I²C、McBSP以及USB可用于接口电路的转换,从而获得UART接口,实现与GPRS模块的数据传输。针对并行接口转UART接口电路布线复杂、SPI串行接口转UART接口以及USB接口转UART接口软件调试复杂的情况,选用OD2101芯片来实现I²C接口与UART接口的转换。OD2101是一款提供I²C转UART接口的专用协议转换芯片,通过I²C总线与DSP传输数据,有效简化电路布线复杂度。此外DSP通过I²C总线访问OD2101的数据读写寄存器、UART接收缓冲字节数、I²C可加载字节数以及UART接口控制寄存器,即可实现与UART接口器件进行数据传输。OD2101传输数据时,I²C总线速率为0~400 kbit/s,UART波特率为300~115 200 Baud,可满足不同速率数据传输应用的场合。在I²C数据接收缓冲区和UART数据接收缓冲区分别有64 B的空间,可最大限度地保存传输数据。通过内部集成晶振电路、复位电路减少外围电路,有效提高了数据传输的可靠性。I²C转UART电路如图3所示。

图3 I²C 转 UART 电路Fig.3 The circuit of I²C converting into UART

DSP通过OD2101可非常方便地进行UART接口扩展,实现数据的UART传输。当UART数据接收缓冲区接收到新数据时,OD2101通过IRQ引脚输出低电平触发DSP进入外部中断,在外部中断中,DSP完成对OD2101的UART数据接收缓冲区数据的读取。当DSP给GPRS模块发送数据时,将要发送的数据通过I²C总线写到OD2101的I²C数据接收缓冲区中,然后由OD2101自动将数据通过UART接口传送给GPRS模块。

2.3 GPRS 模块电路

GPRS模块是实现数据传输的桥梁,可将油气井口气液两相流数据以及故障信息通过GPRS网络经Internet网络传送到数据中心上位机;同时,GPRS模块还接收数据中心发送的控制命令,并将其通过I²C转UART电路传送给DSP。GPRS理论带宽可达171.2 kbit/s,通过TCP/IP连接可实现数据传输。利

用其“永远在线”、按流量计费以及覆盖范围广等优点^[4-5],有效解决了以往两相计量系统在流量数据传输方面的不足。设计中选用的 GTM900B 是一款双频段(EGSM900/GSM1800)GSM/GPRS 无线模块,内嵌 TCP/IP 协议,无需实现点对点协议(point to point protocol, PPP)也可进行数据传输,方便了应用开发和设计。GTM900B 提供大容量缓存,适用于高速数据传输过程中数据的存储,防止数据丢失,数据传输最高速率可达 85.6 kbit/s,满足数据高速传输的要求。GPRS 模块接口电路如图 4 所示。

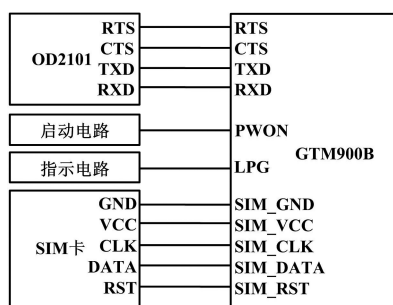


图 4 GPRS 模块接口电路图

Fig. 4 The interface circuit of GPRS module

GPRS 模块外围电路包括 UART 接口电路、启动电路、指示电路以及 SIM 卡电路等。GTM900B 有严格的开机流程,当电源电压大于 3.4 V 时,PWON 输入信号必须保持低电平 10 ms 以上,否则无法正常开机。设计中选用 RC 复位电路作为 GTM900B 启动电路,完成模块上电自动开机。LPG 用于指示模块的工作状态,其输出不能直接驱动 LED,需另行设计状态指示电路,完成模块当前工作状态的显示。

3 计量单元软件设计

计量单元软件设计采用 C 语言编写,同时借助 CCS 仿真环境。其主程序流程图如图 5 所示。

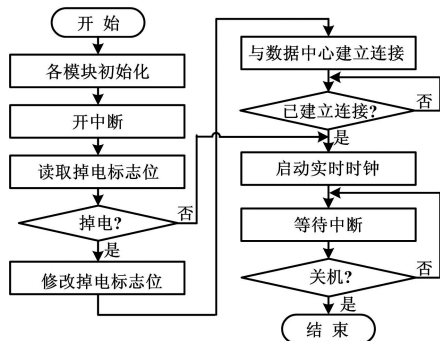


图 5 主程序流程图

Fig. 5 Flowchart of the main program

软件设计采用模块化设计思想,将流量计量单元各功能模块的初始化和功能函数均编写成独立的函数,然后由主函数及各中断函数对其进行调用。主函数完成流量计量单元各功能模块的初始化以及 GPRS 模块的入网、注销操作,各中断函数完成气液两相流数据的采集、处理、显示、发送等工作。

GPRS 模块分配的 IP 地址为 GPRS 内网 IP 地址,外网无法访问,为方便数据中心上位机控制流量计量单元,在运行期间,流量计量单元需与数据中心上位机保持连接。此外 GPRS 模块按流量计费,因此运行期间数据传输的费用只与传输的数据量有关,与数据中心上位机连接的时间无关。执行关机操作过程中需重点解决 GPRS 模块关机问题,GPRS 模块有正常关机和紧急关机两种关机方式,两者的区别在于前者能从注册网络中注销,后者不能。GPRS 模块正常关机流程为在电源电压工作正常的情况下,PWON 引脚被拉低 2~3 s,在此过程中完成网络注销。流量计量单元在硬件设计上采用 GPRS 模块自动开机的方式,PWON 信号不受 DSP 的控制,因此在关机时,DSP 除了发送 AT 指令注销 GPRS 网络之外,还需要强行从注册网络中注销。

3.1 I²C 转 UART 模块软件设计

I²C 转 UART 模块软件设计包括实现 DSP 的 I²C 读写函数以及对 OD2101 寄存器的读写函数的编写。DSP 与 GPRS 模块之间的数据传输通过 OD2101 完成,DSP 将发送给 GPRS 模块的数据通过 I²C 总线写到 OD2101 的 I²C 数据接收缓冲区中;GPRS 模块返回的数据保存在 OD2101 的 UART 数据接收缓冲区中,DSP 通过 I²C 总线对保存的数据进行读取。I²C 读函数程序流程图如图 6 所示。

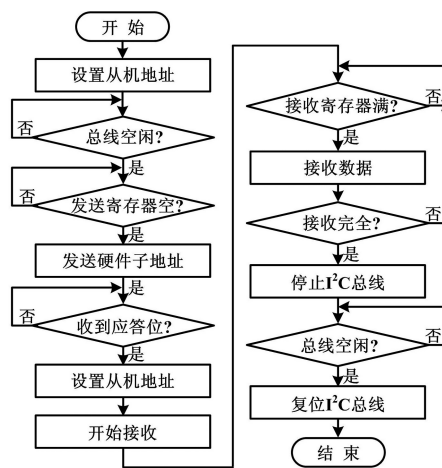


图 6 I²C 读函数程序流程图

Fig. 6 Flowchart of the program of I²C READ function

OD2101 在接收到 GPRS 模块返回的数据时,会以中断的形式通知 DSP 读取数据。基于 GPRS 传输数据的特点,读取 GPRS 模块返回的所有数据有以下三种方法。

① 通过 UART 数据传输波特率以及 GPRS 模块返回数据的长度来计算 GPRS 模块返回所有数据的时间,DSP 进入中断后等待这段时间,然后通过 I²C 总线进行读取。

② DSP 进入中断后连续读取 OD2101 的 UART 数据接收缓冲区接收字节数,当该值与 GPRS 模块返回数据长度相等时,DSP 通过 I²C 总线进行读取所有数据。

③ 通过 UART 数据传输波特率计算 GPRS 模块返回一字节所需要的时间,当这段时间内的 OD2101 的 UART 接收缓冲区接收字节数不变时,DSP 通过 I²C 总线进行读取。

由于大部分 GPRS 模块返回的数据长度未知,本设计采用第三种方法。

3.2 GPRS 模块与数据中心上位机通信程序设计

流量计量单元与数据中心上位机的通信选用网络通信中比较常用的客户机/服务器模型^[6],流量计量单元工作于客户机模式,数据中心上位机工作于服务器模式。当数据中心上位机处于监听状态时,DSP 通过控制 GPRS 模块实现流量计量单元与数据中心上位机的连接,将流量数据发往数据中心上位机。GPRS 模块与数据中心上位机的连接程序流程图如图 7 所示。

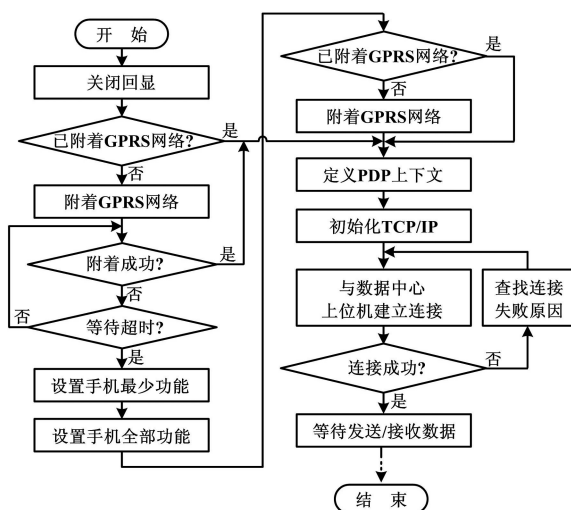


图 7 建立连接程序流程图

Fig. 7 Flowchart of the program for establishing connection

GTM900B 支持 TCP 以及 UDP 两种数据传输方式,且在 TCP 数据传输方式中可工作于服务器模式。数据中心上位机采用 Internet 网络接收数据时,由于外网不能访问 GPRS 模块的 IP 地址,因此,GTM900B 必

须工作于客户机模式。当数据中心上位机采用 GPRS 模块接收数据时,数据传输双方的 IP 地址都为 GPRS 内网 IP 地址,此时数据中心 GTM900B 可工作于服务器模式。

4 上位机软件设计

数据中心上位机采用 Inprise 公司推出的高性能可视化开发工具 C++ Builder,它具有编译功能强大、数据库开发简单以及网络开发方便等特点。利用 C++ Builder 提供的数据库开发工具,有助于程序员开发出功能强大、界面美观的数据库。C++ Builder 支持结构化查询语言 (SQL),编程人员通过编写 SQL 语言就能完成对数据库的所有操作^[7]。C++ Builder 提供与网络有关的控件,可方便网络开发,通过修改 UDP 或 TCP 有关控件属性,两台计算机就能建立网络通信^[8]。

数据中心上位机与 GPRS 模块之间以 TCP 作为数据传输协议。在客户机与服务器建立连接之前,服务器处于监听状态,客户机通过服务器的 IP 地址与端口号申请连接。当服务器的 IP 地址为动态 IP 地址时,通过动态域名解析的方法使服务器动态 IP 地址与固定域名相绑定,客户机通过查询该域名获得服务器当前 IP 地址,然后与其建立连接^[9]。当服务器 IP 地址为固定 IP 地址时,客户机可直接与该 IP 地址的服务器建立连接。

数据中心上位机主要实现用户管理、流量数据管理、故障诊断以及报警等功能。流量数据管理中包括流量数据的存数、显示、分析以及查询等功能,上述操作需要与数据库相结合,可通过修改 C++ Builder 提供的 TQuery 控件的 SQL 属性来完成访问数据库的各种操作^[10]。

查找流量数据具体程序如下。

```
Query1->Close(); //关闭数据表
Query1->SQL->Clear(); //初始化 SQL 属性
Query1->SQL->Add(Format("Select * From '%s'",
OPENARRAY(TVarRec,(DateTimePicker1->
Date.FormatString("yyyy'年'mm'月'dd'日'"))));
//查找数据表
Query1->SQL->Add("WHERE 时间>=:时间1 AND 时间<=:时间2");
//设定数据表查找范围
Query1->ParamByName("时间1")->AsString =
DateTimePicker2->Date.TimeString();
Query1->ParamByName("时间2")->AsString =
DateTimePicker3->Date.TimeString();
if(Query1->Prepared==false)Query1->Prepare();
Query1->Open(); //执行 SQL 语句并显示表中数据
```

(下转第 41 页)