

# ARM 微处理器在中低压线路继电保护中的应用研究

张虹<sup>1</sup>, 姜虎强<sup>2</sup>, 姜平<sup>3</sup>

(1. 烟台工程职业技术学院, 山东 烟台 264006;

2. 烟台汽车工程职业学院, 山东 烟台 265500;

3. 合肥工业大学 机械与汽车学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:** 在充分分析和吸收当前微机继电保护装置的先进技术和经验后, 设计了一种基于 ARM 和嵌入式实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$  的中低压线路继电保护装置。现场调试运行的结果表明, 该系统运行状况良好, 成本低, 完全满足系统要求的各项功能和技术指标。

**关键词:** 继电保护; 嵌入式操作系统; ARM; CAN

中图分类号: TM77

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)21-0028-03

## Research and development of the mid & low-voltage line protection device based on ARM microprocessor

Zhang Hong<sup>1</sup>, Jiang Huqiang<sup>2</sup>, Jiang Ping<sup>3</sup>

(1. Yantai Engineering & Technology College, Yantai 264006, China;

2. Yantai Automobile Engineering Professional College, Yantai 265500, China;

3. College of Mechanical and Automotive, Heifei University of Technology, Heifei 230009, China)

**Abstract:** After analyzing and absorbing the advanced experience and technology of current microprocessor relay protection device, the paper brings forward a kind of microprocessor line protection device based on ARM and embedded RTOS  $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ . The result of site debugging indicates that the system runs very well and has low cost, which satisfies the functions and indexes of the system completely.

**Key words:** relay protection; embedded platform; ARM; CAN

电力运行安全是衡量电力质量的重要指标之一。目前, 我国电力安全保护处于成长阶段, 国内企业生产了一些微机保护装置系统, 但这些设备普遍存在数据存储量小、价格昂贵及显示界面不够好等缺点, 与实际变电站, 特别是中小企业变配电站的系统设备保护要求存在一定的差距。同时, 电力故障的发展是突然的, 现场需要实时地记录故障发生的具体情况, 对故障发展的过程进行监控, 及时诊断和报警, 提醒调度人员进行正确的判断和处理, 防患于未然, 大大减少电力故障、损坏和事故的发生。本文设计了基于嵌入式实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$  的微机保护装置工作状态实时检测系统, 嵌入式系统在移植  $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$  实时操作系统的基础上完成电力设备状态数据采集、初步的故障诊断和良好的图形界面显示功能。同时可以 USB 转存盘, 将嵌入式

系统处理过的初步诊断信息传送到上位机系统, 由计算机专家系统完成对电力运行状态的进一步理论分析和故障诊断判断。

### 1 微机保护装置整体设计

#### 1.1 系统组成

该系统由嵌入式主机和 LCD 显示器等组成。嵌入式主机主要对变电站现场电流、电压及开关量等性能参数进行监测, 并进行性能参数的在线分析和处理, 以实现性能分析和安全监控, 保证电力设备的运行安全。显示器主要完成检测数据和故障诊断信息的实时显示。

#### 1.2 系统工作原理

本研究主要是针对我国电力系统中低压输电网的现状提出的, 特别适用于大中型企业的变配电站。它可以实现对主回路的电流、电压、有功、无功和功率因数等

运行参数的在线监测和显示。实际现场中有多个线路保护装置要连接到监控 PC 上,传感器采集各种信号,通过信号采集调理电路传送到电力嵌入式主机,由主机对各种数据进行进一步分析处理,实时监控各电力设备运行安全,并将需要显示的信息传送到 LCD 显示器,同时能以语音形式进行告警等提示。将采集的数据暂时存储在嵌入式主机的 Flash 中,可直接由 USB 转存盘将数据送往计算机专家系统作详细分析,以判断设备状态,寻找故障部位及原因<sup>[1]</sup>,如图 1 所示。

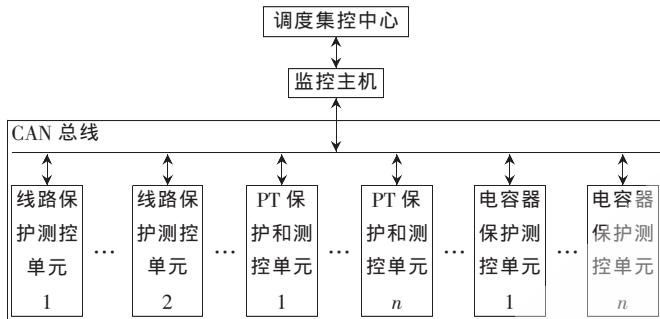


图1 变电站综合自动化系统整体结构图

## 2 微机继电保护装置硬件平台设计

本设计采用先进的工业级芯片,装置的 MCU 采用 32 bit ARM 芯片,采用 14 bit ADC,提高了数据采集的分辨率和测量精度,主要芯片采用表面贴装技术,装置接口采用插卡方式,可以满足不同类型的变电站对通信网络的要求,可以集中组屏,也可以就地安装<sup>[2]</sup>,如图 2 所示。

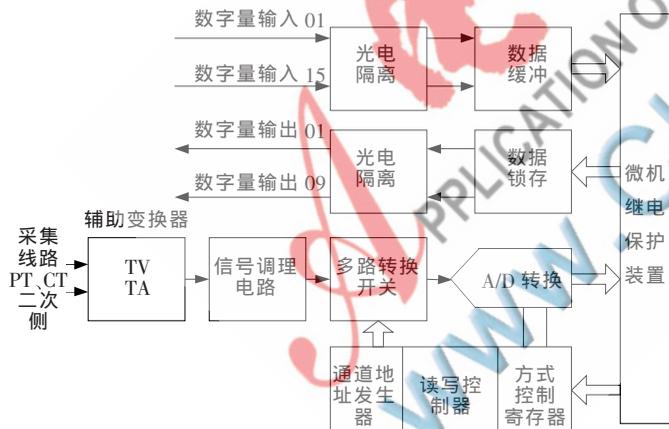


图2 变电站综合自动化系统整体硬件结构图

### 2.1 嵌入式主机硬件设计

嵌入式主机主要完成对数据的采集、显示和通信。它由嵌入式微处理器 S3C44B0X、SDRAM、JTAG、USB 口、语音模块、LCD 模块和数据采集模块等部分组成。系统框图如图 3 所示。

### 2.2 MCP2510 与 ARM 的硬件接口电路

利用 S3C44B0X 和 Microchip 公司的 MCP2510 实现 CAN 总线通信。S3C44B0X 的同步串行口(SIO)可以和各种需要串行数据总线的外部设备进行连接。该 SIO 模块

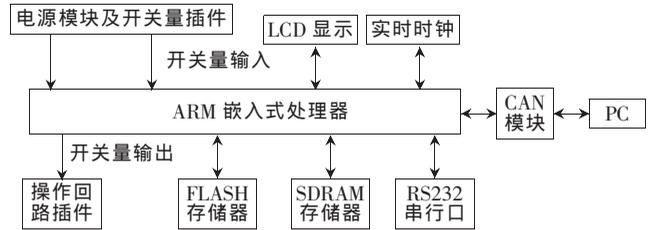


图3 装置硬件结构图

内置 8 bit 的数据缓冲区(SIODAT),可以通过设置相应的内部寄存器来实现以一定的频率发送或接收 8 bit 的串行数据。SIO 模块的发送和接收既可以在上升沿锁存数据位,也可以在下降沿锁存数据位,因此可以通过设置 S3C44B0X 里 SIO 模块对应的寄存器来实现上升沿发送数据、下降沿接收数据,从而和 MCP2510 的 SPI 总线时序相配合。

接口的硬件连接如图 4 所示。MCP2510 作为 S3C44B0X 的一个从设备,可以将 S3C44B0X 的 SIO 接口直接接在 MCP2510 的 SPI 接口上。具体接法是:S3C44B0X 的接收端脚 SIORXD 接 MCP2510 的 SO,S3C44B0X 的发射端脚 SIOTXD 接的是 MCP2510 的 SI 脚;MCP2510 的片选信号 CS 用 S3C44B0X 的标准 I/O 口 GPB5 控制,GPB5 置低时选通 MCP2510,反之则不选通。由于 MCP2510 的复位管脚 RESET 和 S3C44B0X 的复位管脚 nRESET 都是低电平有效,因而可以将它们直接接在一起,系统上电自动复位或者手动按键复位;MCP2510 的中断请求引脚 INT 接在 S3C44B0X 的外部中断 ExtINT2 上,这样 MCP2510 在满足一定的条件下就可以向 CPU 发送中断请求了,从而构成一个完整的 CAN 总线收发模块。

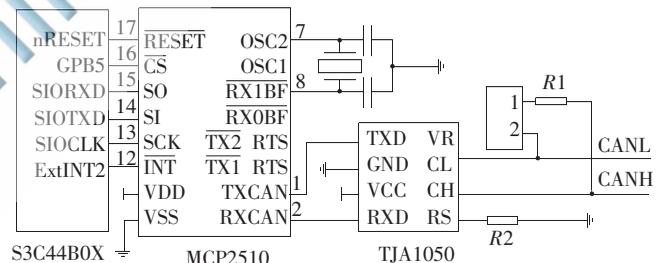


图4 接口硬件连接图

## 3 微机继电保护装置软件设计

### 3.1 图形界面 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 在操作系统上的移植

主机设备采用 LCD 显示,可以现场显示简单的图形界面。 $\mu\text{C}/\text{GUI}$  是一款针对嵌入式系统的优秀图形软件,具有源码公开、可移植、可裁减、稳定性和可靠性高的特点,可完全产生类似于 Windows 的显示效果。

(1)与 GUI 移植有关的宏定义。移植  $\mu\text{C}/\text{GUI}$  到目标板时,需要为应用配置软件。配置需要修改头文件 LCDConf.h。根据实际使用的 16 级灰度 240×320 LCD 驱动器修改 LCDConf.h,定义显示的尺寸和一些可选择的特性。

(2)LCD 控制器驱动程序。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  移植完成以后,要在实时内核上编写接口驱动程序。由于嵌入式产品是针对特殊的用途而设计的,有很强的专一性,驱动程序编写内容更精简,更具有稳定性,编写出的驱动模块更小。这些驱动程序一般不具有可移植性,可以梳理出功能级抽象层所必需的基本操作,建立功能级的实现框架,针对不同的硬件,使用同一种实现框架可以保证功能级抽象的质量,并且可以提高移植的效率。

### 3.2 主机任务的创建与划分

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$  支持多任务运行,基于该操作系统的应用程序设计都是以任务形式设计的。本装置的应用程序划分为 1 个任务调度模块、3 个中断和 8 个任务。多任务调度模块是整个嵌入式实时操作系统的核心,运行在  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  平台上的所有中断和任务都在任务调度模块的控制下有序的执行。

主函数主要包括嵌入式实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  的初始化、创建其他任务、初始化信号量及启动多任务调度。系统的初始化是通过调用 OSInit 实现,在主函数中创建了保护逻辑判断任务,在保护逻辑判断任务中再创建其他剩余的任务<sup>[3]</sup>。变量的初始化主要是完成一些任务间通信的信号量和消息队列的初始化,然后调用 OSStart() 启动多任务调度,最后由动作判断模块判断是动作跳闸或是报警,保护侧主程序模块流程图如图 5 所示。

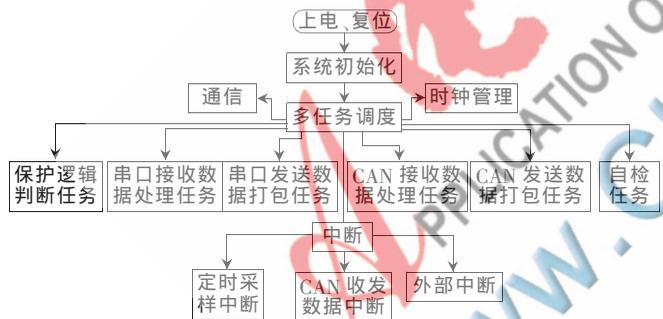


图 5 软件结构框图

### 3.3 保护装置精度试验<sup>[4]</sup>

为了验证测试装置的性能是否达到变电站设计指标,在整机测试过程中进行了电流、电压精度实验。交流电压、电流精度实验结果如表 1、表 2 所示。

表 1 交流电压输出精度

定值/V	1	5	20	50	75
A 实测电压/V	1.011	5.029	20.115	49.935	75.196
误差/%	-1.1	-0.58	-0.57	0.13	-0.26
B 实测电压/V	1.009	4.968	20.099	50.105	75.151
误差/%	-0.9	0.64	-0.49	-0.21	-0.20
C 实测电压/V	0.992	5.031	19.956	49.875	74.832
误差/%	0.8	-0.62	0.22	0.25	0.22

表 2 交流电流输出精度

定值/A	0.5	1.0	5.0	15.0	30.0
A 实测电流/A	0.495	0.991	4.976	14.92	29.87
误差/%	1.0	0.9	0.48	0.53	0.43
B 实测电流/A	0.496	0.993	5.020	15.07	29.89
误差/%	0.8	0.7	-0.4	-0.46	0.37
C 实测电流/A	0.506	1.008	5.025	15.06	30.14
误差/%	-1.2	-0.8	-0.5	-0.4	-0.47

从表 1 和表 2 可以看出,该微机保护装置在输出小信号的情况下(交流电压输出在 1 V 以下、电流输出在 1 A 以下),其误差相对大一些、误差范围在 1% 左右;当电压输出在 1 V 以上、电流输出在 1 A 以上时,输出精度较高。

图 6 为现场调试采集的电压曲线图,证实电压合格率完全符合要求。

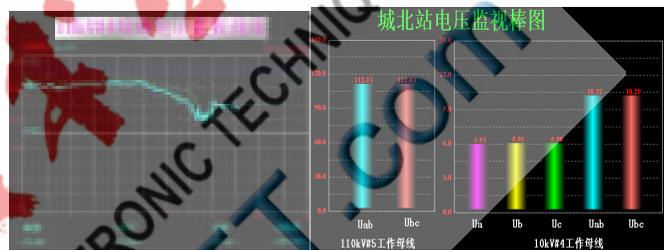


图 6 电压曲线图和棒形图

本文的创新点在于开发了一种基于嵌入式系统的电力状态实时检测系统,该系统实现了电力设备信号量的采集和信号的存储,具有良好的彩色图形界面显示能力和强大的故障诊断能力,能够在设备出现故障的时候提醒工作人员并提供解决故障的方法,特别适合中小企业变电站。本设计方法主要讨论的是有线传输数据的方式,可充分利用 ARM 的强大功能,发掘无线传输的优势。

#### 参考文献

- [1] 南瑞集团信息中心.科研成果汇编(1979-1999 年度)[Z]. 国家电力公司电力自动化研究院,1999.
- [2] 邓洁清,郑建勇.嵌入式实时操作系统在中低压综合测控保护装置的应用研究[J].电力自动化设备,2004(6): 85-87.
- [3] 窦晓波,徐科,胡敏强.基于 ARM 处理器的低压微机保护装置[J].电力系统自动化,2005(20):93-96.
- [4] 丰明宝.新型微机保护装置硬件和软件研究[D].青岛: 山东科技大学,2006.

(收稿日期:2012-05-14)

#### 作者简介:

张虹,女,1978 年生,硕士,讲师,主要研究方向:数控英语。

姜虎强,男,1976 年生,硕士,讲师,主要研究方向:电气控制。