

机电技术

基于 ARM 多处理器的配电远方终端硬件设计

罗海波 刘维亭

(江苏科技大学, 镇江 212003)

摘要 针对电力系统的实际需要,给出了一种基于嵌入式系统的多 CPU 管理、多通道多种类通信方式、大容量数据处理能力的智能化 DTU 硬件平台的设计方案。采用 LPC3250 与 LPC2468 协同工作的多处理器构架,实现了电力系统“四遥”功能、对外 2 路以太网通信接口、6 路串行通信接口。详细介绍了各个功能模块的结构,以及遥控、交流采样、直流采样等关键部分的电路连接图。

关键词 配电终端 硬件平台 微控制器 数据采集

中图法分类号 TM764.2; **文献标志码** B

环网柜配电远方终端即 DTU (Distribution Terminal Unit),是安装在开闭所、环网柜、小型变电站、箱式变电站等处的数据采集与监控终端装置^[1]。主要完成“四遥”、事件记录上报、通信、自诊断、备自投以及多路保护等功能。它可以与配电网自动化主站和子站系统配合,实现多条线路的全电量的采集和控制,监测线路过流故障、故障区域定位、故障区段隔离及非故障区域恢复供电,提高供电的可靠性。

本文针对电力系统的实际需要,给出了一种基于嵌入式系统的多 CPU 管理、多种通信方式、大容量数据存储的智能化 DTU 的设计方案。微控制器采用高性能的 32 位高主频工业级芯片 LPC3250 和 LPC2468。通信接口丰富,提供了 4 个 RS485 串口,2 个 232 串口,2 个以太网接口。

1 系统平台整体设计

本装置作为配电远方终端,用在开闭所、环网柜等不同场合。采集的数据量也不尽相同。因此

在设计中对硬件资源做了合理的分配。在实际的应用当中,对各种遥信量、遥测以及遥控之间的电磁干扰要求比较严格。为了充分减少内部各信号之间的电磁干扰,以及外部静电干扰等因素,本设计对各个插件板卡按照功能做了严格的划分,以构成一个完整、稳定的数据采集处理及实时监控系统。

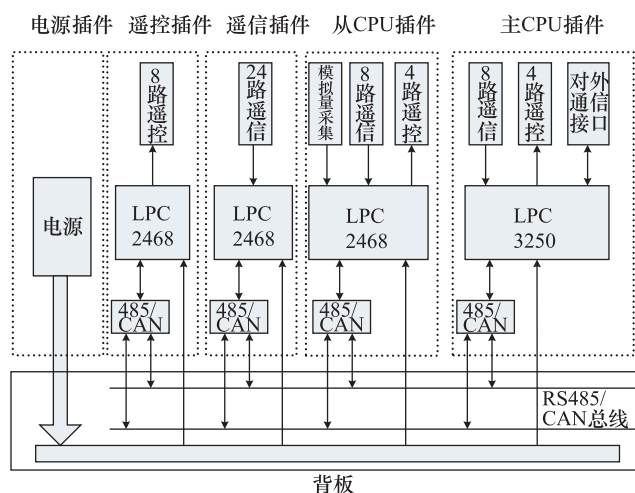


图1 系统框图

平台采用标准 5U (1U = 4.445 cm) 机箱,机箱面板全长 42.672 cm (16.8"),一套设备最多可容纳 80 路遥信量采集,36 路带分/合的遥控,4 路继电器输出的触点,36 路交流量采集,3 路直流量采集。平台主 CPU 插件面板上还设计了 RS485 级联通信接

2011 年 8 月 1 日收到,8 月 9 日修改

第一作者简介:罗海波(1987—),男,汉族,湖北荆州人,硕士研究生,研究方向:先进控制理论与应用。

口,便于装置在采集量要求更大的场合进行扩展。装置通过主 CPU 插件面板上的通信接口与主站和子站进行通信,各子插件通过装置背面的模板通过 RS485 或 CAN 总线进行数据传输。本设计中装置各个插件功能如图 1 所示。

1.1 主 CPU 插件

本装置的主 CPU 插件的功能主要是完成 8 路遥信量的采集和 4 路遥控执行;完成装置与主站及子站的通信;完成其他各个插件资源的协调;完成各种数据的运算处理及存储。主 CPU 插件是整个装置的核心部分。主 CPU 分为核心板、底板和灯板(可选配)三部分,核心板包括了以 MCU 为核心的最小系统,flash,SDRAM,以及以太网芯片等与处理器联系密切的外围模块。

1.2 从 CPU 插件

本装置最多可配置三个从 CPU 插件。从 CPU 插件配置了 8 路遥信量,4 路遥控量,以及 6U6I 交流采样和一路直流采样。整个装置的交流采样和直流采样均设置在本插件上。为了保持模拟量和数字量严格的电气隔离,本插件面板宽度设计为 6.096 cm(2.4")。对于交流采样,最大 100 V 或 220 V 电压,最大 5 A 电流通过板上的电压互感器和电流互感器变换为峰峰值为 3.53V 的模拟量电压,通过 16 位高性能 AD 转换为数字量送入 MCU 进行处理。

1.3 遥信采集插件

鉴于 DTU 是工作在开闭所环网柜等场所,就环网柜来说环网柜一般都为两路进线,多路出线,因此环网柜 DTU 至少需要监控 4 条线路,这就对数据容量提出了较高的要求。至于开闭所 DTU,所要监控的开关和线路的数量就更多了,对“三遥”的容量要求就更大。相比模拟量,遥信量的数量往往应在其数倍以上。因此本装置专门设计了遥信量插件,便于主 CPU 与从 CPU 插件遥信量不够用的情况下进行扩展。本插件板一共设计 24 路遥信,装置可容纳两块遥信量插件,基本能满足容量要求。遥信量插件有自己的 MCU,可将遥信量作相应的运算处理之后通过母板送入主 CPU 插件,这样可以减轻主

CPU 插件 MCU 的负担。

1.4 遥控量插件

与遥信量一样,环网柜、开闭所等场所对遥控量的需求也比较大,因此本装置设计了遥控量插件,装置可容纳三块遥控插件,每块插件设计了八路遥控。通过此插件可完成断路器的跳合闸、无功补偿装置的投退等工作。遥控插件也有自己的 MCU,各种开关分/合闸,无功补偿装置投退等工作均由遥控板 CPU 来完成。

1.5 电源插件

电源插件主要为平台的弱电回路提供 5 V 和 24 V 电源,通过背板引入到各插件板^[2]。结合本文设计了外接直流 24 V 电源和交流 220 V 电源两种可选方式为电源插板供电。在设计中,充分考虑到装置的最大负载,通过计算后在保留适当余量的情况下,设计直流 24 V 电源供电线路的最大输入功率为 96 W;交流 220 V 供电线路输入最大视在功率为 110 W,以满足系统供电需要。

2 硬件电路设计

2.1 插件选址电路设计

主 CPU 插件与其他插件的通信是通过背板母线的 485 总线或 CAN 总线来完成的。而实现通信的一个基本要求是:每块处于工作中的且与主 CPU 有数据交换的插件地址必须确定且能被主 CPU 所识别。因而在本文中给出了一种固定插槽地址的设计方法,即背板上每一个插槽的地址都是确定的,这一点通过插板母线和背板插槽引脚的选址电路来实现。本装置使用六个引脚来确定插槽地址,由于六位二进制数可帮助系统寻址 64 块插件,而目前设计的 DTU 背板插槽最多可容纳 18 块插件,故此设计完全可以满足要求,也便于将来对机箱的扩展。所有的插件母线均采用标准 96 针插针,论文中选用固定的 6 针作如下处理:在插槽上,将这 6 针的某一针或几针与 GND 相连以置为低电平;而在带有 MCU 的插件印制板上,将母线上所对应的 6 个引脚均用 10 K 电阻和 3.3 V 电源进行上拉。这样就固

定了插槽的地址,从而保证了各个不同功能的插件在标准化插槽上的通用性,为用户根据不同需求配置插件带来了很大的方便。

2.2 开入开出电路设计

2.2.1 遥信电路设计

本装置所要采集的遥信量主要为开关位置、保护动作信号和异常信号、开关储能信号、无功补偿装置投退状态、通信状态等。文中将 +24 V 电源引到遥信插件面板端子上,故外接的遥信量可为无源信号,也可为有源信号。如果信号为有源信号,则直接将信号接到光耦的输入端端子和公共端端子上;如果信号为无源信号,即一对无源的触点,则将触点一端接到 24 V 端子上,另一端接到光耦输入端端子即可。从装置外界进来的信号经接线端子引入系统,经过光耦隔离、滤除高频杂波等电路,最后送入 CPU 进行处理。

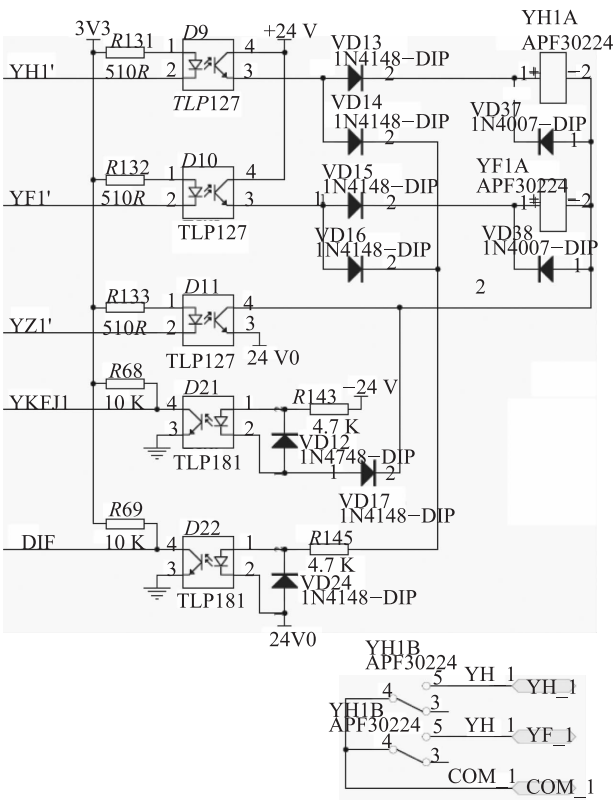


图2 遥信执行出口电路

2.2.2 遥控电路设计

为了提高系统的可靠性和安全性,每点的合与

分操作均应设计为独立的无源触点输出,并要求无差错输出^[3]。对于每一路遥控,均由一个“分”继电器和一个“合”继电器来实现控制信号的输出。且设计了反校信号来防止不同路遥控发生错误执行的情况,保证每一路遥控相互不干扰,正确执行断路器开合以及设备投退等指令。遥控电路图如 2 所示。

在图 2 中,YZ1' 为本路遥控的使能开关,当 CPU 将本路遥控开关 YZ1' 置为低电平时,返回一个专属于本路遥控的反校验信号到 CPU,若校验信号正确,则此路遥控可用;若校验信号不正确,则此路遥控不可用。这样设计就确保了执行遥控命令的正确性。确定本路遥控可用后,系统根据测量和计算等处理,发出遥控命令,驱动相应的“分”或“合”继电器动作。相应的触点动作后,电路再次返回一个测试信号 DIF 给 CPU 进行确认。

2.3 模拟量采集电路设计

2.3.1 交流采样

由于模拟量信号是电网中的交流高电压和交流大电流,而控制系统为低压系统,因此需要将高电压和大电流变换成低电压和小电流^[4]。因此在设计过程中,从一次互感器过来的电压和电流信号,经过接线端子进入从采集板后,由二次电压互感器和电流互感器降低幅值,进入 AD 进行模数转换。交流采样的整体框图如图 3 所示。

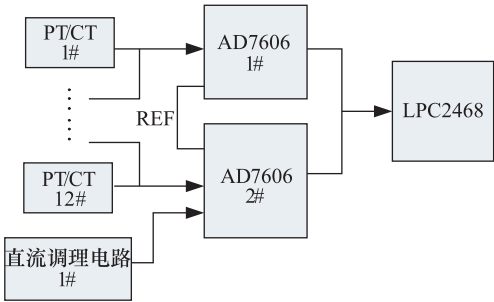


图3 模拟量采集示意图

本文的模数转换器采用 AD7606,AD7606 是一种高速、低功耗、8 通道同步采样的 16 位模数转换器^[5]。片上集成模拟输入箝位保护、二阶抗混叠滤波器、跟踪保持放大器、16 位电荷再分配逐次逼近

型 ADC 内核、数字滤波器、2.5 V 基准电压源及缓冲、高速串行和并行接口。所有的通道均能以高达 200 ks/s 的速率进行采样,同时输入端箝位保护电路可以承受最高达 ± 16.5 V 的电压。在 AD7606 内部的信号调理电路中,已经包含了低噪声、高输入阻抗的信号调理电路,其等效输入阻抗完全独立于采样率且固定为 1 Mohm。同时输入端集成了具有 40 dB 抗混叠一直特性的滤波器,更是简化了前端设计,不再需要外部驱动和滤波电路。因此,二次互感器输出的信号无需再经过运放来缓冲就可以直接接入 AD7606,这样为平台的设计带来了极大的方便。

2.3.2 直流采样

本文中在从 CPU 插板上设计了一路直流量采集。 -5 V $\sim$ $+5$ V 的直流信号在经过前端的隔离处理后,进入 AD7606 进行模数转换,送入 MCU 进行处理。图 4 为直流量的调理电路。本电路采用隔离放大器 AD202 对直流信号进行无增益隔离处理,AD202 是一种变压器耦合、微型封装的精密隔离放大器,它通过片内变压器耦合,对信号的输入和输出进行电气隔离。由于 AD202 需要提供 $+15$ V 的

直流电源,而背板不提供 $+15$ V 电压源。因此本电路采用低功耗 DC-DC 升压变换器 MAX762,它通过电感可以和输出滤波电容构成固定输出 DC-DC 变换器,将由背板提供的 5 V 电压升压至固定 $+15$ V 电压,为 AD202 提供直流电压源。

3 结束语

环网柜配电远方终端是配电系统自动化的重要组成部分。本文所设计的环网柜配电远方终端采用主从 MCU 的模式,由于单个装置容量有限,设计中将各个采集和输出模块的数量等按照功能优化配置,每块功能插件上的 MCU 之间不仅能高速完成数据交换,而且各有分工,并行不悖。本套装置硬件平台采用 32 位工业级处理器,在保证平台实用性和可靠性的基础上,保证了其较高的性价比。在完成电科院的硬件测试后,通过软件工程师设计的上层应用程序和集成的 101 规约、103 规约和 104 规约等电力规约,在本装置硬件平台上已成功实现“四遥”,与主站及子站进行数据交换,以及电源失电保护等功能。已完成软硬件测试,攻入生产。

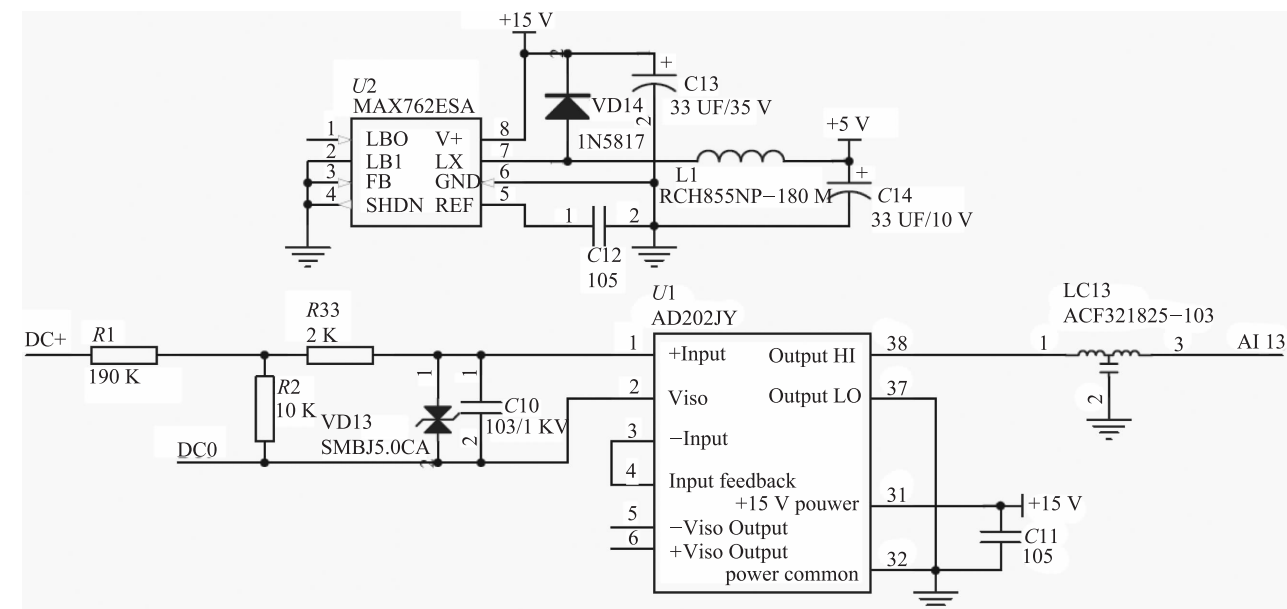


图 4 直流量采集调理电路

Design of Intelligent Information Measurement and Control System Based on Embedded Ethernet and ZigBee

ZHANG Dao-yong¹, ZHANG Hui^{2*}

(GSK Information Technology Co., LTD, Guangzhou 510663, P. R. China;

Guangdong University of Education, Physics Department, Guangzhou 510303, P. R. China)

[Abstract] According to the complex and dispersive operating environment of remote information measurement and control system, a communication network intelligent control system has been designed based on embedded ARM-Linux platform and Ethernet and ZigBee. Wireless connection between ARM and various intelligent modules has been realized by wireless star self-organization network based on ZigBee. ARM controls information collection of the whole intelligent system by Ethernet with remote monitor center. The test and practice results indicate that this system features low cost, easily structured, excellent compatible and expandable, which can satisfy the applying requirement practically and has a good application prospect.

[Key words] ARM-Linux ZigBee embedded ethernet intelligent control

(上接第 8025 页)

参 考 文 献

- 1 龚 静. 配电网综合自动化技术. 北京:机械工业出版社,2008
- 2 李博通,李永丽. 基于 TMS320F2812 的微机保护硬件平台的开发. 电气应用, 2007;(05):39—40
- 3 杨 兰,张艳平. 电力系统自动化远方终端的研制. 长沙电力学

院学报,2006;(01):23—24

- 4 陶维青,马小陆. 基于 430 单片机的新型配电变压器远方终端的开发. 继电器,2005;(19):66—67
- 5 陈立万,黄青龙. 基于 FPGA 的数据采集系统的设计. 合肥工业大学学报,2011;(03):360—361

Hard Design of Distribution Terminal Unit Based on ARM Multiprocessors

LUO Hai-bo, LIU Wei-ting

(College of Electronics and Information Engineering; Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, P. R. China)

[Abstract] Aim at the actual needs for power systems, the authors presents a multi-CPU based embedded system management, multi-channel and multi-species communication, high-capacity data processing capability of the intelligence DTU hardware platform design. LPC3250 and LPC2468 are worked using the multi-processor architecture to achieve a power system, "four remotes", External 2-way Ethernet Interface, 6-channel serial communication interface. The structure of the various functional modules, as well as remote control, AC sampling, DC sampling and other key parts of the circuit design schematic are described in detail.

[Key words] distribution unit hardware platform microcontroller data acquisition