

基于 Blackfin531 的继电保护测试仪的设计与实现

张跃常,胡仁杰,陆建军,张毅
(东南大学 电气科学与工程系,江苏 南京 210096)

摘要:介绍了一种继电保护测试仪软硬件以及测试仪与 PC 机 USB 通信软件的设计,详细介绍了其波形产生单元(AWG)的结构和各功能模块的作用,并对测试仪的性能做了总结。

关键词: DSP 任意波形发生器 直接数字合成 USB

继电保护装置的作用是在电力系统中电气元件或设备发生故障时将故障元件从电力系统中切除,使故障原件免遭更大的破坏,并使电力系统尽快恢复正常运行。继电保护测试仪是在运行前和检修期间对继电保护装置进行检查的重要设备,它对尽早检测出保护装置的故障、保证电力系统安全稳定地运行有着重要的意义。

随着电力行业的发展和市场竞争的日趋激烈,对继电保护测试仪的要求也不断提高。以单片机作为微处理器、以串口通信方式为主的产品,应用于对时间要求高的测试项目有很大的局限性,系统设计、维护繁琐,同时串口通信无法完成高速数据采集、存储和传输,已经不能满足实际工作的需要。为了更好地满足市场需求和提高产品竞争力,提出以高性能 DSP 处理器作为微处理器、以 USB 为通信方式开发新产品,即基于 Blackfin531 的继电保护测试仪。下面介绍该测试仪的设计和实现方法。

1 系统的总体方案

如图 1 所示,整个系统由 DSP 单元、存储器(包括 Flash、SRAM、SDRAM 等)、信号发生电路(两级 D/A、FPGA、9850 等)、开关量输入输出单元(信号输出、输入量检测)、通信接口(USB 与 PC 机通信)、误差校正单元等功能模块构成。

按照功能区别,同时兼顾使用、维护方便的原则,测试仪硬件电路部分设计为五块板

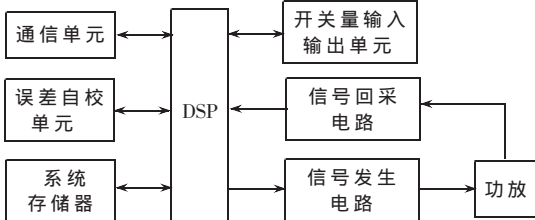


图 1 测试仪的系统结构

卡,分别为主控制板、波形发生器板(共四相,八个信号输出通道)、开关量输入板、开关量输出板和总线板。前四块板分别插在总线板上,形成一个整体。其中,波形发生器板是核心,它产生频率可变、幅值可变、相位可变的正弦波形和其他波形,如三角波形、直流、锯齿波等。限于篇幅,硬件部分只介绍波形发生器板。下面详细介绍基于 DDS 技术的任意波形发生器的硬件电路的设计。

2 波形发生器硬件电路设计

波形发生器的硬件结构框图如图 2 所示,主要包括系统控制器 Blackfin531、DDS 频率合成器 AD9850、AWG 控制器 EPIC6Q240C8、两级 DA-AD5648、AD7847、波形数据存储器 CY7C1021B 等。

2.1 系统控制器 ADSP-BF531

处理器模块是测试仪的核心部分,协调任务的同时与 PC 机通信。通过对处理器的字长、工作频率、功能、性价比等因素的比较,选用 ADI 公司的 Blackfin531 处理器。Blackfin 是 ADI 公司最新的基于微信号体系结构的

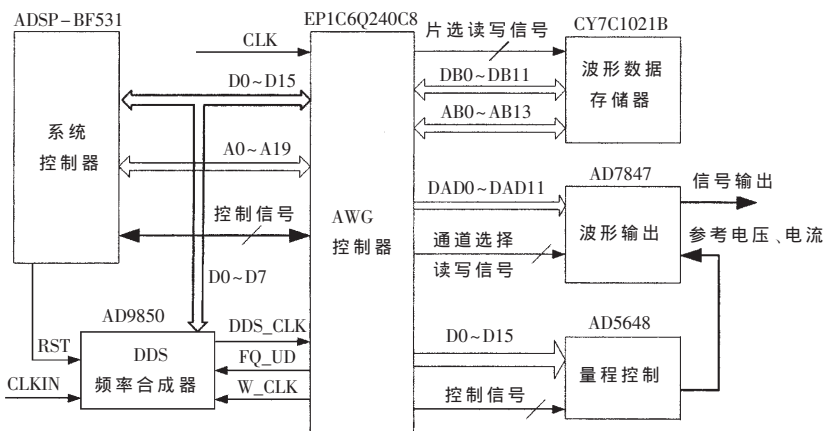


图 2 硬件接口电路图

(接上页)

果良好。此外,还可以继续开发完善控制器功能。

参考文献

1 叶佩青,汪劲松.MCX314 运动控制芯片与数控系统设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002:1~50

2 叶佩青,赵海军,郁鼎文.基于运动控制芯片的数控系统设计.制造技术与机床,2003;(10):43~45

3 MCX314 User's Manual. Plenty Island Corporation.Version 2.0, 2002

(收稿日期:2006-07-31)

DSP,是 ADI 和 Intel 联合开发的体现高性能体系结构的首款第四代 DSP 产品,它不仅特别适合于完成视频、图像、语音和数据通信的数字信号处理,同时还可提供综合的控制能力,具有灵活的软件控制动态电源管理功能以及 4GB 统一寻址空间、足够的外部通用 I/O 端口和通信接口。

2.2 DDS 频率合成器模块

频率合成器模块为波形发生器提供高稳定性和高精度的标准参考频率源。这里采用 ADI 公司的 DDS 频率合成器 AD9850,它具有频率分辨率高、输出频谱纯度高和快速频率转换等性能;内部包含 DAC 及高速比较器,可独立地完成 DDS 的全部功能;时钟频率达 125MHz,具有 5bit 相位调制功能;频率调谐、控制和相位调制字可以以并行或串行的方式送入 AD9850。并行加载 AD9850 的接口电路如图 3 所示。

2.3 AWG 控制器 EP1C6Q240C8

FPGA 是实现 DDS 控制的核心控制单元,根据系统设计的要求,选用 ALTERA 公司的 Cyclone 系列 FPGA EP1C6Q240C8,它的主要功能和性能指标:240 个管脚(185 个可用 I/O 口);专用接口支持高速存储器件,包括 133MHz (266Mbps) DDR SDRAM 和 FCRAM 器件,还支持 SDR SDRAM 接口;5980 个 LE,20 块 M4K RAM 等。

2.4 D/A 模块

D/A 模块主要实现波形的输出。为了获得较高量程范围的 D/A 输出,本设计采用两级 D/A 输出,第一级为量程控制模块 AD5648,第二级为波形输出模块 AD7847。

2.4.1 量程控制模块 AD5648

AD5648 是 ANALOG DEVICES 公司生产的高精度八通道 D/A 转换器,分辨率为 14 位,单电源供电,三线制,

兼容 SPI 总线。

2.4.2 波形输出模块 AD7847

AD7847 是美国 ANALOG DEVICE 公司生产的高性能的 D/A 转换器,集成了两个独立、完整的数/模转换器和输出放大器的 CMOS 芯片。不需要外部的调整电路就可以获得指定的性能指标。高速的并行数据锁存,芯片的分辨率为 12 位,精度为 $\pm 1\text{LSB}$,数据建立时间典型值是 $4\mu\text{s}$ 。

2.5 其他重要模块

由于任意波形发生器工作在 DDS 方式下,为提高工作效率,本设计采用两块 RAM,在一个 RAM 作为 DDS 方式的输出数据源时,同时对另外一块 RAM 进行数据的更新,大大提高了工作效率。RAM 采用 CYPRESS 公司的 $64\text{KB}\times 16$ 的 SRAM CY7C1021B。

3 继电保护测试仪的软件实现

3.1 软件系统的总体设计

软件系统主要包括主控模块软件和 USB 通信软件。主控模块软件的设计任务主要是完成上述通信任务的设置与信息的交互,并在此基础上完成各种具体测试。USB 通信模块主要处理上下位机之间的数据交换。开发环境采用 ADI 公司的 VisaulDSP++4.0。

3.2 软件系统的实现

3.2.1 主控模块的软件设计

事件驱动、消息响应的编程思想源于 Windows 编程,也常用于单片机或 DSP 构成的测控系统软件设计中。事件是指改变系统运行状态和运行流程的系统外部或内部的变化,消息是表示事件是否发生的标志。本测试仪系统即采用了这种编程思想,定义了十多个事件,将这些事件分为六类,分别为:故障事件、外部事件、测试事件、USB 事件、定时器事件、复位和空闲事件,每一

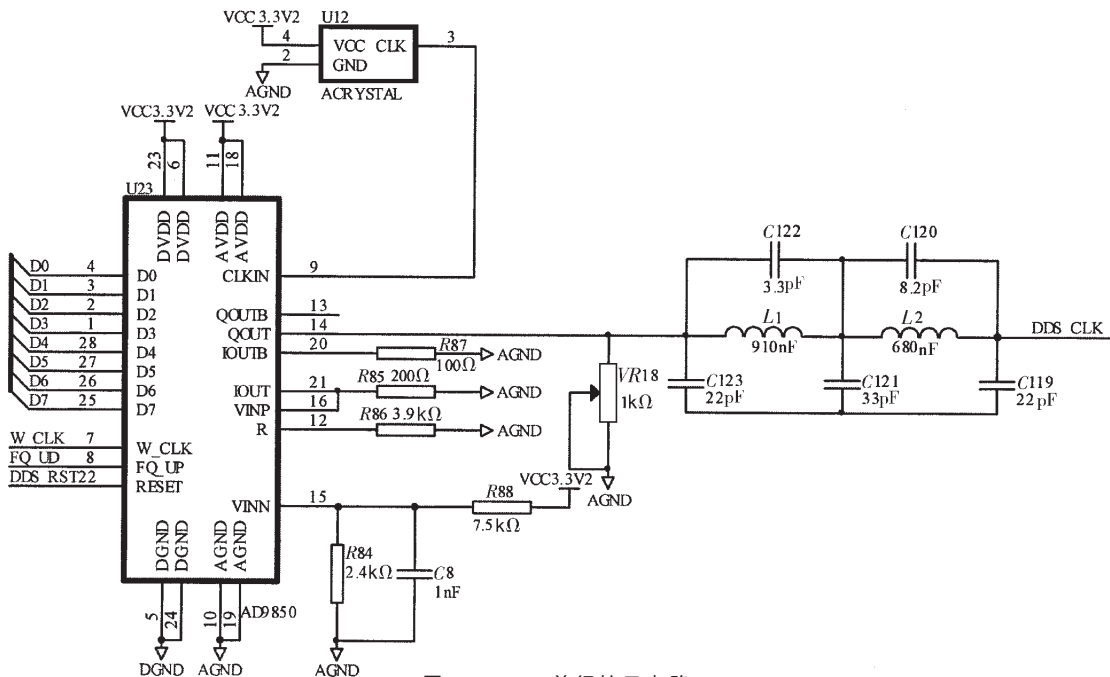


图 3 AD9850 并行接口电路

自动化技术

类事件中又包含若干个子事件。考虑事件的紧急程度和重要程度的不同,对事件定义了优先级,优先级高的事件先处理。表 1 详细描述了系统中各个事件及其代码、优先级等内容。

表 1 事件信息表

位分配	屏蔽字节	优先级分组	事件名称	优先级
bit 0	00000000	故障事件	设备故障	最高
			USB 通信故障	最高
bit 1	00000001	外部事件	测试产生的外部中断	高
bit 2	00000011	测试事件	测试正在进行	较高
bit 3	00000111	USB 处理	USB 命令处理	一般
bit 4	00001111	定时器溢出	内核定时器	较低
			通用定时器	较低
bit 5	00011111	复位事件	Reset	低
bit 6	00111111	Reserve	Reserve	
bit 7	01111111	空闲事件	空闲事件	最低

利用一个字节定义事件及其优先级,称该字节为事件字节 GlobeEvent,事件字节中的 8 位对应八种类型事件,位在字节中的偏移量定义事件的优先级,偏移量值越小优先级越高;每一位又用作消息,值为 1 时表示事件发生,为 0 表示事件未发生。

利用事件字节、屏蔽字节和事件标识,便可以实现基于事件优先级的事务处理方法,做到多个事件同时发生时,优先级高的事件总是先得到服务。实现方法如下:

```
if (((GlobeEvent & EventFlag)) && !(GlobeEvent & EventMask))
{task;}
```

(GlobeEvent & EventFlag)==1 表示事件已发生,!(GlobeEvent & EventMask)==1 表示没有更高优先级的事件发生,只有两个条件同时满足时才执行具体的任务处理。如果!(GlobeEvent & EventMask)为假表示有更高优先级事件发生,系统会退出当前事件处理,去处理优先级更高的事件。若在每个事件处理之前都使用上述判断,即可实现基于优先级的事件处理。

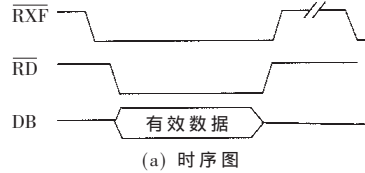
3.2.2 USB 通信程序

USB 通信程序负责接收上位机(PC机)的命令或数据,并发送下位机(测试仪)的数据。FTDI 公司提供了虚拟串行口 VCP(Virtual COM Port)驱动程序,可以利用这个虚拟串口进行应用程序的开发。

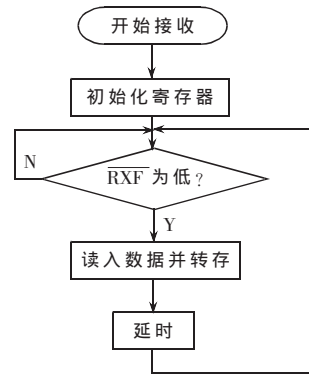
在 PC 机端,应用 VB 对虚拟串口进行应用编程:直接应用 MSComm 控件,将 MSComm3.CommPort 置为 3,MSComm3.Settings 置为“9600,n,8,1”(该速率为默认设置,实际上 VCP 驱动程序总是使数据以最快速率传输);通过 MSComm3.PortOpen 设置 COM3 的开关状态;通过 MSComm3.Input 和 MSComm3.Output 读入或输出数据。在读取数据时,设置 MSComm3.Rthreshold 的值为 1。只要有数据传到 PC 机,就立即触发 MSComm3.CommEvent 事件,自动读取 COM3 的数据;而发送数据则可自动或手

动发送,由用户自己设置。根据这些,用户就可以轻松编写自己的应用程序了。

在设备端,根据图 4 所示的接收数据时序图和流程图,编写接收数据的程序。同理根据图 5 所示的发送数据时序图,编写相应的发送数据的程序。设备程序可以在此基础上进一步开发,即用户根据自己的具体项目进行编程。



(a) 时序图



(b) 流程图

图 4 接收数据时序及流程图

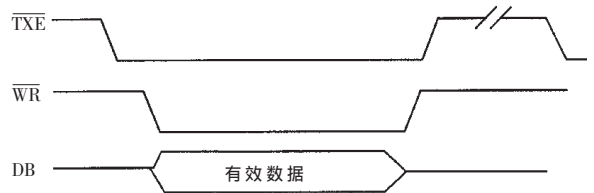


图 5 发送数据时序图

本文介绍的继电保护测试仪采用 ADSP-BF531 作为系统控制器,可以满足测试精度和速度的要求。通过 USB 通讯,满足了大数据量快速传送,拓宽了测试项目。此测试仪在实际应用中性能稳定,很好地实现了设计指标。

参考文献

- 1 陈峰. Blackfin 系列 DSP 原理与系统设计.北京:电子工业出版社,2004
- 2 苏涛,蔡建隆.DSP 接口电路设计与编程.西安:西安电子科技大学出版社,2003
- 3 王诚,吴继华. Altera FPGA/CPLD 设计.北京:人民邮电出版社,2005
- 4 胡仁杰.高分辨率任意波形发生器的实现.东南大学学报(自然科学版),2002
- 5 张毅. RT-DSP 微型继电保护测试装置的研制: [硕士学位论文].南京:东南大学,2006.3

(收稿日期:2006-07-28)