

## 一种基于 OMAP5910 的低压保护测控装置设计

本文介绍了多核处理器 OMAP5910 的软硬件结构和特点，提出了以 OMAP5910 为核心处理器的低压保护测控装置设计方案，简述了保护测控装置的硬件和软件设计方案，并给出了 A/D 转换电路、数字量输入电路和数字量输出电路的设计原理图，介绍了继电保护功能的特点。由于采用了高性能的硬件平台和嵌入式实时操作系统，该装置具有功能完善、保护配置灵活、运行可靠、维护方便、可扩充性好等特点，较好地满足了低压保护测控装置的性能要求。

随着电力系统自动化程度的不断提高，继电保护测控装置数字化、智能化的趋势日益明显，并具有功能多样化、通信接口丰富化、高可靠性和高性能指标等特点。目前，传统低压保护测控装置的硬件平台大多使用 ARM+DSP+FPGA 的多 CPU 结构，该结构可以保证数据交换的实时性和保护功能的可靠性，但存在数据共享、设备间隔扩展、时钟信号同步、功耗高等方面的问题，为了解决这些问题，本文提出了一种以多核处理器 OMAP5910(内部集成有 DSP 和 ARM 内核)为控制核心的低压保护测控装置设计方案，取得了较好的效果。

### 保护测控装置的总体结构

多核处理器 OMAP5910 是 TI 公司推出的开放式多媒体应用平台，片内集成了 DSP 处理器和 ARM 处理器，DSP 处理器基于 TMS320C55X 核，提供 2 个乘累加(MAC)单元，1 个 40 位的算术逻辑单元和 1 个 16 位的算术逻辑单元，由于 DSP 采用了双 ALU 结构，大部分指令可以并行运行，其工作频率达 150MHz，并且功耗更低。ARM 处理器是基于 ARM9 核的 TI925T 处理器，包括了 1 个 16KByte 的指令 cache 和 8KByte 的数据 cache，1 个协处理器，指令长度可以是 16 位或者 32 位。OMAP5910 具有集成度高、硬件可靠性和稳定性强、数据处理能力强、低功耗等优点。

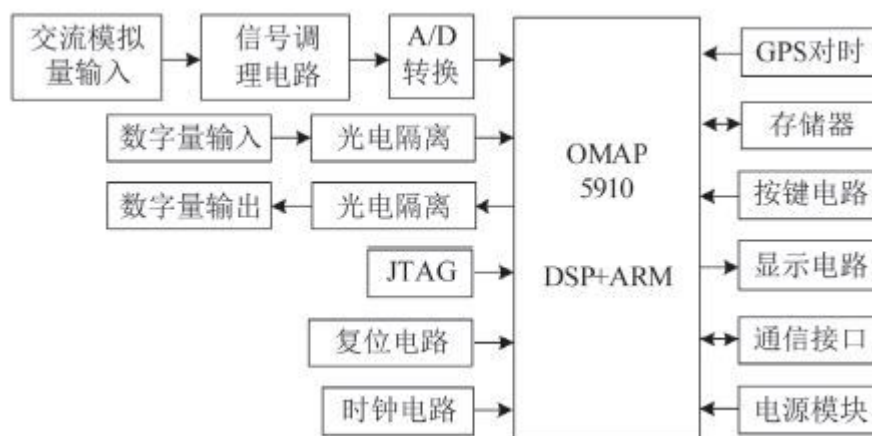


图 1 保护测控装置的结构框图

为了检修方便，保护测控装置在设计时采用模块化结构，主要包括交流模拟量输入模块、数字量输入模块、数字量输出模块、按键和显示模块、通信模块、微控制器模块等，其结构框图如图 1 所示。交流模拟量输入模块包括电压互感器、电流互感器、信号调理电路和 A/D

转换电路,用于将交流模拟信号转换为能被 OMAP5910 处理的数字信号;数字量输入模块用于采集负荷开关位置信号、低压断路器位置信号、熔断器熔断信号等普通开关量信号,还可以采集重瓦斯动作跳闸、轻瓦斯动作告警等非电量信号;数字量输出模块主要用于各种保护装置的出口跳闸、信号报警等功能;按键和显示模块主要用于人机交互;通信模块用于与其它智能设备和监控中心进行通信。

OMAP5910 中的 DSP 处理器是实现保护测控功能的核心,主要负责交流模拟量与数字量输入信号的采集、数字滤波、电气量计算、保护逻辑判断、故障信息处理、保护动作出口等实时性任务。OMAP5910 中的 ARM 处理器主要负责处理人机交互、GPS 对时、网络通信等非实时性任务。由于 DSP 处理器和 ARM 处理器集成在一个芯片内,所以其功耗相对于多 CPU 结构的硬件平台要低很多,且不存在时钟信号同步问题;DSP 处理器和 ARM 处理器可以通过 192K 字节的内部 SRAM 实现数据共享,不存在数据共享问题,且整个硬件平台具有较灵活的可扩展性,较好地解决了多 CPU 硬件平台中存在的问题。

### 主要硬件电路设计

#### A/D 转换电路

低压保护测控装置采集的交流模拟信号包括三相测量电流、三相保护电流、零序电流和三相电压[4],三相测量电流使用 5A/3.53V 的线性电流互感器采样,三相保护电流信号使用 100A/7.07V 的电流互感器采样,零序电流使用 20A/7.07V 的电流互感器采样,三相电压使用 220V/7.07V 的电压互感器采样,共需要 10 路 A/D 转换通道。

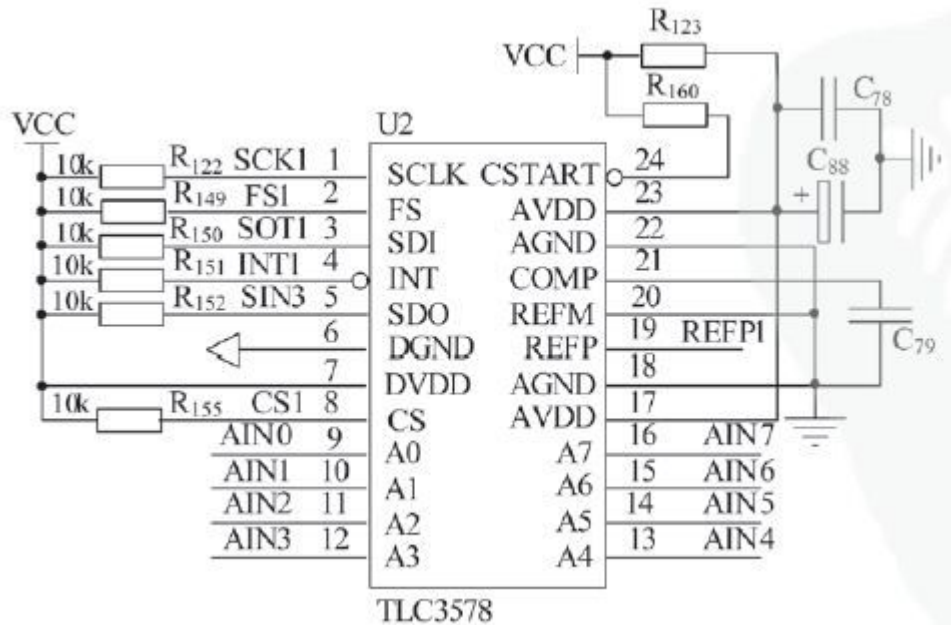


图 2TLC3578 的接口电路

A/D 转换芯片使用 TI 公司生产的 TLC3578,它是 8 通道 14 位串行模数转换器,采用单 5V 模拟电源和 3V~5V 数字电源供电,模拟量输入范围为-10V~+10V,完全可以满足同时接多个互感器的设计要求。TLC3578 的接口电路如图 2 所示,TLC3578 同 OMAP5910 的串行接口主要由片选信号、时钟信号 SCLK、串行数据输入 SDI 和三态串行数据输出 SDO

四个引脚组成，/EOC 端连接至 OMAP5910 的中断输入端，当 TLC3578 内部 FIFO 存储区满时产生相应的外部中断，触发相应中断程序将数据读走。

### 数字量输入电路

数字量输入电路不但可以采集低压供电系统中的负荷开关位置信号、熔断器熔断信号、低压断路器位置信号等普通开关量信号，而且还可以采集低压变压器的重瓦斯跳闸、轻瓦斯告警、超高温跳闸、高温告警等非电量信号。该装置设有 20 路强电数字量输入接口，并提供有 4 路可编程的备用非电量输入接口，便于非电量功能扩展。数字量输入接口电路如图 3 所示，DIIN 是数字量输入端子，DICOM 是数字量输入电路的公共端，DIOUT 为数字量输入的输出端，DIIN 端的输入交流信号经整流、滤波、光电耦合器后变成数字信号输出。

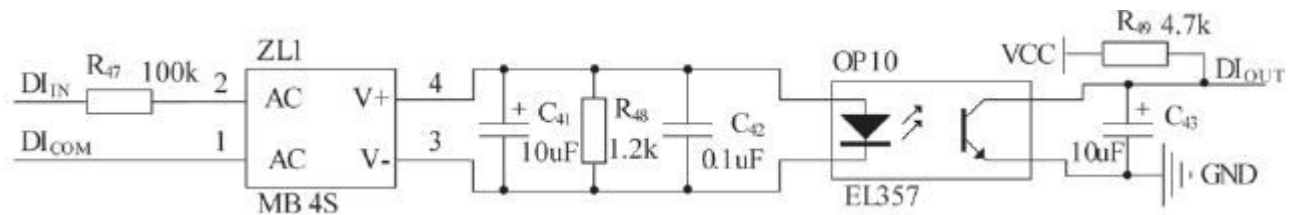


图 3 数字量输入电路

数字量输出电路采用启动继电器闭锁形式，启动继电器的控制信号由 OMAP5910 的 ARM 内核控制，出口继电器的控制信号由 OMAP5910 的 DSP 内核控制，只有启动继电器动作后，才能开放出口继电器的正电源，从而实现数字量输出控制的部分解耦，避免由于器件损坏而引起保护误动作。数字量输出接口电路如图 4 所示，当需要输出时，首先使启动继电器的 DOENH 置高电平，DOENL 置低电平，光电耦合器 EL852 导通，启动继电器动作，其常开触点闭合，使 +24VE 连接到 +24V；然后将 DOOUT 置为低电平，光电耦合器 EL852 导通，出口继电器动作，其常开触点闭合，使跳闸或告警电路导通。

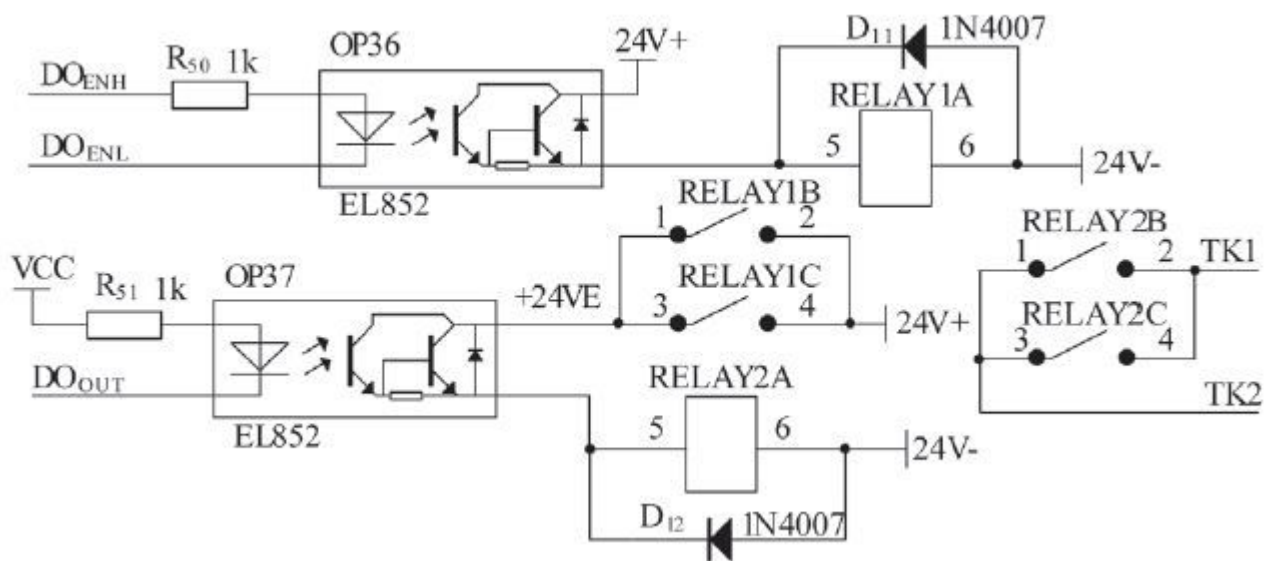


图 4 数字量输出电路

## 通信接口电路

OMAP5910 的 ARM 内核是实现信息交换的主要枢纽,本装置配置有两路 10/100Mbit/s 光纤以太网口和两路 RS485 接口。两路以太网口组成双 GOOSE 网,负责接收和解析来自过程层智能操作单元的跳闸、开关等数字量信息,并向智能操作单元实时传送数字量输出信息,与过程层设备实现信息共享。RS485 接口主要用于装置的调试与维护,也可以用于与其它智能设备进行数据通信。

以太网接口电路采用以太网控制芯片 RTL8019AS 实现,RTL8019AS 是 REALTEK 公司出品的 10Mbit/s 以太网控制器,支持 8 位或 16 位数据总线,实现了以太网媒介访问层 (MAC)和物理层(PHY)的所有功能,通过 RJ45 接口与以太网相连。RS485 接口电路使用 RSM485D 芯片实现,RSM485D 是集成双路电源隔离、电气隔离、RS485 接口芯片和总线保护器于一身的双路隔离收发器模块,具有很好的隔离特性,隔离电压高达 2500VDC。

## 保护功能配置灵活

保护测控装置设置有丰富的保护功能,包括三段式带复压闭锁的定时限过流保护、三段式过负荷保护、反时限过流保护、零序电流保护、负序电流保护、低电压保护、过电压保护和 PT 断线告警等。保护测控装置按照模块化的设计思想,将不同的保护功能给划分为独立的模块,各个模块具有独立的入口条件和出口状态,并且每个模块设置有控制软压板,可以通过控制软压板的投入或退出来配置装置的保护功能,各保护功能的整定值和出口方式(跳闸或告警)可以通过按键或通信网络来配置。这种模块化的设计使保护功能具有极强的可读性和移植性,各模块间的协作关系清晰明了,有利于提高保护的可靠性。

OMAP5910 的 DSP 内核根据配置的保护功能和保护整定值与出口方式,将采集到的保护用交流模拟量通过数字处理后,与保护整定值进行比较,当满足保护动作条件时,按照配置的出口方式动作,并将出口信息传递给 ARM 核,供 LCD 显示、状态指示和数据通信使用。当装置被配以某种或多种保护功能时,其它未被配置的保护功能的相关整定值和事件信息变为不可见,在系统程序中不执行相关保护功能,因此只需配置所需保护功能的整定值,可以最大限度地减少整定值数量,简化用户的定值管理,减少出错的可能。

## 软件设计

OMAP5910 是一个高度集成的硬件和软件应用平台,它支持 WinCE、EPOC、Nucleus、VxWorks 和 Linux 等多种操作系统,由于 VxWorks 操作系统具有高效的任务管理功能、支持多任务多优先级、支持优先级抢占和轮转调度机制、极高的实时性和可靠性等特点,使其非常适合在保护测控装置中应用,可以提高装置的实时性、保护软件的可靠性和软件开发及维护效率。

由于 VxWorks 操作系统采用多任务、优先级抢占机制,因此在编程中把重点放在对任务、中断进行划分和任务调度的实现等问题上。系统主要包括三个中断、一个任务调度和多个任务,三个中断包括 A/D 采样中断、定时器中断和按键输入中断,任务包括模拟量计算任务、保护逻辑判断任务、保护功能任务、数字量控制任务、故障录波任务、通信处理任务、按键管理任务、报警功能(LCD 显示和指示灯指示)任务和 GPS 对时任务。实时多任务调度

是整个系统的核心，是保证多个任务合理有序地执行的关键，设计时将任务调度放在数据采样中断处理中执行，其任务调度框图如图 5 所示。

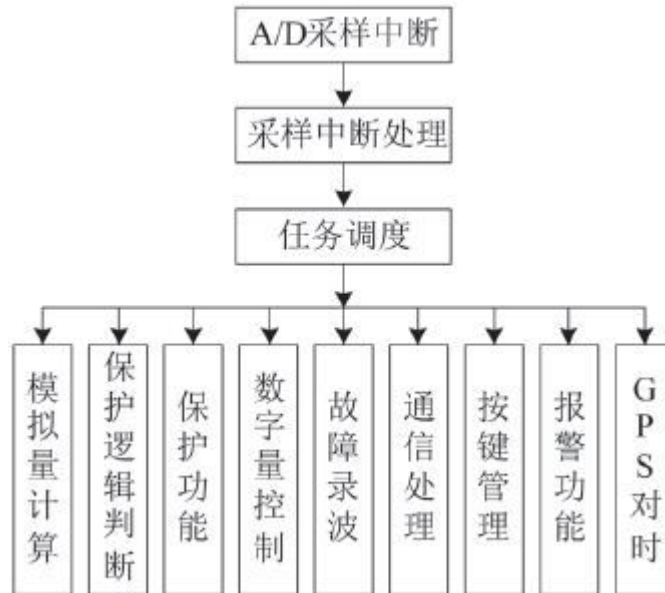


图 5 任务调度流程图

## 结论

本文提出了以 OMAP5910 为核心处理器的低压保护测控装置设计方案，借助 OMAP 强大的硬件平台和 VxWorks 操作系统的软件环境，使整个装置的硬件结构更加简洁和优化，有效地降低了装置的整体功耗，提高了装置内部数据交换的效率和软件开发的灵活性，提高了装置的可靠性和可扩展性。同时，装置具有灵活的保护功能配置和保护出口配置功能，简化了保护整定值的管理和使用，便于使用和维护。