

光伏并网发电系统中的多机通信监控系统

楼华勋,戴永军

(中国电子科技集团 第 36 研究所,浙江 嘉兴 314001)

摘要:为了满足大型光伏并网发电系统的监控要求,将单片机技术、Modbus 协议、屏幕菜单显示、RS232 & RS485 通讯技术等应用到监控系统中,分析了主芯片的成本、执行时间、空间、中断、外设资源,传输线路的安全、完整性,菜单及内容的结构安排等,以 AVR 单片机 Atmega128 为核心,设计了一套完整的电路系统,改进了 Modbus 协议,编写了一套完整的软件代码,实现了在光伏逆变器并网发电过程中,实时、准确、详细地实现监控通讯显示。测试结果表明,该系统在时间、内容、功能、稳定性上都达到预期指标。监控系统在工程运行中,数据实时显示、功能丰富,取得了良好的效果。

关键词:光伏;单片机;Modbus;通讯;监控系统

中图分类号:TP368.1

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)06-0732-04

Monitor system of multi-communication on PV-generator system

LOU Hua-xun, DAI Yong-jun

(36thInstitute, China Electronics Technology Group Corporation, Jiaxing 314001, China)

Abstract: In order to solve the monitoring need of large PV system, the technology of MCU, the display of screen menu, the technology of RS232 & RS485 were investigated. After the analysis of cost, the execute time, the memory, the peripheral resources of MCU, the security and integrity of transmission line, the structure and content of menu, a complete hardware system and software system based on Atmega128 of AVR MCU, and RS232 & RS485 technology of improved Modbus protocol were designed, then the monitoring on PV course was complemented real-time, exactly, and detailedly. The results of testing indicate that this design achieves the expected target in time, content, function, and stability. This design proves to be data real-time, functions plentifully and result finely.

Key words: PV-system; micro controller unit(MCU); Modbus; communication; monitor-system

0 引 言

光伏发电系统^[1]中逆变器的使用越来越广泛,逆变过程中的各种数据、状态处理需要一个显示完善、通讯良好、操作方便的监控系统。而当今的监控系统的架构多数限制在逆变器的控制芯片和显示屏之间^[2-3],或者逆变器的主控芯片与 PC 机之间^[4-5],而且存在以下不足:①逆变器主控芯片的负担过重;②实时性不够;③显示的内容不多;④可选择的通信模式单一;⑤不易于扩展;⑥功能单一;⑦可靠性和安全性不高,少数“逆变器+单片机+显示屏+PC 机”架构的系统^[6]又多数使用 ARM 作为单片机,ARM 有多厂家、高

速度的优势,但是作为 32 位机,ARM 芯片本身以及 ARM 配套的外设价格都较高,而且 PCB 设计繁琐,外设上缺少 TWI/I²C,可变增益 ADC,EEPROM。

本研究采用 AVR 低成本的 Atmega128^[7]作为单片机的主控芯片,采用“逆变器+单片机+显示屏+PC 机”的架构,设计实现了多机通信监控的功能,包括:按键,与液晶显示的控制,与 DSP 的实时通信,与 PC 的实时通信。与 DSP 的通信上利用改进的 Modbus 协议,实现 3 类帧通信,共有 32 个可显示/设置的参数,16 个现场实时参数值,29 个位记录不同的告警、故障等事件,总共可以查询 200 条记录;在 200 ms 内完成 MCU 与 DSP 以及 MCU 与 PC 机通讯时参数的读

取、设置和实时更新;6个主菜单,12种功能设定,不同运行状态在液晶屏上和指示灯上同时显示,减轻了信号处理器 DSP 的负担,MCU 进行一些参数值的计算,分担了一部分 DSP 的工作,与 DSP 通讯采用的电路最多可扩展到挂接 256 个从机。可以在 6 种模式中选择任意一种方式通讯;在涉及关键操作时,设置不同级别的密码来保证系统的安全运行。该系统的低成本、高性能、高稳定性具有重要的现实意义。

1 监控通信系统的通信结构

监控通信系统的结构如图 1 所示。

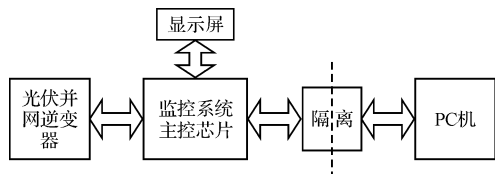


图1 监控系统整体结构图

逆变器系统、监控系统、PC 机组成了通信的整体结构。监控系统由主控板、按键板、显示屏组成。主控板的核心芯片采用 AVR 的低成本、多外设、高容量的芯片 Atmega128,并封装成一个独立的模块,可以作为一个简化的 PC 上位机,主控芯片通过显示屏的数据显示和按键板的控制,实时、多功能地将逆变器采集的数据、状态进行显示、监示、控制和记录;其中逆变器采用 TI 公司的高速 DSP 芯片 TMS320F2812,进行各种数据的检测、采集以及各种驱动信号的产生和控制算法的计算,如 mppt 算法、SVM 算法等。监控模块同时也作为光伏逆变器和 PC 上位机的一个桥梁,通过近程和远程通信,将逆变器的数据、状态传递给 PC 机,也将 PC 机的指令传递给逆变器,监控系统的主控芯片可以通过显示屏和按键板有选择地设置、显示、记录逆变器的参数和状态。

2 监控通信系统的硬件设计

主控芯片 Atmega128/64 采用先进的 RISC 结构,低功耗,4 个定时器,2 个异步串行通信口,其 1 MIPS/MHz 的吞吐能力能够满足与 DSP 通信、与 PC 机通信的速度要求。128 KB 的 FLASH 满足图形的存储,4 KB 的 SROM 可以满足以循环方式记录数据和事件,7 组兼有第二功能的 I/O 口,支持设计电源电路,外部晶振与复位电路,外部时钟电路,RS232/RS485 接口的串口电路,隔离电源电路,显示屏接口电路,模式跳线电路,按键板接口电路,指示灯电路,备用信号电路,蜂

鸣器电路,ISP 电路。

2.1 与 DSP 通信电路的设计

由于监控模块安装在光伏逆变系统机柜的前面门板上,与逆变主控芯片 DSP 距离较近,本研究采用不隔离的 RS485 异步串行通信,所用芯片 MAX1483 由平衡驱动器和差分接收器组成,增加了抗共模干扰能力,极大地减少了 EMI,传输数据的速率可以达到 250 Kbps。MAX1483 产生的差分信号与逆变器中的 ISO3082 进行通信,完成 DSP 与 MCU 串口 0 之间的数据传输^[8]。改变 MAX1483 的输入阻抗至 $\geq 96 \text{ k}\Omega$,可以使挂机数量达到最大 256 个从机。

2.2 与 PC 机通信电路的设计

在与 PC 机通信时,本研究共设计并实现了近程和远程两种通信方式。近程通信采用 RS232 串口芯片 MAX232,在有限的距离 20 m 内,可以实现 MCU 串口 1 与 PC 的通信,如图 2 所示;远程通信采用 ISO3082 芯片,ISO3082 也是差分芯片,能在条件恶劣的情况下减少 EMI,实现有效可靠和远距离的数据传输。为了不干扰监控系统电路其他部分,采用一个隔离电源芯片 DCR010505 隔离出一个干干净净的 5 V 电源专门为 ISO3082 供电,如图 2 所示。

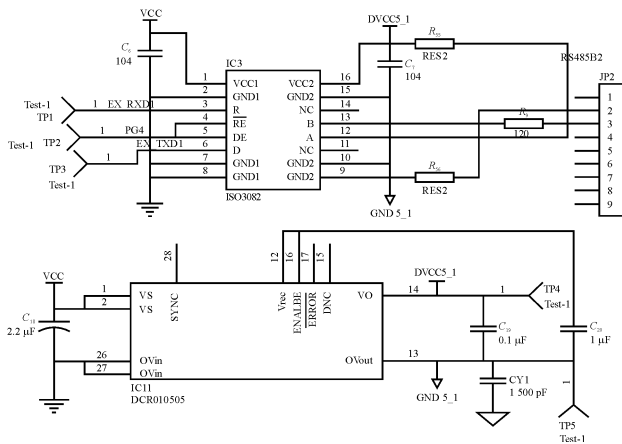


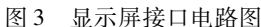
图2 远程通信与隔离电源电路

2.3 与显示屏通信电路的设计

显示部分采用了清达光电的图形点阵液晶 HG240641,内置 T6963C 控制器,128 个 ASCII 字符,点阵数为 240×64 点,支持 8×8 , 16×16 点阵显示,也可以通过字模抓取,以图形的方式显示 12×8 的点阵以及图片。液晶背光为蓝绿色,可观性好,显示屏模块的接口电路如图 3 所示。

在工作电压端加一个电位器来自动调节显示屏的工作电压,在背光部分接一个三极管到 MCU 来控制背光的亮与暗,如果长时间没有屏幕操作,背光将自动灭

3 监控通信系统的软件设计



通信监控软件采用 CVAVR 环境,标准 C 语言编写,采用模块化的编程思想,结合 SLISP 烧写工具,串口调试助手,设计实现了中断函数模块、初始化模块、按键处理模块、串口 0 通讯模块、串口 1 通讯模块、状态处理模块、显示屏的菜单显示模块、事件记录模块、声光告警和记录模块、外部时钟读写模块。

MCU 与 DSP、与 PC 机通信,都遵守 Modbus 协议^[9]。Modbus 协议是应用于电子控制器上的一种通用语言。通过此协议,控制器相互之间、控制器经由网络(如以太网)和其他设备之间可以通信。Modbus 协议有两种传输模式:ASCII 模式和 RTU 模式。ASCII 适用于数据量小,实时性不高的场合,在本研究中采用了纠错能力强、数据量大、实时性好的 RTU 模式^[10],以主从应答方式传输帧,以(从机地址—功能码—寄存器地址—寄存器长度—4 个状态字—CRC 校验)这样一种改进的 Modbus 协议来通信,在每个帧的传输过程中以(1 起始位—8 位数据位—2 位停止位)顺序来传输帧,帧与帧之间以 3.5 个帧传输时间标志间隔,实际应用中以 6 ms 为间隔。

通讯模块以 MCU 的串口 0 与 DSP 通信,以 MCU 的串口 1 与 PC 机通信。



与 DSP 通信时,MCU 为主机,DSP 响应 MCU 的帧,为了实时、准确地显示 32 个可控参数和 16 个实时参数,该模块将通信帧分为 3 类:查询帧,设置帧,更新变量帧,每类帧都在传统的 Modbus 协议帧数据区加上 4 个状态字,实现在 200 ms 内的参数实时更新。流程图如图 4 所示;与 PC 机通信时,PC 机为主机,MCU 响应 PC 机的帧。

3.3 显示模块

显示模块包括按键处理模块和液晶显示模块,根据按键处理得到的按键信息,结合从 DSP 通讯得到的数据,在相应的屏幕显示相应的数据,提供设置的功能,以及事件查询、告警查询。液晶显示模块提供了 6 个主菜单、12 种功能设定来满足通信丰富的功能操作,如图 5 所示。特别值得注意的是,在液晶显示时,刷屏的操作应该设置在 400 ms 以上,否则将占用太多 MCU 的时间,影响通信。

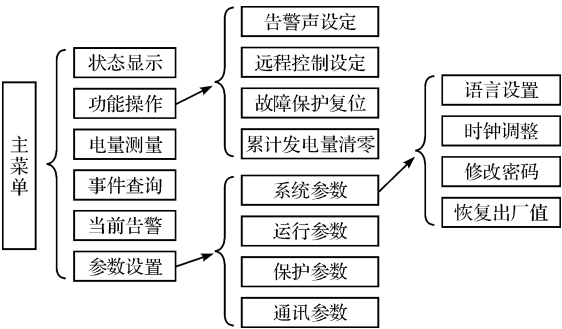


图 5 显示菜单图

3.4 告警与记录模块

在通信时,对收到的数据和 4 个状态字解析过程中,如果达到设置的告警状态,监控软件即通过报警灯报警、声音蜂鸣报警以及对告警事件的记录,供操作人员查询,由于 ROM 空间有限,系统以循环的方式不停地记录 200 条事件,最新的记录将覆盖最旧的记录。

4 测试项目与结果

为了验证本设计的内容是否达到预期的指标,在工程测试中对以下项目进行了测试,所得到的结果如表 1 所示。

根据表 1 所示的项目,对不同项目进行单独测试,以及对不同项目进行整合测试,测试结果都达到预期指标。

5 结束语

本研究的监控系统实现了如下功能:与 DSP 和 PC 机完整、良好的通信功能;详细、美观的液晶屏显示;准确的按键扫描和操作;实时、精确、丰富的参数设

置;详实的事件记录与准确、实时的告警;多模块的通讯方法。在 100 kW 光伏并网发电系统中取得了良好的效果,在测试中运行一直稳定。

表 1 测试项目及结果

测试项目	测试结果
MCU 系统与 DSP 通信时的数据传递部分	正常
MCU 系统与 DSP 通信时的参数查询帧	正常
MCU 系统与 DSP 通信时的参数设置帧	正常
MCU 系统与 DSP 通信时的参数更新帧	正常
MCU 系统与 DSP 通信时的 3 帧顺序	正常
MCU 系统与 DSP 通信时的 3 帧时间	正常
MCU 系统与 DSP 通信时的指示灯显示	正常
MCU 系统与 DSP 通信时的蜂鸣显示	正常
MCU 系统与 DSP 通信时的事件记录	正常
MCU 系统与 DSP 通信时的屏幕显示	正常
MCU 系统的按键响应	正常
MCU 系统的外部时钟读取与设置	正常
MCU 系统响应 PC 机的查询读取	正常
MCU 系统与 DSP,PC 机联合通讯	正常
MCU 系统,DSP,PC 机通信的稳定性测试(测试到 5 天)	稳定

本研究的创新点在于:以 Atmega128&64 为核心芯片,降低了成本。改进了 Modbus 协议,对 Modbus 协议进行周期性分类帧传输,取得了很好的实时效果。利用多种通讯模块的设计,实现了可选择的近程与远程通讯,其丰富的参数和功能极大地方便了对光伏并网发电系统的监视和控制。

参考文献 (References):

[1] California Energy Commission Public Interest Energy Research Renewable Program. PV system evaluation plan[EB/OL]. [2002-10-16]. <http://www.pierminigrid.org/-FinalDeliverables/project32/Task3.2.1/Endecon%20Plan.pdf>.
[2] 于 镭. 基于 modbus 协议的 DSP 与触摸屏串口通讯[J]. 微计算机信息, 2010, 26(4-2): 24-25.
[3] 尤慧芳. 用 Modbus 实现触摸屏与单片机的通信[J]. 工业控制计算机, 2008, 21(12): 63-64, 66.
[4] 汪正果. Modbus 协议在 S7-200 PLC 与 PC 机通信中的应用[J]. 煤矿机械, 2010(2): 192-194.
[5] 卢智嘉. 基于 Modbus 远程监控系统的通信研究[J]. 微计算机信息, 2008, 24(25): 157-158, 121.
[6] 李 娟. 电能监测系统中基于 modbusRTU 的多机通信[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(1): 93-96.
[7] Atmel Corporation. Atmega128 datasheet[EB/OL]. [2006-01-01]. <http://www.atmel.com>.
[8] 邓志君. 基于 RS485 接口 Modbus 协议的 PLC 与多机通讯[J]. 微型计算机信息, 2010(3-2): 107-108.
[9] MODICON Inc.. Industrial Automation System Modicon Modbus Protocol Reference Guide[M]. MODICON Inc., 1996.
[10] Modbus-IDA. Modbus application protocol specification [EB/OL]. [2010-03-01]. <http://www.modbus-ida.org>.