

基于 MCF51EM256 低压保护测控装置的研发

姜龙¹ / 马新慧² / 孙吉顿¹

1. 上海安科瑞电气股份有限公司, 上海 201801; 2. 中机十院国际工程有限公司, 北京 100083

Research and Design of Low Voltage Protection Measuring and Control Device
Based on MCF51EM256

Jiang Long / Ma Xinhui / Sun Jidun

摘要: 在分析低压配电监控需求的基础上, 提出了基于 MCF51EM256 单芯片 SOC 的解决方案, 该方案利用其片内高精度 16 位 ADC 和高速 32 位 COLDFIRE-V1 核较好的实现了保护、测量、控制、管理和通讯功能, 从而经济高效地满足了低压测控装置的完整需求, 具有较高的参考价值。

关键词: 低压测控 微机 保护 MCF51EM256 MQX 操作系统

Abstract On the basis of analyzing the demand of low voltage distribution monitoring, this paper put forward a solution based on single chip SOC MCF51EM256, it uses the 16-bit high precision ADC and 32-bit high speed COLDFIRE-V1 core of the SOC to realize protection, measurement, control and communication, thus the whole needs of the low voltage measuring and control device are met economically and efficiently, it has very high reference value.

Keywords low voltage measuring and control, microcomputer, protection, MCF51EM256, MQX operation system

0 引言

在交流 50Hz, 380V (660V) 低压系统中, 配出回路繁多, 配电柜空间狭小, 低压终端上的电机或者其他馈线设备都需要智能化综合测控装置, 配合接触器、断路器等, 实现智能化、网络化、一体化功能, 提高设备智能化管理水平, 方便用户的使用。本文研发的低压测控装置就能完整的实现上述的控制、测量、保护、通讯和管理一体化的功能。

1 低压测控装置功能概述

低压测控装置能直接交流采样三相交流电流、三相交流电压、温度热电阻、漏电流信号, 通过高速 MCU 处理器计算负载电流、接地电流、电压、不平衡度、功率、电能等参数, 结合内置保护算法处理, 根据需要来实现保护的投入、退出、报警或者跳闸, 实现可选择性的保护功能; 通过开关量的输入输出功能, 配合接触器、断路器可完成相关的控制逻辑实现一定的工艺连锁或控制保护功能; 如应用在 MCC 回路中, 可完成马达的直接启动, 可逆启动, Y- Δ 的启动控制; 具有强大的网络通讯功能, 采用标准的 RS485, MODBUS_RTU 协议 (可扩展 PROFIBUS-DP, 工业以太网, CAN 网络的 DEVICENET) 协议可轻松地实现组网功能, 方便用户的维护和管理^[1]。一个典型的低压测控装置结构示意图如图 1, 它从主回路中采集电压、电流、温度等信号, 经内部的 MCU 高速处理, 结合开关量输入

信号 DI 进行开关量输出控制处理，带有人机交互显示功能，丰富的网络通讯接口可方便用户的管理。

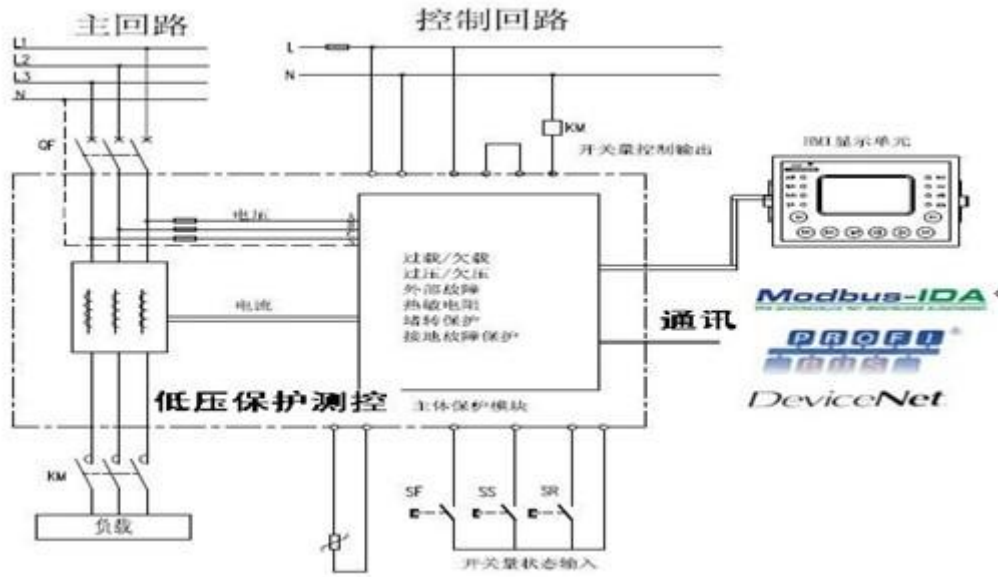


图 1 低压测控装置结构示意图

2 系统硬件设计

2.1 MCU 选型

MCU 是低压测控装置的核心，它实现了数据采集、数据处理、输出控制、网络通讯和人机交互功能。这里采用 Freescale 公司最近推出的 MCF51EM256 的处理器，它采用高速 32 位 ColdFire V1 内核（具有硬件乘法累加 MAC 单元），片内集成带可编程延迟模块 PDB 和 4 个 16 位 SAR 型 ADC，PDB 可以直接控制触发 ADC 的采样，完成了高精度的电压、电流、漏电流、温度的交流采样和测量，结合高速的 32 位 COLDFIRE 核，可实现各种测控保护运算算法。硬件独立的 RTC 和两个安全的 FLASH 内存可完成事件记录管理功能，同时通过远程固件更新，减少装置的维护成本。多达 3 个 SPI、3 个 SCI 和 1 个 I2C 接口，可实现多种网络通讯功能，内部集成了 2 个 TPM 多功能定时器模块和 1 个 16 位、2 个 8 位定时模块以及丰富的 GPIO 口，可方便的完成定时中断和各种开关数字量的输入采集和输出控制。借助 CODEWARRIOR-IDE 开发平台和免费的 MQX 操作系统，可高效的进行软件开发[3]。

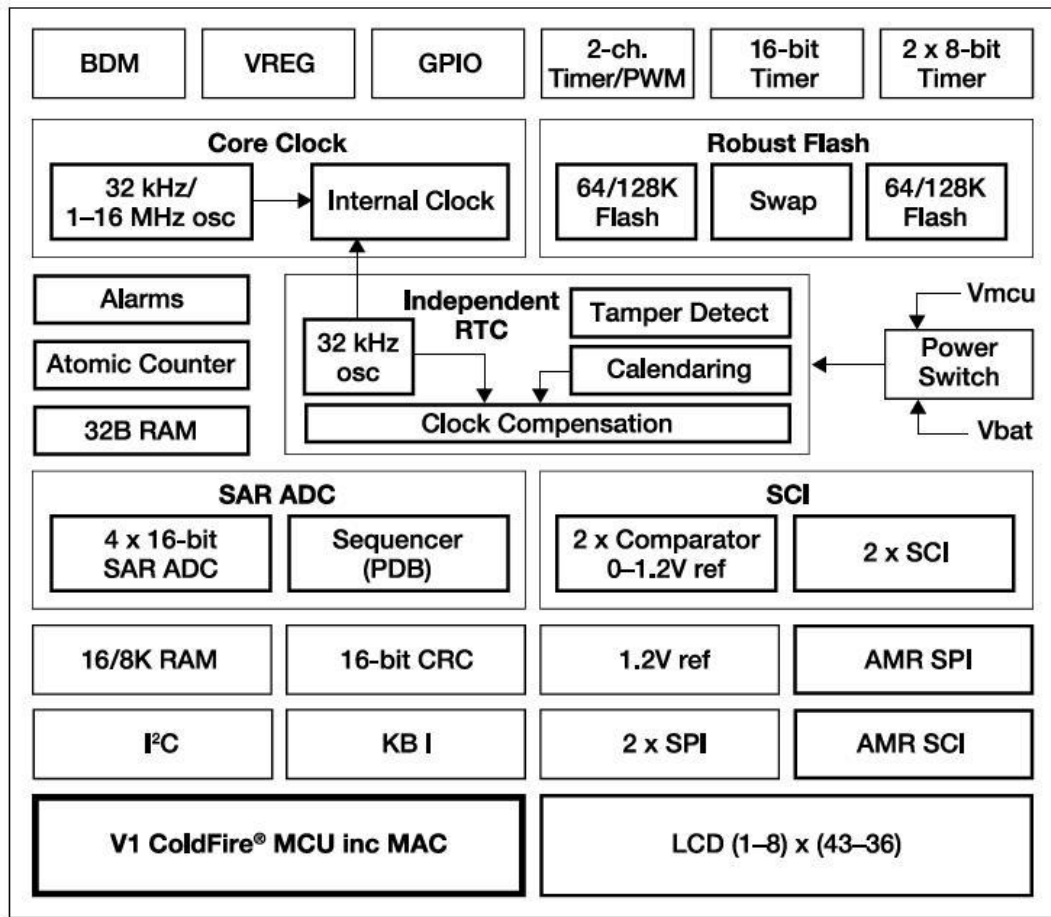


图 2 MCF51EM256 功能框图

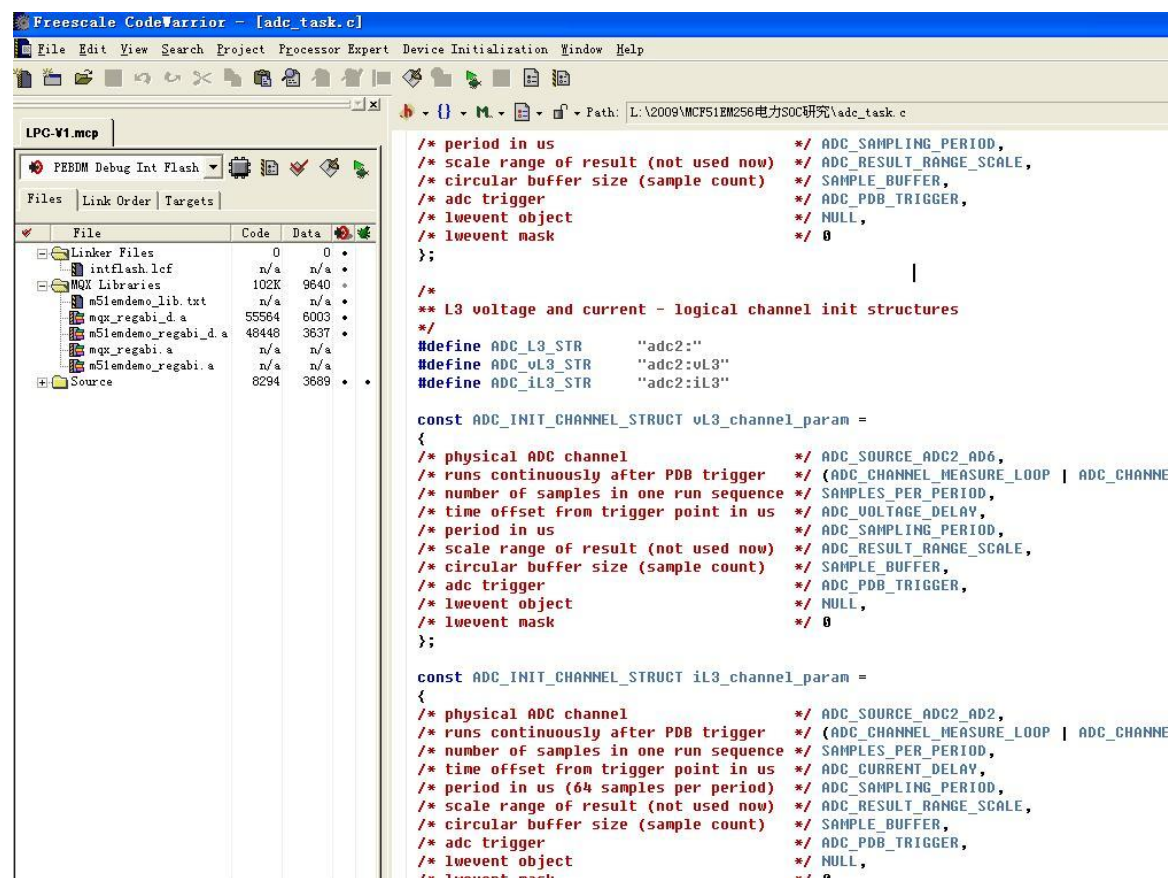


图 3 内置 MQX 操作系统的 CODEWARRIOR 开发环境

2.2 信号处理

低压保护测控装置主要采集的有三相交流电流，三相交流电压、漏电流和温度的 8 路模拟信号。通过电阻分压、电流传感器等方式进行信号取样，经 MCU 内部的基准抬高后进运放放大、滤波后直接连接 MCU 内部的 4 个 8 通道的 16 位 ADC 引脚，借助 MCU 内部 PDB 模块来启动 ADC 的交流采样转换并提供 MCU 采集 ADC 转换结果的中断服务，这种不用 MCU 程序控制的数据采集方式提高了 MCU 的运行效率。用于监测断路器的开关信号的 9 路开关量干接点开关输入信号经过光耦隔离后接入 MCU 的 GPIO 引脚，MCU 通过中断定时查询的方式获取现场开关信息。MCU 通过高速信号采集和智能化分析和逻辑处理后通过片内的 GPIO 输出 5 路继电器来进行保护和输出操作，信号处理电路见图 4。

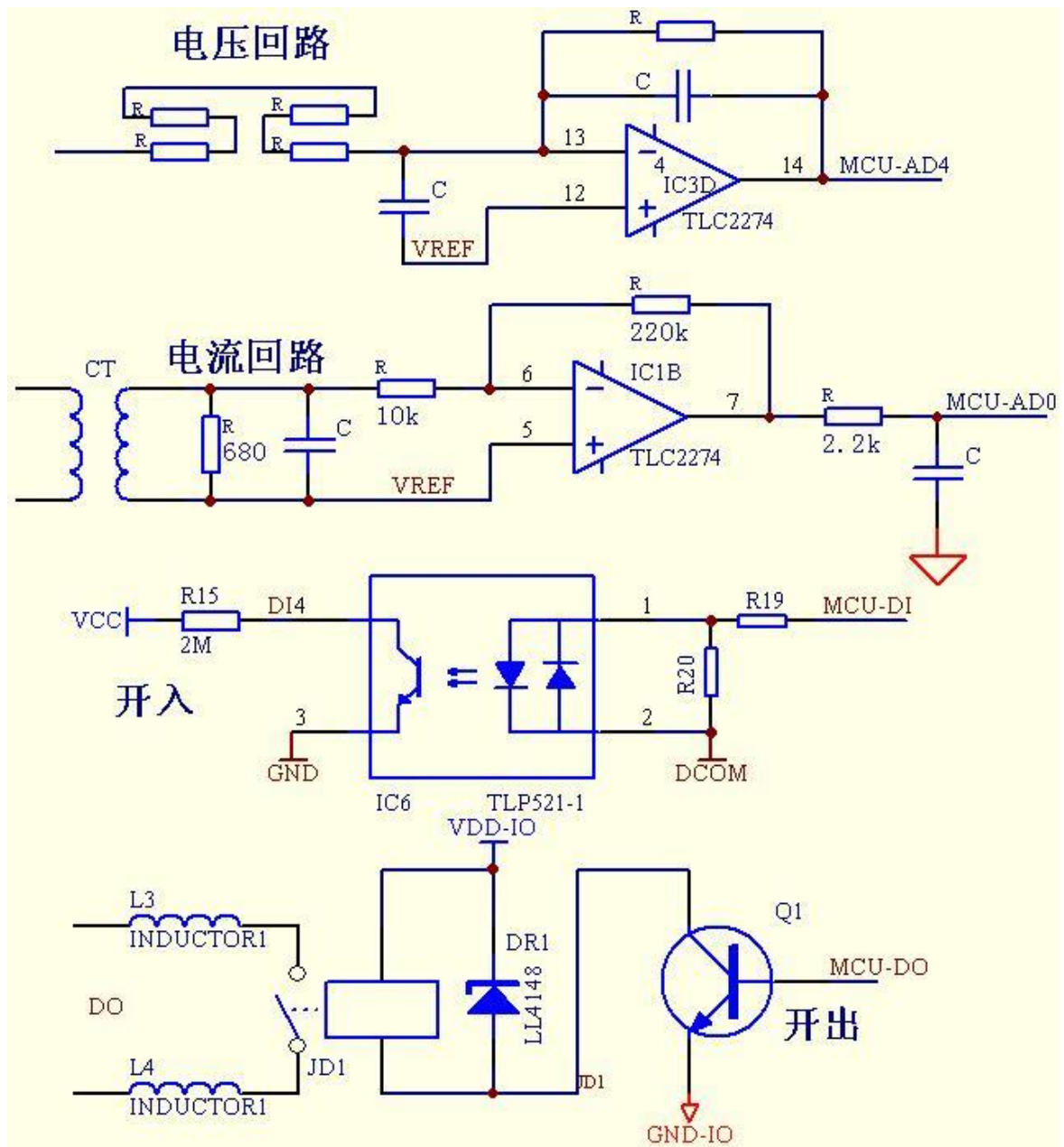


图 4 信号处理电路

2.3 通讯电路

低压保护测控装置采用总线型的分布式网络通讯结构，目前主流的是 RS485-ModBus 总线、RS485-ProfiBus 总线、CAN-DeviceNet 总线，其中最常用的是 RS485 的 ModBus 总线。通过 MCF51EM256 片内的 SCI 单元，采用高速光耦 6N137 隔离和 TI 的抗 ESD 的 SN75LBC184 的 485 芯片硬件设计，软件编写 MODBUS-RTU 协议模块，支持 01、02、03、04、06、10 等命令操作。同时利用片内另外 2 个 SCI 部分，可外扩展标准的 ProfiBus-DP、CAN-DeviceNet、Ethernet 模块可完成其他总线网络的通讯。RS485-ModBus 通讯电路见图 5。

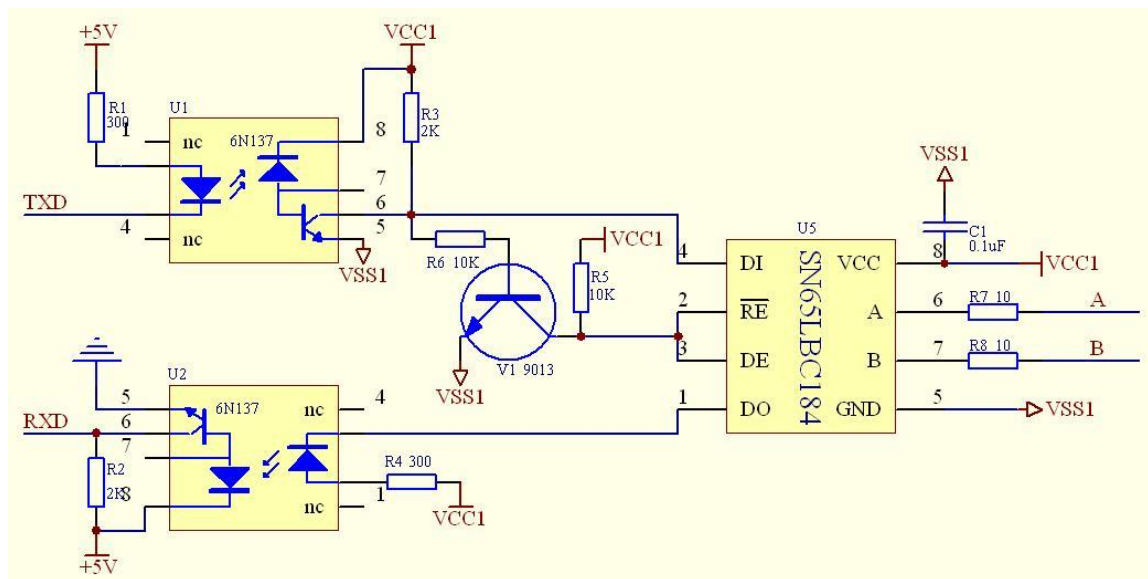
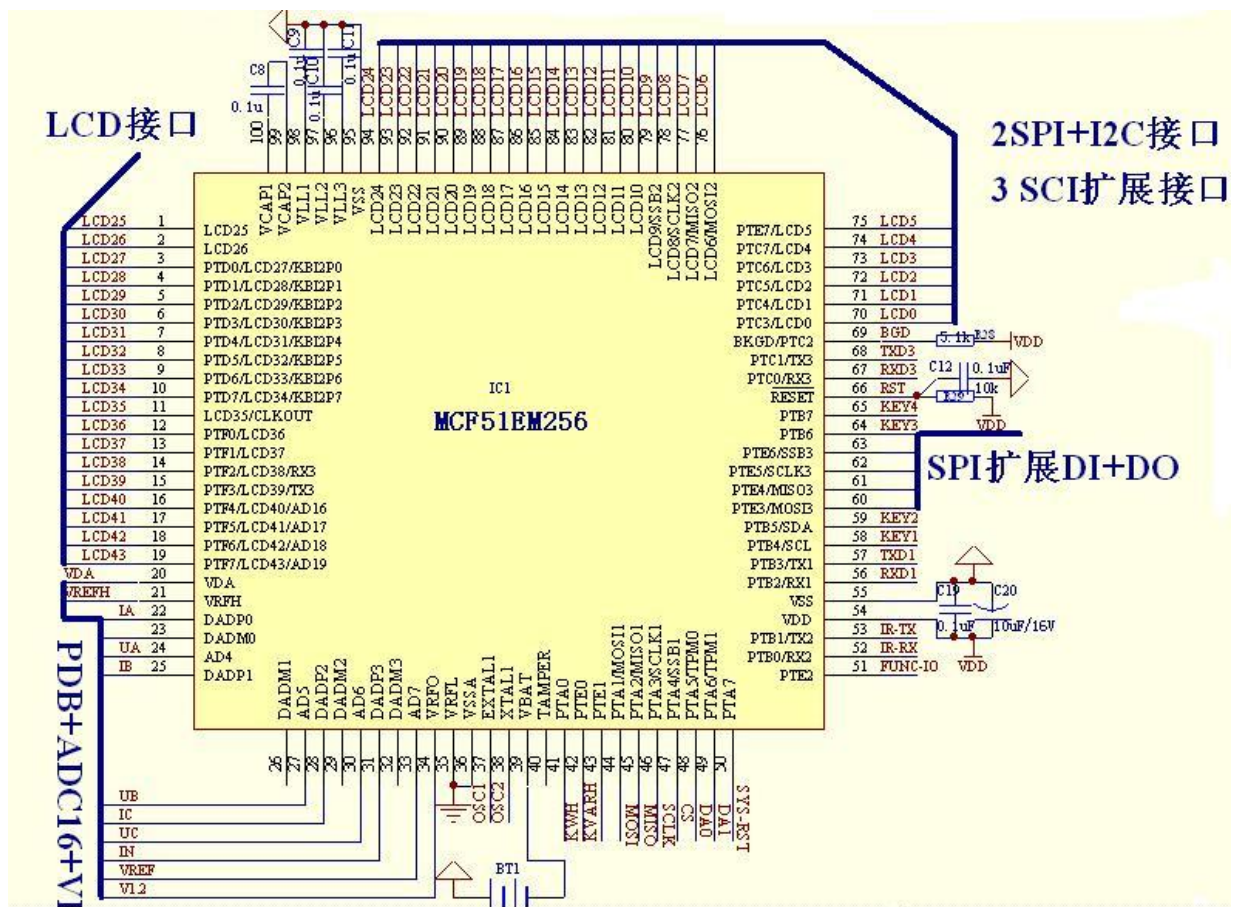


图 5 RS485 通讯电路

2.4 MCU 外围及人机交互

通过 MCU 片内 LCD 模块可支持 8×36 点的段码 LCD 显示,可方便用户简单交互调试;通过 I2C/SCI 接口同外接显示模块连接,完成人机交互操作。MCF51EM256 的外围电路图见图 6。



3 软件设计

利用 FREESCALE 的 CODEWARRIOR 开发环境及免费开源的 MQX (Message Queue eXecutive:消息队列执行) 操作系统, 结合低压保护测控装保护算法, 合理的进行任务划分和任务模块编写, 按保护测控装置的交流采样及数据预处理、保护判断、驱动输出、人机交互及通讯进行任务划分, 并进行相关任务模块的程序编写, 实现软件中良好的移植维护性和高可靠性要求。

3.1 MQX 操作系统移植

为了适应不同体系结构的处理器和开发板, MQX 必须把一部分与具体硬件设备相关的代码作为抽象的接口保留出来, 硬件驱动由硬件设计方具体实现, 这就是 MQX 移植, 在 MQX 的 BSP、PSP 的文件夹中进行修改和剪裁, MQX3.6 及以后的版本均支持 MCF51EM256 的 BSP、PSP 的驱动代码, 开发者只做少量移植工作就能适应不同项目的需求, 同时通过对 user_config.h 进行配置, 可选择打开/关闭外设来进行剪裁。

3.2 保护原理及算法实现

低压保护测控装置的算法包括了交流采样中的付式算法 (计算基波分量), 序量分量计算 (正序、零序、负序), 在运行参数测量和上述特征量计算后进行各种故障判断, 如短路、过载、缺相、低电压、过电压判断并根据整定的要求进行故障输出。同时根据系统配置的逻辑控制要求进行相应的 DI 和 DO 控制操作。

3.3 软件框图

根据低压保护测控装置软件中实时性和准确性的要求, 将任务分解成数据采集及数据预处理, 特征量运算及保护判断, 驱动输入输出、通讯、人机交互, 任务间采用信号量进行通讯。程序框图如下, 可见采用操作系统的编程方式, 由于每个模块和任务都是独立、实时性的在运行, 非常适合于低压保护测控装置下的模块移植化、任务实时运行的要求。

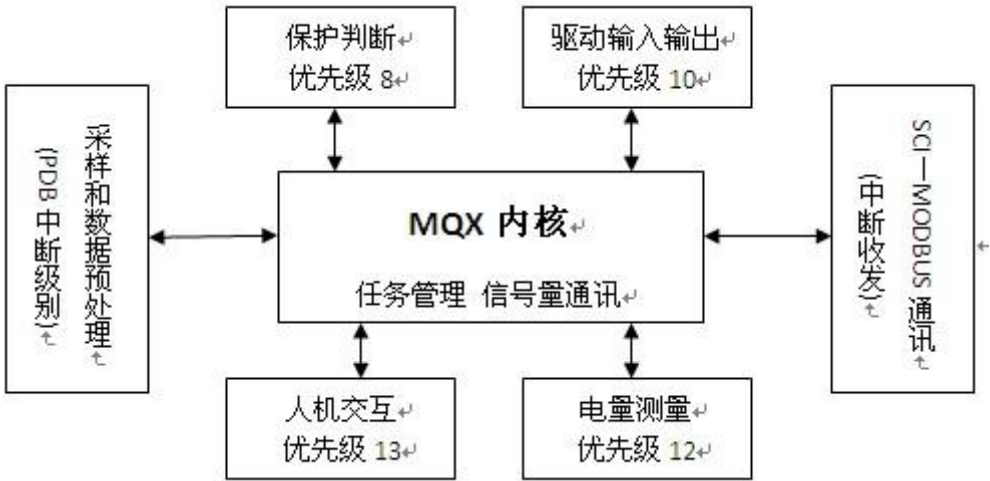


图 7 软件框图

4 结束语

本文采用 Freescale 公司最新的 MCF51EM256, 利用其片内高精度 16 位 ADC 和高速 32 位处理器, 借助 CODEWARRIOR 和 MQX 的操作系统的软件环境, 通过模块化的软件架构和丰富的低压保护和工业现场控制要求经验编写软件来实现智能化的保护、测量、控制、网络通讯和管理功能, 具有良好的先进性和经济性, 具有一定的参考价值。

文章来源于:《智能建筑电气技术》2012 年 3 期。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB14048. 4-2010 低压开关设备和控制设备[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

[2] MCF51EM256RM MCF51EM256 Series ColdFire® Integrated Microcontroller Reference Manual MCF51EM256 Datasheet[Z]. Freescale:2010, 4.

[3] MQXRM Freescale MQX™ RTOS Reference Manual[Z]. Freescale: 2010, 8.

作者简介: 姜龙, 1976 年出生, 工学硕士, 工程师, 从事智能配电类产品研发和技术管理工作。