

一种高性价比的继电保护平台

焦坡, 常玉峰, 常琦

(许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 针对 10 kV 电力系统对微机保护硬件和软件的需求, 充分利用 SOC 系统高可靠性的优点, 以 16 位高性能嵌入式微机处理器为核心、辅于必要的外围器件, 构成了一种高性价比的继电保护平台。其软件系统采用模块化编程技术, 实现了面向工程进行定制, 并充分利用单片机丰富的 Flash ROM, 使本系统具有一机多用的特点, 解决了用户使用不方便及配品繁杂的问题。在此平台基础上, 开发了系列保护产品, 实践证明此平台性能可靠, 具有较强的实用性。

关键词: 10 kV; SOC; 高性价比; 继电保护平台; 一机多用

A cost-effective platform of relay protection

JIAO Po, CHANG Yu-feng, CHANG Qi

(XJ Electric Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: According to the demand of 10 kV power system for hardware and software of microprocessor-based protection, and making full use of the high reliability advantage of SOC system, this paper takes 16-bit high-performance embedded computer processor as the core and adopts essential auxiliary equipment to form a cost-effective platform for the relay protection. Using modular programming techniques, the software system of the platform realizes project-oriented customization, and taking full advantage of rich Flash ROM of MCU, it makes the system have a multi-purpose machine characteristic, which can solve problems of inconvenience and complicated matches for user. Based on this platform, a series of protection products are developed, which prove that the platform performs reliably and has strong practicability.

Key words: 10 kV; SOC; cost-effective; relay protection platform; a multi-purpose machine

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)17-0135-03

0 引言

目前, 微机保护不但在快速、灵敏等方面达到和超过了传统的保护装置, 而且其智能化的特点日益突出, 这不仅更好地满足了电力系统用户安全、可靠方面的需求, 而且为保护的测试和现场维护带来了更大的方便^[1-2]。对于 10 kV 及以下电压等级的电力用户, 如何解决产品价格高的现状成为亟需解决的问题。

在总结原有的产品基础上, 研制了一种基于 SOC 技术、适用于低压保护系统的高性价比继电保护平台。SOC (System on chip) 称为片上系统, 即整个系统建立在单个芯片上, 可靠性高、功耗低。该平台利用一款高性能嵌入式微机处理器, 辅助于一些必要的外设电路。本文将阐述此平台的硬件、软件设计思想和结构, 并提出在软件设计上进行优化, 充分利用单片机丰富的 Flash ROM, 使本系统

具有一机多用的特点, 解决了用户使用不方便及配品繁杂的问题。

1 平台硬件系统

1.1 硬件基本要求

对 10 kV 以下电力系统基于单片机的微机继电保护的基本要求做简单分析。

1.1.1 CPU 性能

目前我们设计的装置是进行实时控制操作的保护装置, 对速度、存储空间、计算量均有较高的要求, 同时也要顾及软件、硬件中断能力, 考虑市场供货情况。

1.1.2 存储系统要求

程序空间要求, 根据低压保护的要求配置, 其程序量一般在 10 000 行以内, 同时有近 200 个汉字字库, 所占整个空间约为 35 K 字节。

数据空间要求, 一般包括: 堆栈空间, 通信缓

缓冲区, 临时及全局变量, 采样缓冲区等, 所占空间约为 8 K 字节。

EEROM 容量要求, 考虑 10 套定值及保存 10 个报告, 每套定值按 100 字节计算, 约需 1 000 字节; 每个报告按 100 字节计算, 约需 1 000 字节。考虑采用双备份及 CRC 校验码结合原则, EEROM 容量约为 3 K 字节。

1.1.3 AD 要求

根据微机继电保护装置的使用, 一般不用考虑电压量及测量量的采样计算精度, 如果过流保护的精度满足, 其余均没有问题。考虑保护功能的要求, 需保证采样范围为 (0.1~20) I_n 时, 即电流变化范围为 200 倍, 能满足精度要求。

设 A/D 芯片为 N 位, 采样信号的最大值为 I_{max} (有效值), 最小值为 I_{min} (有效值), 并要求舍入误差小于 $E\%$, 显然, I_{max} 各位应都用“1”表示, 而最低位应是 $E I_{min} / 100$ 。考虑到在继电保护中反应的都是双极性信号, 最高位为符号位, 只有 $N-1$ 位来表示数值, 于是有^[3]:

$$\frac{I_{max}}{2^{N-1}} = \frac{E I_{min}}{100}$$

则允许的采样信号的最大值与最小值之比为

$$K = \frac{\sqrt{2} I_{max}}{\sqrt{2} I_{min}} = \frac{2^{N-1} E}{100}$$

假设误差要求为 5%, 则对 12 位 AD 而言: $K=102.4 < 200$; 则对 14 位 AD 而言: $K=409.6 > 200$; 所以采用 14 位及以上的 AD 能较好地实现电流变化 200 倍的要求。

对 14 位 AD, 设额定电流为 5 A, 最大故障电流为 $20 I_n$ (100 A), 则最小采样精度为:

$$1LSB = \frac{\sqrt{2} I_{max}}{2^{N-1}} = \frac{\sqrt{2} \times 20 \times 5}{2^{14-1}} = 0.0172$$

当输入信号为最小值 $0.1 I_n$ (0.5 A) 时, 其相对误差为

$$\Delta = \frac{1LSB}{\sqrt{2} I_{min}} \times 100\% = \frac{0.0172}{\sqrt{2} \times 0.1 \times 5} \times 100\% = 2.4\%$$

所以采用 14 位 AD 完全能满足 (0.1~20) I_n 采样范围中误差为 5% 的要求。

1.2 硬件平台设计

本硬件系统采用一款基于 SOC 技术开发而成的 16 位高性能嵌入式微机处理器, 其主要特点如下: 它是一种带 256 k Flash ROM 和 16 k RAM 的 Flash 型单片机; 丰富的口线资源, 具有 80 个 I/O 口; 处理速度快, 最小的指令执行时间为 42 ns; 最大存储寻址空间为 16 M, 内部 24 位寻址方式; EMI

和功耗性能优越; 24 路 10 位 A/D、2 路 D/A; 4 个 16 位重装定时器、16 路 8/16 位 PPG 定时器、2 个 16 位自由运行定时器; 16 路外部中断、8 路输出比较单元, 8 路输入捕获单元; 2 个标准 I²C 口、2 个 CAN 接口、4 个 UART 提供更多连接、通信方面的功能。同时它的开发工具简单通过一个电平转换电路就可以实现仿真以及程序的升级和修改。各种指令丰富, 支持交叉编译, 无需硬件仿真器, 具有界面友好、功能强大的仿真软件和 C 编译器。

考虑到继电保护装置对电量检测的重要性和其对电量采样精度、速度的较高要求, 本系统采样模块中选用了外置的 8 通道 14 位模数转换器, 根据采集电量个数的需要, 选择 1 或者 2 片 AD。此款 AD 为单 5 V 供电, 输入范围为 ± 10 V, 性价比很高。

时钟系统, 在外围扩了一 DS1302 时钟芯片; 利用 CPU 的标准 I²C 接口外扩一片 16 K 的串行 EEPROM 24LC128, 用于定值及报告存贮。

此硬件系统总体方案是 CPU+AD+EEPROM, 充分利用了 SOC 技术特点, 使数据不出总线, 大大提高了系统的可靠性。

2 软件平台

2.1 一机多用的配置思路

平台软件设计时, 在原有产品的基础上, 为解决用户使用不方便及配件繁杂的问题, 充分利用单片机丰富的 Flash ROM 资源, 提出了一机多用的配置思路。我们认真研究了 10 kV 系统中线路、厂用变、电动机、电容器的保护功能要求, 将 4 套保护程序写进单片机里, 在操作时, 通过“保护对象”选择, 使四种保护功能在一种产品上实现。当选中某个保护对象时, 装置相应的调出本保护程序, 所有的人机操作界面、通信界面等均切换到了此保护对象的内容。在保护功能模块化的基础上, 可以实现面向工程进行定制。一机多用配置操作示意图见图 1。

2.2 软件平台设计

软件整体采用模块化设计, 采用标准 C 语言编程, 充分利用 C 语言的结构化特点, 将整个软件分成模拟量采集处理、保护功能判断、动作出口处理、通信、人机操作等几个大模块, 再将每个大模块分成若干个功能子模块。

以模拟量采集处理模块为例, 其流程图见图 2。

子模块以保护功能判断模块下的过负荷保护子模块为例, 其流程图见图 3。

模块化设计增强了软件的可读性、可移植性, 使软件的可靠性得到了保证。

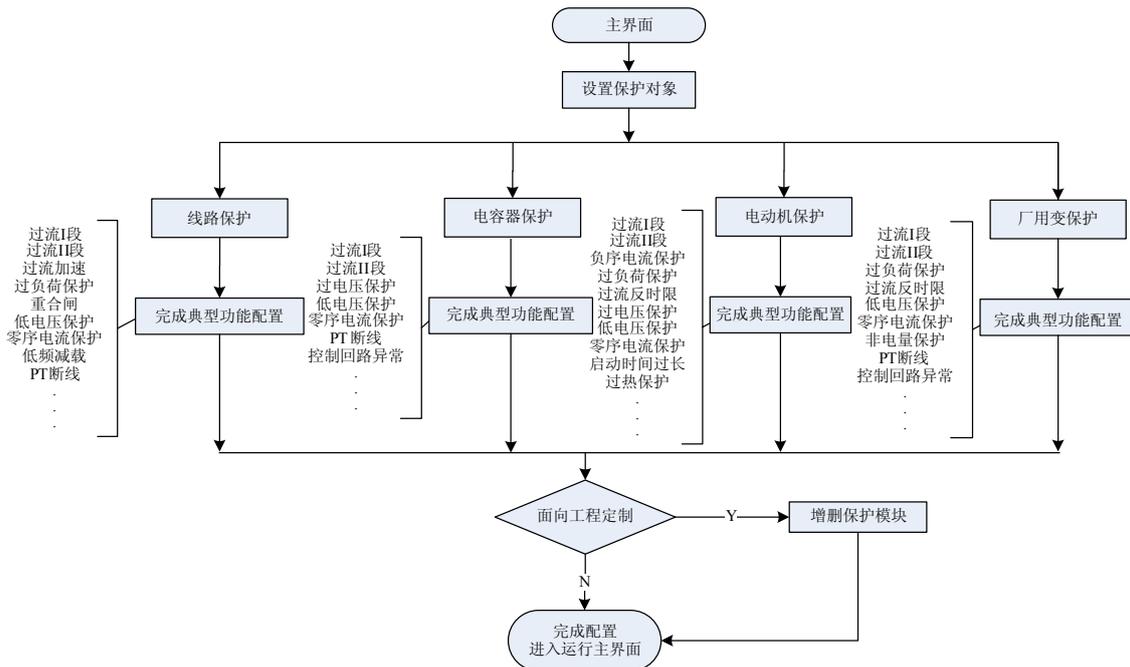


图 1 一机多用配置操作示意图

Fig.1 Configuration of multi-purpose interface



图 2 模拟量采集处理模块流程图

Fig.2 Flow chart of analog acquisition and processing module

整个软件系统组织结构由中断处理和主程序循环运行构成。通过不同的中断资源，处理各种保护判断及动作出口和信息，软件时钟，模拟量的采集，收发通信数据；而人机操作模块、软硬件自动检测则通过主程序循环运行处理。这种组织结构使整个系统实现了可靠、快速、实时的特点。

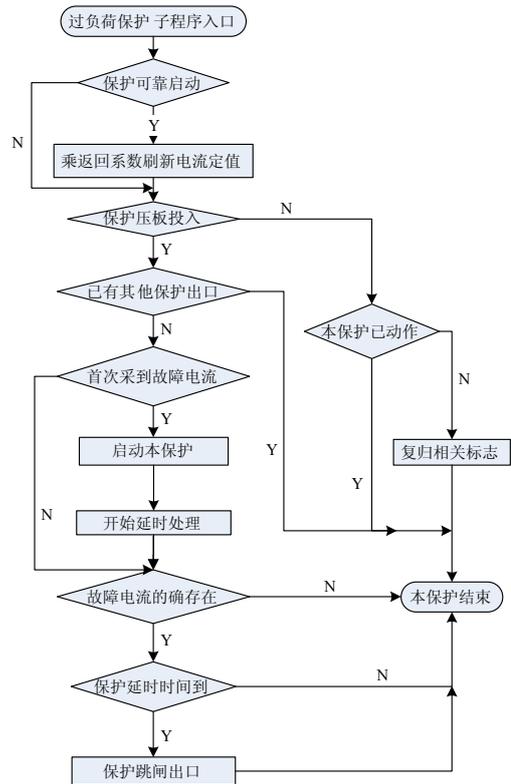


图 3 过负荷保护模块流程图

Fig.3 Flow chart of overload protection module

(下转第 173 页 continued on page 173)

- 统的研制[J]. 中国电力, 1999, 32 (9): 48-50.
WANG Chun-sheng, PENG Jian-chun, BU Yong-hong. Development of analytical and managing system for line losses in distribution grid[J]. Electric Power, 1999, 32 (9): 48-50.
- [4] 周纪芸. 回归分析[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1991.
- [5] 吕涛, 石永强, 黄诚. 非线性回归法求解爆破振动速度衰减公式参数[J]. 岩土力学, 2007, 28 (9): 1871-1878.
Lü Tao, SHI Yong-qiang, HUANG Cheng. Study on attenuation parameters of blasting vibration by nonlinear regression analysis[J]. Rock and Soil Mechanics, 2007, 28 (9): 1871-1878.
- [6] 李春燕, 俞集辉, 谢开贵. 基于多元非线性回归的阻塞管理优化模型[J]. 电工技术学报, 2008, 23 (2): 96-102.
LI Chun-yan, YU Ji-hui, XIE Kai-gui. Optimal model of congestion management based on non-linear regression[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2008, 23 (2): 96-102.
- [7] 李笑, 苏小江. 盾构滚刀磨损的多元非线性回归预测[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2009, 28 (2): 281-283.
LI Xiao, SU Xiao-jiang. Forecast of wear shield's disc cutters based on multivariate nonlinear regression[J]. Journal of Liaoning Technical University, 2009, 28 (2): 281-283.
- [8] 陈金山, 韦岗. 一种新的非线性回归模型参数估计算法[J]. 控制理论与应用, 2001, 18 (5): 808-810.
CHEN Jin-shan, WEI Gang. A new algorithm for estimation of parameter of nonlinear regression modeling[J]. Control Theory & Applications, 2001, 18 (5): 808-810.
- [9] 郑国庆, 张国权. 基于模拟退火算法的半参数线性回归模型的参数估计[J]. 华南农业大学学报, 2006 (4): 115-117.
ZHENG Guo-qing, ZHANG Guo-quan. Parameter estimations of semi-parametric linear regression models using simulated annealing algorithm[J]. Journal of South China Agricultural University, 2006 (4): 115-117.

收稿日期: 2009-09-17; 修回日期: 2009-11-12

作者简介:

周卓敏 (1972-), 女, 高级工程师, 主要从事电网规划;

李湘华 (1978-), 男, 工程师, 主要从事电网运行管理工作;

何禹清 (1982-), 男, 博士研究生, 研究方向为电力系统优化运行与控制。

(上接第 137 页 continued from page 137)

3 结语

本文提出了一种适用于 10 kV 系统的继电保护平台, 在此平台基础上, 开发了系列保护产品, 产品顺利通过国家继电保护及自动化设备质量监督检验中心电磁兼容 (EMC) 测试。并在全国范围内投入使用, 实践检验证明, 此平台完全满足 10 kV 系统的要求, 使用方便、可靠性高, 解决了备货繁杂问题, 得到了用户的认可。

参考文献

- [1] 易永辉, 赵志华, 薛玉龙, 等. 一种新型的继电保护软硬件平台[J]. 电力系统保护与控制, 2002, 30 (6): 26-28.
YI Yong-hui, ZHAO Zhi-hua, XUE Yu-long, et al. A new software and hardware frame of relay protection[J]. Power System Protection and Control, 2002, 30 (6): 26-28.
- [2] 杜肖功, 毛鹏, 李小滨, 等. 新型数字式高压保护装置硬件平台设计[J]. 电力系统保护与控制, 2004, 32 (9): 45-47.
DU Xiao-gong, MAO Peng, LI Xiao-bin, et al. Design of new digital HV protection hardware platform[J]. Power System Protection and Control, 2004, 32 (9): 45-47.
- [3] 李艳丽, 李晓明, 周春生. 一种提高 DSP 芯片内置 A/D 转换器精度的方法[J]. 电力系统保护与控制, 2005, 33 (2): 58-61.
LI Yan-li, LI Xiao-ming, ZHOU Chun-sheng. A method of enhancing the precision of built-in A/D converter[J]. Power System Protection and Control, 2005, 33 (2): 58-61.

收稿日期: 2009-09-16; 修回日期: 2009-11-05

作者简介:

焦坡 (1969-), 男, 专科, 工程师, 主要从事继电保护产品及自动装置的研发工作; E-mail: poj@xjgc.com

常玉峰 (1983-), 男, 本科, 助工, 主要从事继电保护产品及自动装置的研发工作;

常琦 (1975-), 男, 本科, 助工, 主要从事继电保护产品及自动装置的研发工作。