

数字存储示波器的研究与设计

郭海丽, 王紫婷

(兰州交通大学电子与信息工程学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 与传统的模拟示波器相比, 数字存储示波器可显示非周期波形并可存储波形, 同时具有携带方便等优点, 文中详细介绍了数字存储示波器的原理及特点, 给出了一种以单片机和可编程逻辑器件为控制核心的设计方案, 同时给出了其硬件和软件设计的结构及思路。

关键词: 数字存储示波器; 单片机; 可编程逻辑器

0 引言

近年来, 随着科学技术的发展, 数字存储示波器以其高精度、高性能在示波器家族中脱颖而出。它使得示波器不仅能收集和显示信息, 而且能计算和分析信息, 还能根据预先编好的程序进行微分、积分、平均、平方根、有效值等多种运算, 并能自动校准、纠错以及自动进行数据交换等。因此, 数字存储示波器在科学研究和工程设计中大有全面取代模拟示波器之势。但是, 目前数字存储示波器的研究在国内尚属起步阶段, 数字存储示波器在我国还主要依赖进口, 且价格昂贵, 因而阻碍了我国电子及相关行业的发展。为此, 本文提出了一种以单片机和可编程逻辑器件为控制核心的数字存储示波器的设计方案。

1 数字存储示波器的工作原理

数字存储示波器不是将波形存储在示波管内的存储栅网上, 而是存在存储器中, 因而存储时间可以无限长。实际上, 数字存储示波器是一种既具有实时观察功能, 又具有波形存储能力, 同时又具有信号处理能力和电路分析功能的高精确度、操作简单、可以通过计算机进行程序自动测量的高智能化示波器。

数字存储示波器主要利用A/D转换技术和数字存储技术来工作, 它能迅速捕捉瞬变信号并长期保存。该示波器首先对模拟信号进行高速采样

以获得相应的数字数据并存储, 存储器中储存的数据用来在示波器的屏幕上重建信号波形; 然后利用数字信号处理技术对采样得到的数字信号进行相关处理与运算, 从而获得所需要的各种信号参数; 最后, 该示波器根据得到的信号参数绘制信号波形, 并对被测信号进行实时、瞬态分析, 以方便用户了解信号质量, 快速准确地进行故障诊断。图1为数字存储示波器的基本原理方框图。

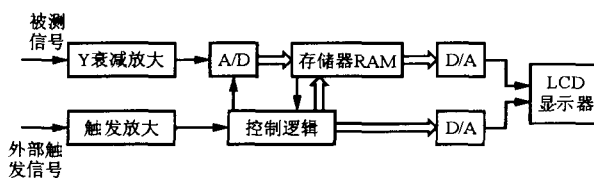


图1 数字存储示波器原理框图

2 数字存储示波器的主要特点

与传统的模拟示波器相比, 数字存储示波器有其非常突出的特点, 其具体表现如下:

(1) 信号采样速率大大提高

数字存储示波器首先在采样速率上有较大地提高。可从最初采样速率等于两倍带宽提高至五倍甚至十倍。相应对正弦波取样引入的失真也从10%降低至3%甚至1%。

(2) 显示更新速率更高

数字存储示波器的显示更新速率最高可达每秒40万个波形, 因而在观察偶发信号和捕捉毛刺脉冲方面更加方便。

(3) 波形的采样、存储与显示可以分离

在存储阶段, 数字示波器可对快速信号采用

较高的速率进行采样与存储,而对慢速信号则采用较低速率进行采样与存储;在显示阶段,不同频率的信号读出速度可以采用一个固定的速率,并可以无闪烁地观测极慢信号与单次信号,这是模拟示波器所无能为力的。

(4) 存储时间长

由于数字存储示波器是把模拟信号用数字方式存储起来,因此,其存储时间理论上可以无限长。

(5) 显示方式灵活多样

为适应对不同波形的观测,数字存储示波器有滚动显示、刷新显示、存储显示、插值显示等多种显示方式。

(6) 测量结果准确

LCD上每个光点都对应存储区内确定的数据。操作时可用面板上的控制装置(如游标)在LCD上标示两个被测点,以算出两点间的电压或电流,再利用计算机的字符显示功能在LCD上直接显示测量结果,从而减少了人为误差,提高了测量的准确度。

(7) 触发功能先进

与模拟示波器不同,数字存储示波器不仅能显示触发后的信号,而且能显示触发前的信号,还可以任意选择超前和滞后的时间。

(8) 便于程控并具有多种方式的输出

由于数字存储示波器的主要部分是数字系统,又由微计算机管理,故可通过接口接受程序控制,也可通过接口用于各种方式的输出。

3 数字存储示波器的硬件设计

根据数字存储示波器的工作原理,本文提出的数字存储示波器设计方案以单片机和可编程逻辑器件为控制核心,来控制其它外围芯片和模块的A/D转换、数据存取、键盘操作和液晶显示等功能。整个系统有两个控制芯片:单片机8051和可编程逻辑器件MAX7128S。其中单片机用于实现的功能主要是完成人机界面的操作(即键盘操作和液晶显示);可编程逻辑器件实现的功能主要是A/D转换和数据存取。其系统功能框图如图2所示。

本设计方案首先对被测波形进行A/D转换,

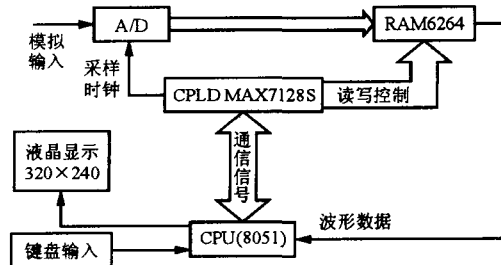


图2 系统功能框图

以将模拟量转换成数字量,然后对数字量进行存储,这样,当输入波形取消后,系统仍然可以从RAM中读取波形信息。波形的显示是通过将数字量转换成液晶显示屏上点的坐标来实现的。因为数字存储示波器的显示原理与传统示波器的显示原理不同,它是通过点亮液晶显示屏上某些点来显示波形的。因此,只要编写一段程序来将数字量转换成液晶显示屏上点的坐标,再编写将液晶显示屏上某点点亮的程序,就可以在液晶显示屏上显示输入的波形。而且液晶显示的人机界面比较友好,液晶显示屏上还可以显示下一步操作的提示和当前的信息。为了使该系统更具可控性,本设计还引入了键盘操作模块,故可以通过键盘输入来设定示波器的工作方式以及其它功能选项。

本设计中,A/D转换器选用的是TI公司的TLC5510高速模数转换器。此器件可用于视频处理、高速数据转换等,TLC5510采用CMOS工艺制造,精度为8位,转换速率是20MSPS(每秒采样20M次),采用半闪速(SemiFlash)结构,且内建采样保持(S/H)电路。

从图2可以看出,该系统的外围芯片均由CPU和CPLD来控制,而CPLD与CPU之间可通过相互通信来获取当前系统的工作状态。本系统主要分成两个模块:数据采集模块和数据处理模块。

4 系统软件设计

本系统的软件整体结构如图3所示,包括上电初始化程序、主循环和中断处理程序三大部分。系统初始化后,程序将运行在主循环中,不断进行数据采集、处理、显示和再采集。键盘电路工作在中断模式,当有键盘按下时,程序进入键盘中断服务程序以响应用户的 (下转第51页)

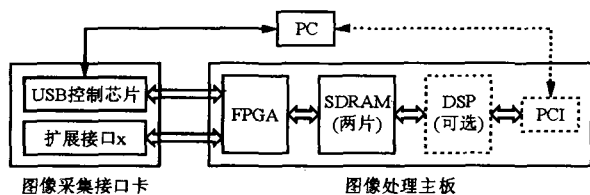


图3 接口卡与图像信号处理主板应用框图

果采用DSP方案,那么FPGA在这里起到的作用更像一个全局的控制器。它要完成对接口卡数据采集接收、对SDRAM的乒乓操作和对DSP的配置等。

由于现在FPGA芯片的功能越来越强大,用单片FPGA再加上几片高速SDRAM实现图像处理已很方便,因此,根据图像处理的难易程度,可以选用不同的FPGA芯片。例如,如果要进行MPEG标准的图像压缩,可选用XILINX公司的VIRTEX系列高端FPGA,它含有IBM PowerPC硬核,特别适合复杂高速数字图像处理并可省去DSP芯片。而如果要进行JPEG标准的图像压缩,则可选用XILINX公司的SPARTAN3高性价比FPGA芯片,20万门级的FPGA就可以完全实现JPEG编码系统。

本应用系统采用FPGA来直接完成JPEG图像压缩算法,以将来自接口卡上COMS图像传感器采集的图像数据进行校正、格式转换、亚取样、DCT变换、量化、熵编码等变换,然后输出符合ISO/IEC 10918-1标准的JPEG码流。之后通过FPGA再将控制码流传递给USB控制芯片,最后通过USB协议完成JPEG码流到主机的传输。

限于篇幅,本文不再讨论主机USB驱动程序的设计和基于FPGA的图像处理算法的实现。实际上,对于分辨率为640×480,帧率为25帧/秒的数字图像,本设计的整个系统工作完全正常,采集图像稳定,无噪点。

5 结束语

本文给出的图像采集卡设计是一种将图像采集和处理系统相分离,从而实现图像采集前端处理全部功能的图像采集接口卡。这种没从结构上减轻了图像采集卡的负担,降低了成本,使数据处理高频电路得以解放,因而可更好地对其进行电磁屏蔽。本系统可以通过扩展口直接提取原始采集数据,从而弥补了很多图像采集卡只能提取处理完的数据的缺点;而采用USB2.0接口输出数据也比PCI接口使用更方便、更简单、更易于电磁屏蔽;既可以独立又可以互补电源系统的提高了系统稳定性,降低了噪声。

参考文献

- [1] 周富强,张广军.视觉检测中高速图像采集技术的研究[J].北京航空航天大学学报,2002,28(2):157~160.
- [2] 王阿川.基于FPGA高速图像采集卡的研制[J].PROCESS AUTOMATION INSTRUMENTATION,June 2005,26(6):21~22.
- [3] 孔祥刚,诸静.SAA7113H在视频采集接口设计中的应用[J].电子技术,2003,(12):26~27.

(上接第48页)

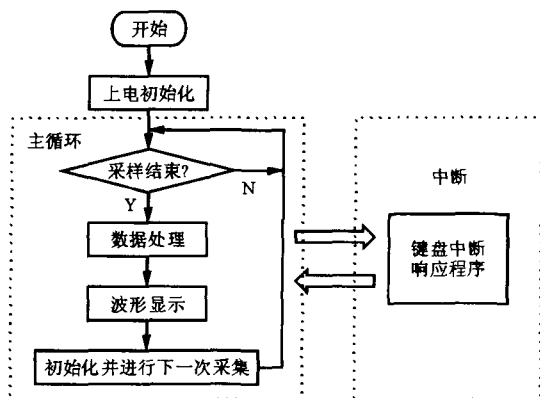


图3 系统主程序框图

操作并设置状态标志。主循环根据响应的状态标志决定数据处理方式和显示方式。

5 结束语

利用本文提出的以单片机和可编程逻辑器件为控制核心的数字存储示波器可以实现波形的采集、存储、参数的处理与计算等功能,而且轻巧便携、简单实用。而利用该示波器的通讯功能还可以与外部计算机相连以进行更为复杂的数据运算、分析和处理,从而为工业现场应用和科学研究提供很大的方便。要数字存储示波器它与模拟示波器相比,具有极强的优越性,且随着科学技术的不断进步和其制造成本及市场价格的不断下降,其发展前景十分看好。