

嵌入式油井供水压力流量监控系统

范毅华,王璐

(中原工学院,河南 郑州 450007)

摘要:为了监控油井供水系统,文中介绍了一个基于 S3C2440A 的嵌入式监控系统,叙述了系统设计原理和实现方法。该系统采用 S3C2440A 核心板作为嵌入式控制器,实现供水系统水压、流量实时数据采集、传输,利用嵌入式数据库进行数据存储,并移植了嵌入式 Web 服务器,使系统能独立地提供远程监控服务。该系统通过变频器调节油井注水泵电动机的转速,实现注水压力和水量调节。由于采用嵌入式系统监控水压和供水系统参数,大大提高了油井生产的信息化水平。远程监控系统减轻了工作人员的劳动强度,并提高了工作效率和可靠性。

关键词:油井供水;实时数据采集;远程监控;嵌入式数据库;变频器

中图分类号:TP277

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)09-0193-04

Monitoring and Control System of Pressure and Flow in Water Supply of Embedded Oil Well

FAN Yi-hua, WANG Lu

(Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: In order to monitor the oil well water supply system, introduce an embedded monitoring system based on S3C2440A, describe the system design principles and implementation method. The system uses S3C2440A core board as an embedded controller for real-time data collection and transmission of the pressure and flow in water supply system. Use the embedded database for data storage and transplant embedded Web server so that the system can provide remote monitoring services independently. The system uses the inverter to adjust well injection pump motor speed, injection pressure and water regulation. As a result of the embedded system to monitor water pressure and water supply system parameters, greatly improve the level of the oil well production information. The remote monitoring system reduces the labor intensity of the workers, and raises work efficiency and reliability.

Key words: oil well water supply; real-time data collection; remote monitoring; embedded database; inverter

0 引言

随着油田经过长年开发,很多油井进入高含水开发阶段,需要动态监视油井供水,并根据油井状态及时调整供水水量和水压。而传统的油井供水系统使用人工定时检查供水设备运行情况,并记录各项数据。供水系统的控制大多使用人工控制方式,使得供水压力和流量调节慢、故障处理不及时。因此油井供水工作效率低,工人劳动强度大。本系统以 ARM-S3C2440A 嵌入式系统为核心,设计了一种油井供水压力和流量的监控系统。工作人员不需要亲自到生产现场,只需要接通网络,通过 Web 浏览器就可以对油井注水用电机参数以及供水管道水压、流量等进行监测,利用嵌

入式系统控制变频器调节水泵电动机,实现油井注水管道水压调整和水量控制。

1 硬件组成和工作原理

监控系统以三星 S3C2440A^[1]核心板为主(内嵌 ARM920T 微处理器),配合数据采集模块、控制模块、网络监控模块、FLASH 芯片和 SDRAM 内存组成嵌入式控制器。该控制器采用存储容量 64M 的 K9F1208 为 NAND Flash,用来保存系统启动代码^[2]、实时嵌入式操作系统代码^[3]和监控应用程序的代码。

根据油井开发状态的不同,生产中对油井注水的水压和流量需要规定具体范围。供水系统应该在规定的范围内进行调节,以保证连续稳定生产。嵌入式控制器通过数据采集模块监测供水管道压力和流量,将采集到的实时数据与设定值进行比较。如果不在规定范围内,就产生控制信号。通过 485 总线与变频器通讯,修改变频器的输出频率,从而调节水泵电机转速,

收稿日期:2012-02-07;修回日期:2012-05-12

基金项目:河南省教育科学自然科学研究计划项目(2009A520034)

作者简介:范毅华(1980-),男,硕士,助理实验师,研究方向为嵌入式系统及其应用;王璐,博士,副教授,研究领域为控制的理论与方法、智能控制、视觉识别。

实现水压和流量的调节。如果监测的压力或流量超出设定的报警上、下限,则发出报警信号。

网络监控模块采用台湾 DAVICOM 公司生产的网络接口芯片 DM9000,配合嵌入式微处理器 S3C2440A 实现以太网媒介访问层(MAC)和物理层(PHY)的所有功能^[4]。用户可以通过 Web 浏览器登陆网络监控模块,监测或设定供水系统工作参数,并可根据实际需要修改变频器相关参数。嵌入式监控系统框图如图 1 所示。

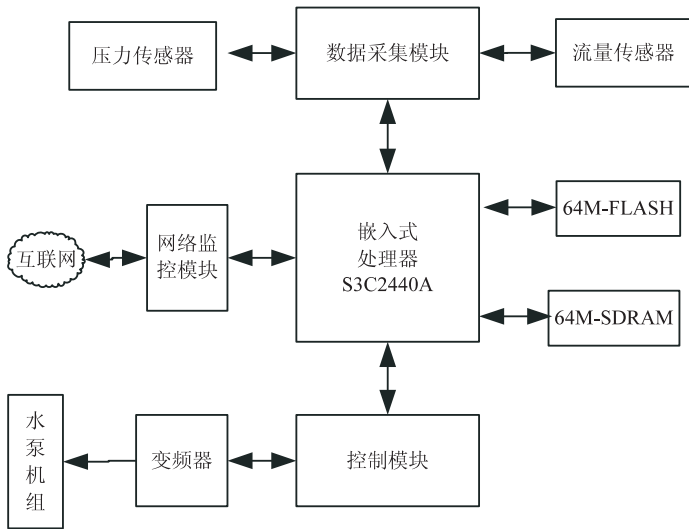


图 1 嵌入式测控系统框图

2 水压和流量采集

压力数据使用 PY500 数字压力变送器作数据采集模块。变送器以 C51 系列单片机为核心,陶瓷晶体等做为变送器的感压芯片,使用带有零点、温度补偿的高精度和高稳定性放大集成电路,将被测量介质的压力转换成 RS485 数字通讯信号,采样位数可达 15 位。测量快速准确,半双工工作方式下响应时间约 10 ms。一个通信段可同时接 32 个变送器,组成多点测压系统。

流量传感器采用 YYD 电磁流量计。它是一种根据法拉第电磁感应定律来测量管内导电介质体流量的感应式流量计。它采用单片机嵌入式技术,实现了数字励磁,检测流量。电磁流量计在满足现场监测显示的同时可输出标准直流电流信号(4 ~ 20mA)供记录、调节、控制用,并支持 Modbus 协议、RS-485 通讯接口和 HART 协议通讯接口,与上位机进行联网通讯非常方便。

如图 2 所示,以水压采集为例,简述数据采集。

工作前,ARM 控制器可通过写命令设置变送器的地址、串行通信波特率、压力单位和比例因子等。工作时,ARM 控制器定时向变送器发送读数据命令串,变送器接到命令后,将检测到的压力数值,回送给 ARM

控制器。控制器接收到数据后,将其按顺序存放在事先规定好的缓冲器中,等待处理。在波特率为 9600bps 时,压力采集模块的响应时间一般小于 80ms,可以根据这个时间来设定采集间隔时间和时限。若在时限内接收成功,采集计数器数值减一,接着采集下一个压力采集点。如果失败,或者超时未收到数据,再次发送采集命令串,等待重发。连续三次采集失败,发出错误报警。

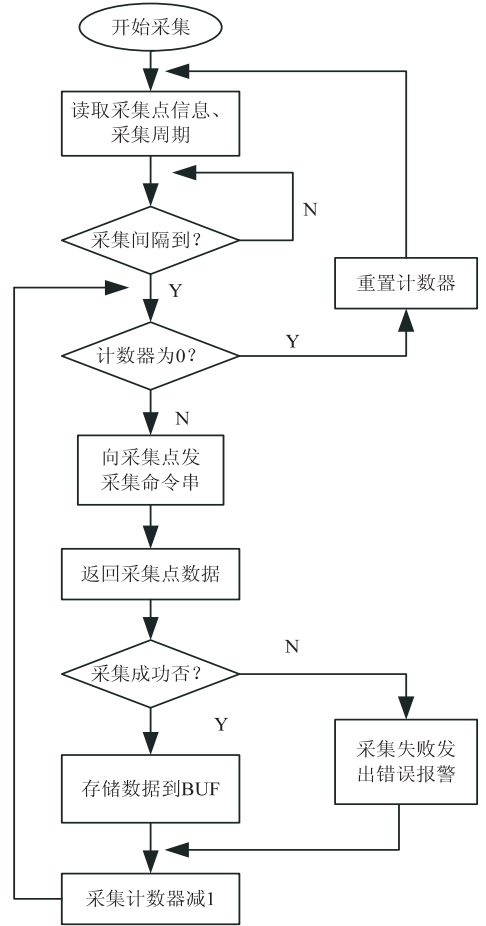


图 2 数据采集框图

3 数据处理与存储

3.1 嵌入式数据库

监测系统要对现场数据进行实时存储,还要对电机、变频器参数及各种报警数据进行存储和处理。使用数据库来统一进行存储和管理,是较为可靠的方式。使用数据库还可以对各种存储的历史数据进行进一步的分析统计。由于嵌入式系统的资源一般都非常有限,所以利用数据库微型化^[5]技术简化数据库,使其成为资源节约的、适合嵌入式系统使用的数据库。微型化一方面是数据库的微型化;另一方面是数据库管理系统的微型化。应用该技术产生了一种具备数据库特征的数据文件——嵌入式数据库^[6]。它通常与操作系统和具体运用结合在一起,可由程序直接调用相应的

API 实现对数据的存取操作,无需独立运行数据库引擎。

目前,适合嵌入式的数据库产品^[7]有:

SQLite 是 C 语言编写的开源嵌入式数据库,关联式数据库管理系统,可免费使用。

Oracle Berkeley DB 是一个具有工业强度的嵌入式数据库系统,需要付费才能使用。

mini SQL 是一个单用户数据库管理系统,商用付费才能使用。

mSQL 是嵌入式数据库系统,源代码不公开。

PostgreSQL 是 C/S 结构并行系统,它支持平台最多,但系统比较庞大。

通过对比,本系统采用 SQLite 数据库。它是一个轻量级关系数据库,具有外模式、概念模式、内模式三级结构。SQLite 体积非常小,编译后只有 250k 大小,却能支持 2TB 数据,具有系统开销小、底层控制力强、实时性强、免费且源码公开的优点。

3.2 系统数据库设计

登陆网站 <http://www.sqlite.org> 下载 SQLite 数据库最新版 3.7.9,然后用交叉编译工具对 SQLite 源文件进行交叉编译。最后将交叉编译过的 SQLite 文件放入 S3C2440A 核心板文件系统,然后就可以使用 SQLite 数据库及其 API 函数。

利用 SQLite3.7.9 提供的 API 函数创建数据表需要三步^[8]:

- (1) 提供文件名和访问模式调用 API 函数 `Sqlite3_open()` 连接数据库。
- (2) 执行 API 函数 `callback()`,通过对每条记录执行 `callback()` 获得从数据库得到的结果集。
- (3) 如要执行一个 SQL 语句,调用 API 函数 `Sqlite3_exec()`。

本系统根据实际需要,创建数据库表。利用 SQLite3.7.9 提供的 API 函数建立的数据库如表 1。

表 1 主要数据库

数据库表名	主键	主要字段
压力流量采集记录表	时间	时间,采集点 1 水压,采集点 2 水压...流量采集点 1,流量采集点 2...
电机状态采集表	电机号	时间,电机号,转速,变频器频率
系统控制表	设备编号	设备编号,地址,功能号,读写,数据
通讯设置	地址	地址,波特率,奇偶校验,停止位
报警表	报警时间	报警时间,报警信息,处理结论
管理员表	用户编号	用户编号,密码,真实姓名,权限

数据库连接源程序如下:

```
sqlite3 * db=NULL;
char * zErrMsg = 0;
int rc;
```

```
rc = sqlite3_open("EMBEDB.db", &db);
if( rc )
{ fprintf(stderr, "Can't open database: %s\n", sqlite3_errmsg(db));
  sqlite3_close(db);
  exit(1); }
else
```

```
printf("EMBEDB.db open\n");
```

创建的压力采集记录表源程序如下:

```
char * sql = "CREATE TABLE RecData( Time VARCHAR(12), No1 FLOAT, No2 FLOAT, No3 FLOAT, No4 FLOAT, No5 FLOAT, No6 FLOAT, No7 FLOAT, No8 FLOAT);";
sqlite3_exec( db, sql, 0, 0, &zErrMsg ); sqlite3_close( db);
```

插入实时采集压力数据源程序如下:

```
char * wpInsert = "insert into RecData values ( ' &wpTime ", " & bufer[0] ", " & bufer[1] ", " & bufer[2] ", " & bufer[3] ", " & bufer[4] ", " & bufer[5] ", " & bufer[6] ", " & bufer[7] ");";
```

```
rc = sqlite3_exec( db, wpInsert, callback, 0, &zErrMsg );
```

`bufer[x]` 是数据采集缓冲区,将缓冲区的八个采集点数据插入到数据库 EMBEDB 中,实现数据的存储。一般每 30s 存储一次,存储时间也可根据需要进行修改。对于历史记录数据的存储,也使用类似的操作方法。

4 变频器通讯与水泵电机控制

4.1 变频器通讯

变频器和嵌入式控制器之间使用 RS-485 总线连接。变频器采用西门子 MM430^[9]变频器,它支持 USS 通讯协议,其通信报文的结构如图 3 所示。变频器内置 RS-485 接口,可以使其方便地连接在 RS-485 总线上,与嵌入式控制器通讯。

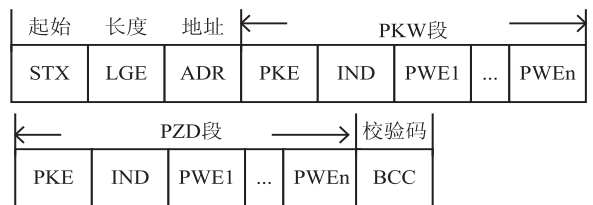


图 3 USS 协议结构

本系统利用 USS 协议设主从站通讯^[10]:通讯由主站发起,USS 主站循环轮询各从站,从站根据收到的指令决定是否以及如何响应。总线上的每个从站都有一个站地址, USS 主站依靠它识别各从站;各从站也只对 USS 主站发来的报文做出响应并回送报文,从站之间不能相互进行通讯。另外,还有一种广播通讯方式,由主站同时给所有从站发送报文,从站在接收到报文,并做出相应的响应后,可不回送报文。本监控系统中从

站设备有两类：一类是压力、流量等智能传感器，站地址为 00 ~ 0FH, 主要是读参数；另一类是变频器，站地址为 10 ~ 1FH, 既可读也可写参数。站地址这样规定，是为了方便识别。每条报文都是以字符 STX (= 02hex) 开始，接着是长度 LGE 和站地址 ADR (0 ~ 31)。然后是有效数据字符区。有效的数据区分为 PKW 和 PZD 两段。PKW 段确定了参数在两个通讯设备之间的传输方式；PZD 段是为控制和监测变频器而设计的。

嵌入式控制器和变频器通过 485 总线通信的流程见图 4。

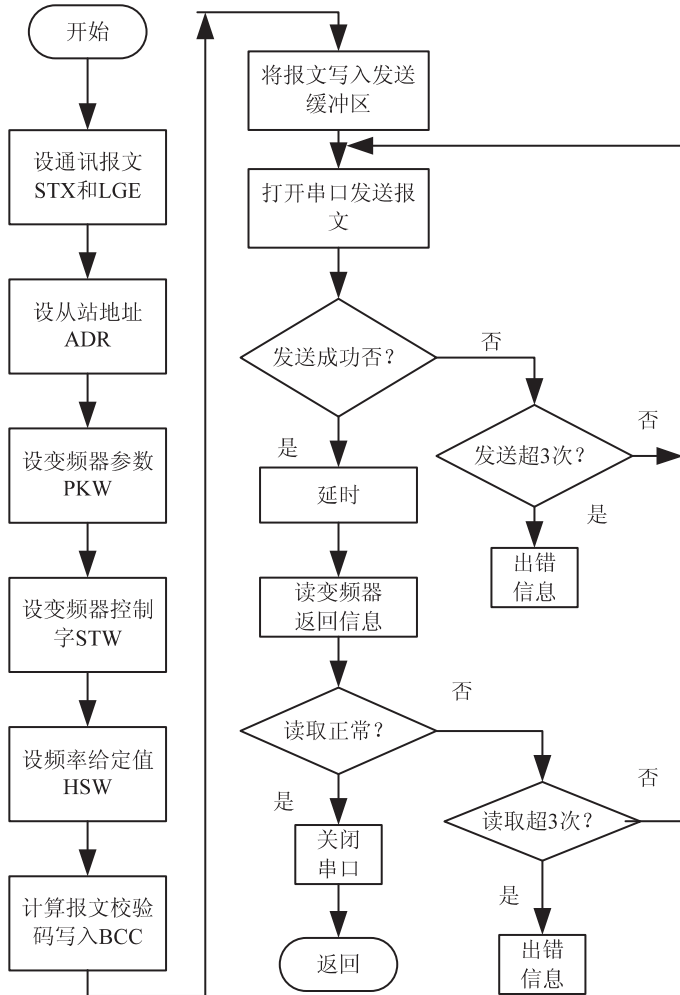


图 4 变频器 485 通信流程图

4.2 水泵电机控制

水泵电机转速和变频器频率的关系：

$n = 60f(1 - s) / p$ 当交流异步电动机的极对数 p 和转差率 s 确定，其转速 n 和变频器的频率 f 基本成正比。所以调节变频器的频率就可以改变水泵电机的转速，进而调节供水系统的压力。

例如：读 1#变频器的参数 P1001 (固定频率 1)，嵌入式控制器向变频器发出的读参数 PKW 段是：13E9000000000000 H，变频器返回的应答是：23E9000042480000 H，其中 3E9H=1001 是参数号，后 2 个字

为浮点数表示的频率值 $f = 50.00\text{Hz}$ 。若此时水压低，则需提高变频器频率。将参数 P1001 的数值修改为 $f = 55.00\text{Hz}$ ，则嵌入式控制器向变频器发出报文的 PKW 段是：33E90000425C0000 H，变频器返回应答是：23E90000425C0000 H，表明修改成功。

5 网络监控

5.1 CGI 模块

CGI (Common Gateway Interface) [11] 通用网关接口是一种为不同网络服务的应用程序接口。此接口可以让一个客户端通过 Web 浏览器传递信息给 Web 服务器，再由 Web 服务器去调用指定的程序代码来完成特定的工作。

系统设计的 CGI 模块结构如图 5 所示。工作人员要了解现场设备的运行状况，通过浏览器输入信息给 Web 服务器，Web 服务器通过 CGI 模块获得实时采集现场设备的数据，并及时以 html 的形式输出到工作人员浏览器上。工作人员可以根据实际的需要发出相应参数修改信息或控制命令信息给 CGI 模块，CGI 模块再通过控制模块控制现场设备。

5.2 远程网络监控模块

本系统在嵌入式操作系统上移植了 BOA Web Server [12] 作为嵌入式 Web 服务器 [11]，采用了 B/S 结构设计远程网络监控模块。其功能包括：

- (1) 实时显示：实时监测显示采集点的压力、流量、变频器频率、水泵电机转速等。
- (2) 参数设置：对监控设备参数 (如变频器、数字变送器) 进行设置，包括采集命令的选择。
- (3) 系统控制：系统的控制界面，可以对系统进行控制，比如启动或关闭电机、提高或降低电机转速等。
- (4) 查看记录：查看系统的历史记录数据。

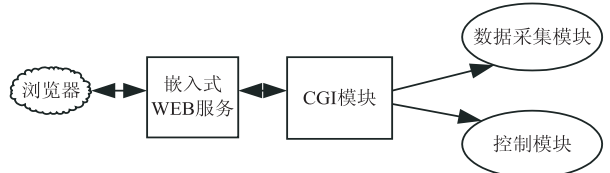


图 5 CGI 模块

远程网络监控模块结构如图 6 所示。

6 结束语

该系统集嵌入式控制器、数据采集模块、CGI 网 (下转第 200 页)

```

Count = count+8;
}
}
Void ShBuf (unsigned char m, unsigned char n)
{
    unsigned char i;
    unsigned char GPS_Buf[8];
    for(i=0;i<n;i++) /* 移出 n 位需要处理的数据 */
    {
        GPS_Buf[i] = GPS_QUE_BIT[m+i]
    }
    <<(n-1-i); /* 将需要处理的数据左移 */
}
}

```

3 结束语

文中选用双 64 位移位寄存器解决了在单片机系统下对 128 位串行数据接收的问题,并由 GPS 信号模拟源^[12]发送 GPS 数据,通过显示屏将接收的数据进行了显示验证。该电路设计能够保证多位串行数据的高可靠接收,同时简化了软件设计,节省了硬件资源。

参考文献:

[1] 谢 钢. GPS 原理与接收机设计[M]. 北京:电子工业出版社

社,2009.

[2] 刘大杰,施一民,过静君. 全球定位系统(GPS)的原理与数据处理[M]. 上海:同济大学出版社,1996.

[3] 李 华. MCS-51 系列单片机实用接口技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.

[4] 胡汉才. 单片机原理及其接口技术[M]. 北京:清华大学出版社,2010.

[5] 杨金岩. 8051 单片机数据传输接口扩展技术与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.

[6] 赖寿宏. 微型计算机控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2003.

[7] 赵文博. 常用集成电路速查手册[M]. 北京:机械工业出版社,2010.

[8] 甘学温,赵宝瑛,陈中建,等. 集成电路原理与设计[M]. 北京:北京大学出版社,2006.

[9] CMOS Dual 64-stage Static Shift Register Data Sheet[EB/OL]. 1994. <http://html.alldatasheetcn.com/html-pdf/26907/TL/CD4517/20/1/CD4517.html>.

[10] 鲁 郁. GPS 全球定位接收机-原理与软件实现[M]. 北京:电子工业出版社,2009.

[11] 马玲玲,杨嘉祥,戴丽莉,等. 计算机与 GPS 接收机之间的串口通讯[J]. 计算机技术与发展,2011,21(3):225-228.

[12] 李文新,慕德俊,雷志广. 磁隔离技术在 GPS 信号模拟源设计中的应用[J]. 计算机技术与发展,2011,21(4):190-193.

(上接第 196 页)

关、Web 服务器、嵌入式数据库于一体,实现了对油井供水系统管道压力和水泵电机转速的监控。适用于生产地点分散、偏远的野外工作环境的设备监测。由于采用了嵌入式技术和网络技术,可以实现远程监控,从而减轻了工作人员劳动强度,提高了工作效率和可靠性。在油井供水体系的安全,高效管理方面有广泛的推广价值。

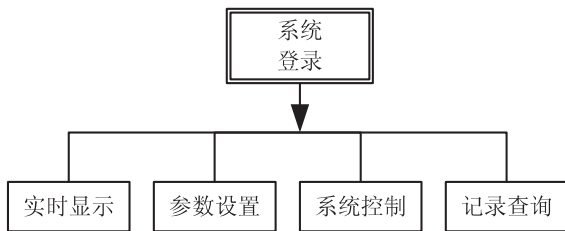


图 6 远程网络监控模块结构

参考文献:

[1] S3C2440A32Bits RISC Microprocessor User's Manual [EB/OL]. 2009. <http://www.samsung.com>.

[2] Yaghmour K, Corbet J. Building Embedded Linux System [M]. [s.l.]: O'Reilly Press, 2003.

[3] 田 泽. 嵌入式系统开发与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.

[4] 霍拉鲍夫. 嵌入式 Linux-硬件、软件与接口[M]. 陈雷,钟书毅译. 北京:电子工业出版社,2003.

[5] 龚星宇,许 佳,龚尚福. 嵌入式数据库的研究[J]. 现代电子技术,2007(9):62-66.

[6] Ortiz S. Embedded Databases Come Out of Hiding[J]. IEEE Computer, 2000, 33(3):16-19.

[7] 王京谦,万莅新. 开源嵌入式数据库 Berkeley 和 SQLite 嵌入式数据库技术[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2005(2):5-7.

[8] 杜天苍,刘 华. 基于 Armlinux 的嵌入式数据库 SQLite 移植[J]. 计算机技术与发展,2008,18(10):84-86.

[9] SIEMENS MicroMaster430 Operating Instructions [EB/OL]. 2003. www.ad.siemens.com.cn.

[10] 范玉璋,张 健. 微机对多台变频器通讯和监控的设计与实现[J]. 计算机技术与自动化,1999(3):35-38.

[11] 韩树人,周贤娟,鄢化彪,等. 基于嵌入式 Web 服务器的远程实时数据采集[J]. 计算机技术与发展,2008,18(1):206-208.

[12] 陈 曷. ARM 嵌入式技术实践教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.

嵌入式油井供水压力流量监控系统

作者: [范毅华](#), [王璐](#)
作者单位: [中原工学院, 河南 郑州 450007](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2012(9)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201209051.aspx