

基于 UCOS-II 的矿用数据采集单元(DTU)系统设计

张 飞^a, 何雅琴^b

(常州机电职业技术学院 a. 电气工程学院, b. 信息工程学院, 江苏 常州 213164)

摘 要:为了实现矿用数据采集单元(DTU)的相关功能,提出了采用基于 UCOS-II 的 DTU 系统设计。该 DTU 的处理器选用 STM32F103VE,并把实时操作系统 UCOS-II 移植到该 CPU 上。介绍了系统硬件和软件的设计方案。通过使用实时操作系统,简化了软件的编写过程,增加了软件的可维护性。通过调试,该 DTU 系统能够满足企业的需求。

关键词:矿用;中央处理器;实时操作系统;硬件;软件

中图分类号:TD 65

文献标志码:A

文章编号:1006-7167(2017)05-0131-04



Design of Mine-used DTU System Based on UCOS-II

ZHANG Fei^a, HE Yaqin^b

(a. Department of Electrical Engineering, b. Department of Information Engineering,
Changzhou Institute of Mechatronic Technology, Changzhou 213164, Jiangsu, China)

Abstract: In order to realize the function of DTU, a design of mine-used DTU system based on UCOS-II is given. The DTU uses the STM32F103VE as processor, and the real-time operating system (UCOS-II) is transplanted to this CPU. The design scheme of the hardware and software of the system is introduced in this paper. The software is simplified, and the maintainability of the software is increased by using the real-time operating system. Through the debugging, the DTU system can meet the needs of the enterprises.

Key words: mine-used; central processing unit(CPU); real-time operating system; hardware; software

0 引 言

矿用 DTU(数据采集单元)主要用于矿上环境及参数等的数据采集。由于 DTU 工作环境多样,而且一般都要长时间运行,所以设计的 DTU 系统必须具备高可靠性。本文根据企业的实际需求,采用 STM32F103VE(ARM)设计的一种高可靠矿用 DTU 系统,为了简化软件设计难度,增加软件可维护性和可扩展性,系统还移植了 UCOS-II 实时操作系统。

1 UCOS-II 及 Modbus 协议

1.1 UCOS-II 简介

实时操作系统 UCOS-II 自 1992 年发布以来,得到了各行各业的广泛应用。该 RTOS 的核心代码都采用 C 语言编写,很容易移植到各种 CPU 上,而且源代码公开^[1-4],方便软件的开发和根据需要对相关代码进行改写。UCOS-II 的任务可以处于休眠态、就绪态、运行态、挂起态和被中断态 5 种不同的状态^[5]。

1.2 Modbus 协议

Modbus 是一种使用与工业现场的总线协议,支持 RS232、RS485 以及网络通信等,很多智能仪表都在采用此协议通信。该协议提供 RTU 和 ASCII 两种传输模式供用户选择。RTU 模式一般使用 CRC 校验,ASCII 模式采用 LRC 校验来保障数据传输的准确性。使用 Modbus 协议构建的通信网络中,一般只有一个

收稿日期:2016-09-20

基金项目:江苏高校品牌专业建设工程资助项目(PYZY2015C238);江苏省前瞻性研究专项资金项目(BY2014043)

作者简介:张 飞(1981-),男,江苏常州人,硕士,讲师、工程师,主要研究方向:自动化技术、人工智能。E-mail:czmecz@163.com

主机, Modbus 协议的数据格式如表 1 所示^[6]。

表 1 Modbus 协议的数据格式表

地址	功能码	N 字节 数据	CRC 低	CRC 高	3.5TB	另一帧 数据...
----	-----	------------	----------	----------	-------	--------------

2 系统方案

DTU 系统可以单独一个 DTU 使用,也可以多个 DTU 组网使用,一般都是以组网的形式使用。多 DTU 组网使用过程如图 1 所示。

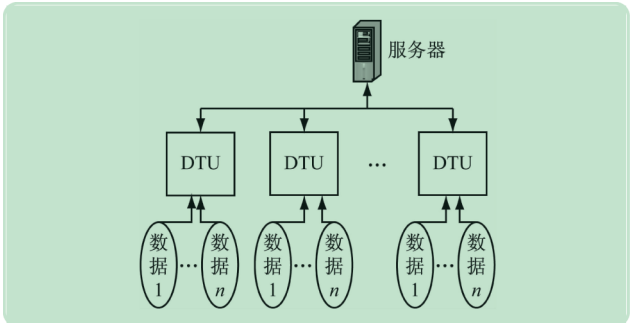


图 1 多 DTU 组网图

多个 DTU 可以通过 RS485 总线与服务器相连,也可以通过 GPRS 与服务器连接。当采用 RS485 总线时,服务器发送数据采集命令给每个 DTU,DTU 分别从前端采集器(一般为传感器模块、也可以是数字量)采集数据,并把相关数据打包发送给服务器做进一步分析和统计。数据传送的时候采用 MODBUS 协议。一般企业要求每个 DTU 要支持多种通信接口,如:RS232,RS485,RS422 等,以此满足 DTU 在不同应用领域的需求。而且 DTU 必须提供各种工作电压,为前端采集器供电,如 5 V、3.3 V 等。本文设计的 DTU 主要包括:CPU 模块、电源模块、通信模块、存储模块(用于系统参数保存)、温度检测模块、GPRS 模块等。系统框图见图 2。

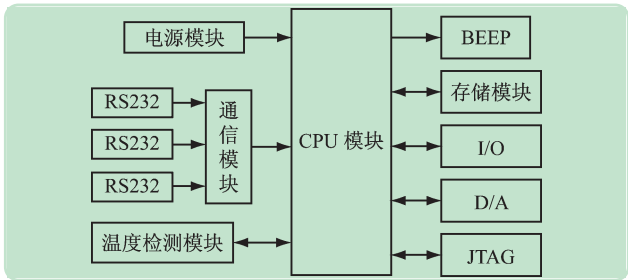


图 2 系统框图

3 部分硬件设计

3.1 防爆说明

由于本 DTU 要在煤矿企业使用,必须考虑防爆性。该系统被安装到金属型 DTU 安装盒内,系统采用 Exibmb[ib]d IIB T4 及防爆(本安关联+浇封+本安

+隔爆组合型)设计,并通过国家防爆电器产品认证。

3.2 电源部分

电源部分设计采用了一片 LM2596 和一片 LM1117-3.3 电源芯片。LM2596 将 24 V 电压转变成 5 V 电压,LM1117-3.3 芯片进一步将 5 V 电压转变成 3.3 V 电压为 CPU 和相关芯片供电。5 V 电压和 3.3 V 电压也可以用于对前端采集器供电。电源部分原理图如图 3 所示。

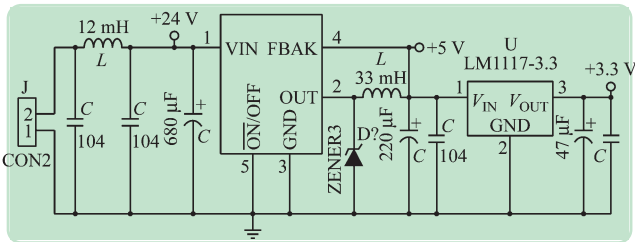
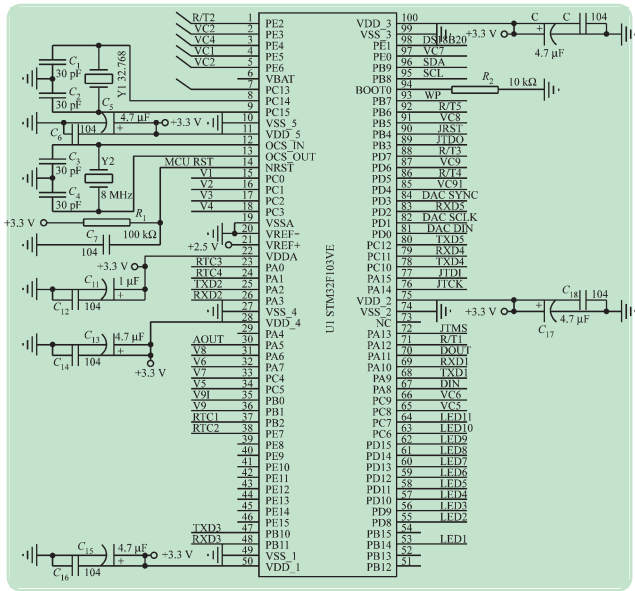


图 3 电源部分原理图

3.3 CPU 和调试接口部分

系统采用 STM32F103VE 为 CPU,该 CPU 采用了 Cortex-M3 内核,具有 512KB 内部 FLASH 和 64KB RAM^[7],能够满足移植实时操作系统的需求。而且,STM32F103VE 包含 5 个串行通信口、7 个定时器/计数器,18 通道 12 位模数转换接口^[8],完全能满足 DTU 的设计需要。系统所有的数字量通信都采用 CPU 的输入输出引脚。CPU 原理图如图 4 所示。



GSM/GPRS 无线通信 Modem。Modem 与 DTU 之间采用 RS232 通信,Modem 与 DTU 的连接如图 5 所示。

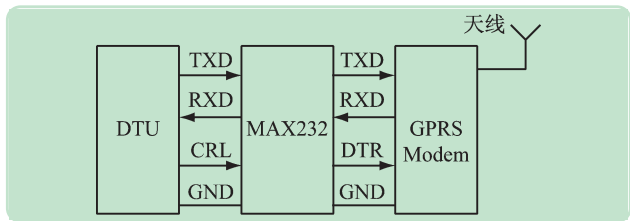


图 5 Modem 与 DTU 的连接图

3.5 通信部分

不同的模块级矿用传感器模块生产厂家,前端采集器的通信口可能不同,一般为 RS232,RS485,RS422 3 种,为了增加 DTU 的兼容性,系统必须实现 RS232,RS485,RS422 通信。RS232 通信采用了一片 SP3232 芯片,如图 6 所示。

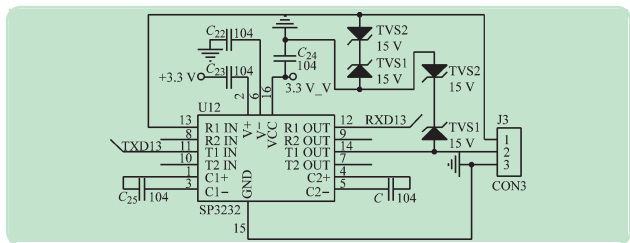


图 6 RS232 接口原理图

RS485 通信采用了 Maxim 公司生产的 MAX485 芯片^[10-11],原理图如图 7 所示。

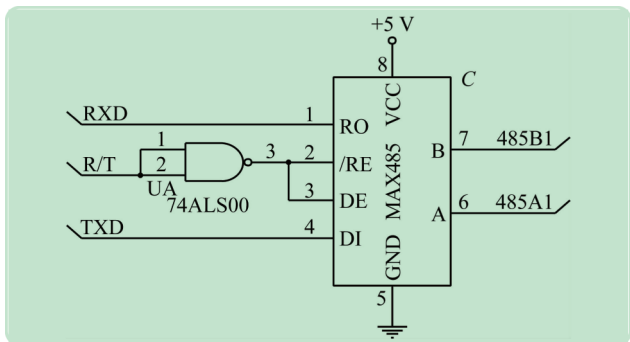


图 7 MAX485 接口原理图

由于 MAX485 芯片是一款半双工通信芯片,通过控制引脚实现双向通信,而本设计的 RS422 接口必须实现全双工通信,故可以采用两片 MAX485 芯片实现 RS422 通信。

3.6 其他设计说明

对于接盘部分,采用了独立式的按钮。温度的检测采用了一片 DS18B20 芯片。声音提示部分采用了直流蜂鸣器。D/A 部分输出电压主要为一些特殊的采集器提供高精度电压,采用了一片 TI 公司生产的串行 D/A 芯片 DAC8411 实现^[12]。存储部分用于存储系

统参数,具备掉电保存功能,采用了一片 AT24C256 实现,该芯片采用 IIC 与 CPU 通信。

4 软件设计

4.1 UCOS-II 的移植

软件的开发使用了 KEIL 软件,该软件可以实现函数的可重入性能够满足移植 UCOS-II 对软件重入性的需求。由于 UCOS-II 的作者在设计该操作系统时就考虑了该系统的可移植性,故移植 UCOS-II 比移植嵌入式 Linux、Wince 等要简单的多。移植过程如下:在 OS_CPU.H 中设置时钟节拍、声明数据类型和相关宏;在 OS_CPU.C 和 OS_CPU.A.S 中编写任务切换、堆栈保存等函数^[13-15]。

4.2 应用软件设计

由于系统移植了实时操作系统 UCOS-II,故软件的设计采用了多任务编程的方式。根据系统的需求,将整个软件功能分解成一个个的小任务,各个任务共同实现系统功能。根据 DTU 的功能,把系统功能分解成 8 个任务:起始任务、主通信任务、从通信任务、DA 任务、存储任务、I/O 任务、声音提示任务、温度探测任务。同时还包括主通信中断、从通信中断、按键中断 3 个中断服务程序。任务中断划分表如表 2 所示。

表 2 任务中断分配表

任务名称	定义	优先级
起始任务	starttask	5
主通信任务	mcomtask	12
从通信任务	scomtask	11
DA 任务	datask	6
存储任务	savetask	7
I/O 任务	iotask	8
声音提示任务	votask	9
温度探测任务	tmptask	10
主通信中断	mcomint	无
从通信中断	scomint	无
按键中断	keyint	无

系统启动后,通过起始任务初始化系统,然后该任务放弃运行权利,系统进入多任务运行状态。按下开始按键,按键中断发送信号量给主通信任务,主通信任务等待主通信中断发送的信号量。当服务器端发送数据采集命令后,触发主通信中断,主通信中断服务程序发送信号量给主通信任务。主通信任务解包服务器发送的命令,根据命令发送信号量给其他任务。当主通信任务接收到参数保存命令,就发送信号量给参数保存任务,参数保存任务就保存当前参数,并发送信号量给声音提示任务,声音提示任务控制蜂鸣器发出“滴”的一声作为提示。当主通信任务接收到 DA 设置命

令,主通信任务发送信号量给 DA 任务,DA 任务控制 DA 输出值。当主通信任务接收到温度采集命令,就发送信号量给温度采集任务,该任务采集 DTU 工作环境温度。当主通信任务接收到 I/O 信号采集命令,就发送信号量给 I/O 任务,该任务采集 DTU 的输入输出相关信息。当主通信任务接收到数据采集任务,就发送信号量给从通信任务,从通信任务从前端采集器采集相关数据并打包存储,然后发送信号量给主通信任务,主通信任务采用 Modbus 协议把数据发送到服务器。各任务以及中断之间的关系如图 8 所示。

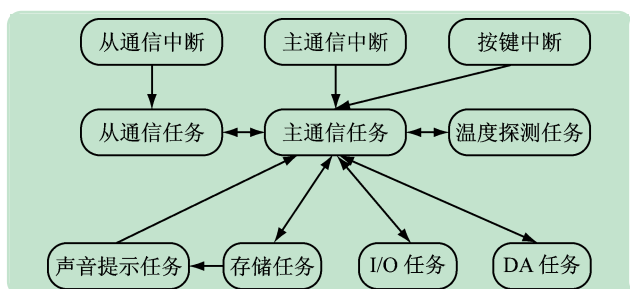


图 8 任务以及中断之间关系图

4.3 信号量的分配

为了协调各任务以及任务和中断间的协调运行,系统创建了 7 个信号量,如表 3 所示。

表 3 信号量说明表

信号量	发送端	接收端
Sem_mcom = OSSemCreate(0)	主通信中断、 DA、IO 等任务	主通信任务
Sem_scom = OSSemCreate(0)	从通信中断	从通信任务
Sem_da = OSSemCreate(0)	主通信任务	DA 任务
Sem_save = OSSemCreate(0)	主通信任务	存储任务
Sem_io = OSSemCreate(0)	主通信任务	I/O 任务
Sem_vo = OSSemCreate(0)	存储任务	声音提示任务
Sem_tmp = OSSemCreate(0)	主通信任务	温度探测任务

4.4 任务说明

(1) 起始任务。该任务执行后完成系统初始化,创建各个信号量和其他 7 个任务,然后通过 OSTaskDel (OS_PRIO_SELF) 把自身删除。

(2) 主通信任务。该任务是整个系统的核心任务,优先级最高。它接收按键中断、从通信中断以及其他任务发送的信号量 Sem_mcom,同时该任务还根据

服务器端不同的命令向其它各任务发送相关信号量。

(3) 从通信任务。该任务负责采集前端采集器的数据。接收主通信中断发送的 Sem_scom 信号量,同时也能发送 Sem_mcom 给主通信任务。

(4) DA 任务。该任务接收到主通信任务发送的信号量 Sem_da 后,根据参数设定 D/A 输出值,然后发送 Sem_mcom 给主通信任务。

(5) 存储任务和声音提示任务。存储任务接收到主通信任务发送的信号量 Sem_save 后保存相关参数,并发送信号量 Sem_vo 给声音提示任务,发出提示音,声音提示任务发送 Sem_mcom 给主通信任务。

(6) 温度探测任务。该任务接收到主通信任务发送的信号量 Sem_tmp 后,完成温度检测任务,然后发送 Sem_mcom 给主通信任务。

(7) I/O 任务。该任务接收到主通信任务发送的信号量 Sem_io 后,记录相关 IO 口的状态,并发送 Sem_mcom 给主通信任务。

5 实验

为了验证设计的有效性,在实验室构建了密闭实验房,DTU 联网后采集温度、湿度、瓦斯浓度模块检测的数据,并发送到服务器,图 9 为某次探测上位机监测画面。实验表明,本文设计的矿用 DTU 系统能准确采集传感器模块探测到的数据信息。通过 60 次数据采集统计发现,该系统通过 Modbus 协议的数据传送丢包率为 0%。



图 9 上位机监测画面

6 结语

本文将 UCOS-II 移植到 STM32F103VE 芯片上,实现了矿用 DTU 系统的开发,服务器和 DTU 之间可以采用 RS485 或 GPRS 通信,DTU 和前端采集器的通信都采用 MODBUS 协议。经过调试和试用,该 DTU 完全能够满足企业要求的性能指标。通过使用嵌入式实时操作系统,使软件的开发和维护变得更为简单。

参考文献 (References):

- [1] 包化伟,肖小庭,龙飞,等. 基于 UCOS II 的恒温槽自动检测仪设计实现[J]. 电子科技,2014,24(10):163-166,174.

(下转第 242 页)

络的终端设备,对语音室云服务器进行访问。无论是学生继续完成课堂上未完成的测验,还是教师提前部署课件都成为可能^[15]。通过云服务器,师生之间还可以进行课后交流。

(3) 语音室管理更高效快捷。利用桌面虚拟化技术,可以将用户使用与系统管理进行有效分离。对于语音室云终端方面,实验员不再需要进行传统分散、实地的PC系统管理。对于语音室云服务器,只要找到一个能上网的设备就可以随时随地使用自己的桌面,对云服务器进行所有的管理工作,实现随时随地的远程在线管理,大大提高了响应时间和工作效率,降低了维护强度^[16]。语音室实验员的维护重心在于云服务器,云服务器自身具备的故障冗余设计使得使用本身具备可靠的运行保障,不需要担心中心节点某部分损坏导致课堂教学瘫痪。

4 结 语

高校外语教学作为国家“走出去”战略的重要组成部分,其重要依托的高科技教学手段——语音室自然是信息化建设的重中之重。云计算语音室是以计算机网络和语音交换技术为基础构建的一种新型网络教学系统。不仅让教师实现广播教学、遥控教学和监督教学等功能,同时达到实时指导、互动沟通的教学效果。其不但大大地丰富了外语教师的教学手段,改变了传统课堂以教师讲授为主学生被动接受的局面,且实现了师生一对一教学、异步教学等教学新模式,大大地提高了学生的学习积极性和主动性以及教学的效果。同时,其具备自身信息架构简便易用性、安全性、可管理性和总体拥有成本低等优点,必将是未来语音室发展的大趋势。

参考文献(References):

- [1] 张 韬. 大学语音室发展方向与大学英语改革[J]. 湖北函授大学学报, 2014, 27(9): 162.
- [2] 赵桂玲. 大学英语自主听力语音室管理的现状与对策[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2008(22): 136-138.
- [3] 陈 敏. 标准化管理在高校语音实验室中的构建与探索[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(1): 243-245.
- [4] 刘 夏. 云桌面应用概述[J]. 计算机系统应用, 2014, 23(7): 15-17.
- [5] 吴 涛, 金义富, 张子石. 云计算时代虚拟学习社区的特征分析[J]. 网络教育与远程教育, 2013(1): 59-60.
- [6] 方 巍, 文学志, 潘吴斌. 云计算概念、技术及应用研究综述[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2012, 4(4): 352-354.
- [7] 刘 夏. 云桌面应用研究概述[J]. 计算机系统应用, 2014, 23(7): 12-16.
- [8] 林瑜华. 云计算环境下高校实验教学模式的创新与实践[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(8): 271-272.
- [9] 李晓铭, 陈宗让, 黄 强. 基于校园网的语音数字化教学模式探讨[J]. 电化教育研究, 2007(4): 73-74.
- [10] 徐婷婷. 对语音室的功能设计和设备配置的建议[J]. 应用研发(多媒体设计), 2014(15): 228-230.
- [11] 吕 晨. 盐湖校区数字语音室的构建与功能设计[J]. 运城学院学报, 2012, 30(2): 93-95.
- [12] 韩 芳, 袁宇宾. 计算机桌面虚拟化技术在教学及管理中的实现路径研究[J]. 重庆理工大学学报, 2014, 28(7): 106-107.
- [13] 林飞跃, 林先津, 王 洋. 云桌面在教学管理中的应用. 实验室研究与探索[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2014, 23(7): 336-337.
- [14] 李 航. 高校外语语音室的建设和管理的问题及对策[J]. 广西师范学院学报(哲学社会科学版), 2004, 25(4): 155-157.
- [15] 沈 萍. 基于校园网拓展语音室教学功能的对策[J]. 连云港职业技术学院学报, 2007, 20(2): 69-70.
- [16] 宋毅君, 张 明. 建设统一虚拟化教学环境平台的探索[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(4): 117-118.

(上接第134页)

- [2] 王 念, 盛 荣, 郝宇浩. 基于嵌入式 ucos 的智能矿井机器人设计[J]. 煤矿机械, 2014, 35(1): 19-21.
- [3] 麦源振, 谷 刚, 王志平. 基于 STM32 和 uCOS-II 的注塑车间 MES 数据采集与监控系统设计[J]. 制造业自动化, 2015, 37(7): 151-154.
- [4] 张 峰, 郭玲玲, 徐 钊. 基于 CC2530/uCOS-II 的井下数据采集器[J]. 仪表技术与传感器, 2014(1): 34-36.
- [5] Labrosse JJ. C/OS The real-time kernel [C]//Kansas: R&D Publication Inc, 1992: 1-80.
- [6] 宋 磊, 彭道刚, 赵斌斌, 等. 基于嵌入式 STM32 的 Modbus RTU 协议实现[J]. 仪表技术, 2014(11): 33-36, 54.
- [7] 徐 伟. 探地雷达显控单元中的 HPI 应用技术研究[J]. 现代电子技术, 2013, 36(5): 10-12.
- [8] 李勇军. 基于 STM32F103VE 单片机的 AT 自耦变压器保护装置设计[J]. 科技创新与应用, 2015(4): 35-36.
- [9] 陈 锐. 基于 JTAG 的 SoC 片上调试系统设计[J]. 电子设计工程, 2015, 23(3): 154-156.
- [10] 江贤志, 刘华章, 张教育, 等. 基于 C8051F020 单片机的 RS485 串行通信设计[J]. 电子测量技术, 2014, 37(3): 121-124.
- [11] 孟仕印, 罗天兰, 孟传良. 回转窑分布式控制系统 RS485 总线通信系统设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2015(5): 112-113.
- [12] 冯 洋. 低功耗数字对讲机设计[J]. 电子设计工程, 2016, 24(8): 182-184.
- [13] 何雅琴, 张 飞, 仲 潘. 基于 uCOS-II 的空气质量检测系统设计[J]. 软件导刊, 2015, 14(2): 119-121.
- [14] 湛 进, 马尚昌. 基于 UCOS-II 和 LwIP 的串口设备联网技术研究[J]. 电子设计工程, 2015(10): 75-78.
- [15] 朱东亮. 基于 LPC1343 的 UCOS-II 移植[J]. 中国新通信, 2013, 15(17): 111-112.