

高速数字示波器的设计

廖慧平 陈亮 潘军秋 管志鹏 陈玲英

数字示波器是将模拟输入的信号变成数字信号存储于内存中,同时在 LCD 上显示波形,即使在输入波形已经停止,由于记忆作用,程序也可以让示波器反复显示波形。目前市场中有许多品种的数字存储示波器(DSO),高性能的 DSO 的带宽已经上升到 1GHz 甚至更高,当然价格不菲。大多数情况下,在对示波器性能要求不是很高时,即可自己设计了一款价廉物美的数字示波器。

本文主要介绍一种具有实时采样和等效采样的数字示波器,以 EP1C3T144C8 和 AT89S52 为核心,结合 AD7821 高速 A/D 转换芯片,实现对被测信号的采集,并将采集到的数据存储在双口 RAM 中,最终在大屏幕图形点阵液晶 CSD160128 上显

示。

1. 系统硬件结构

系统主要由大屏幕图形点阵液晶显示模块、程控时钟 DDS 模块、高速 AD 采样模块、FPGA 等精度测频模块、数据存储单元及单片机控制系统七大功能模块构成,结构框图如图 1 所示。被测信号先经过 FPGA 等精度测频,同时单片机根据频率选择不同的采样方式,控制 DDS 产生不同的 CLK 作为 A/D 的采样速率;然后信号经放大整形,采样保持电路输出到 A/D 转换器;A/D 转换之后,将数据输到 RAM(62256)中,单片机从 62256 读取数据,并在 160128 液晶上显示相应的波形。

1.1 大屏幕图形点阵液晶显示模块

文中选用 CM160128 液晶实现波形的显示。CM160128 是一种图形点阵液晶显示器,由控制器 T6939C、行驱动器、列驱动器及 160*128 全点阵液晶显示器组成,可显示图形、10*8 个汉字,亦可以执行位操作,方便地显示波形。

1.2 程控时钟 DDS 模块

本文采用内含可编程 DDS 系统和高速比较器的 AD9850 芯片,实现全数字编程控制的频率合成。当 DDS 模块与精密时钟源相连,并写入频率相位控制字之后,即可产生一个频率和相位均可编程控制的模拟正弦波输出。此正弦波可直接作为频率

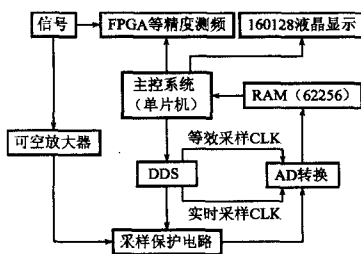


图 1

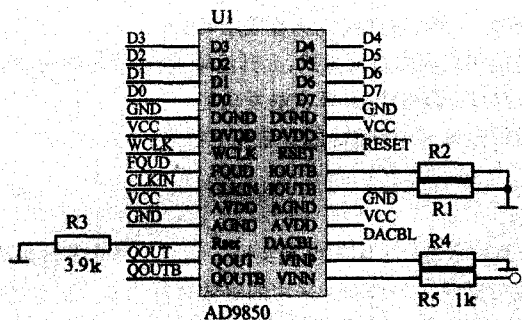


图 2

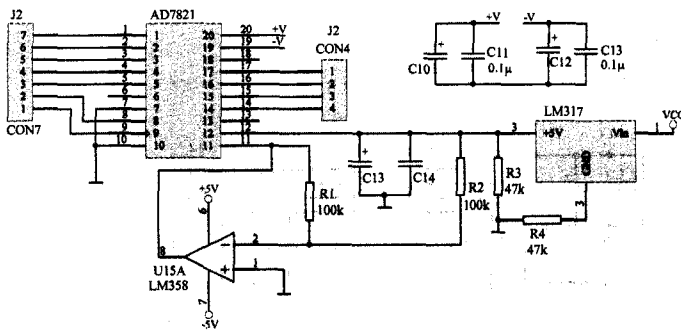


图 3

信号源或经内部高速比较器转换为方波输出,最小步进值可达0.0291Hz。其电路如图2所示。

1.3 高速AD采样模块

AD7821为一款高速8位并口取样模拟-数字转换器,转换时间为660ns,最高采样率为1MHz,具有RD和WR-RD两种模式。本文采用RD模式,其硬件电路图如图3所示。

1.4 FPGA等精度测频模块

测频方式分为直接测量和等精度测量两种。其中,直接测量又分测频率和测周期两种方式,控制简单,但精度不高,误差会随着时间累加;等精度测频时,由于闸门时间的起始点由被测信号触发,因而误差不会累加,精度大大提高。故本文采用FPGA等精度测频模块。

1.5 数据存储模块

存储方式有单口RAM存储、双口RAM存储和EEPROM存储三种方式。基于性价比的考虑,文中设计采用单口RAM62256和74HC573自制双口RAM,解决了高速存储和读取的问题。

1.6 单片机控制模块

设计中,单片机通过接收FPGA等精度测频模块得到的被测信号的频率控制DDS模块,产生不同的采样频率,并控制外部数据存储器62256的数据读写及控制CM160128显示被测信号的波形。

1.7 采样保持模块

采样保持模块采用高速单片采样保持放大器AD781,输入阻抗为50M Ω ,其构成的采样保持电路如图4所示。该电路能提取高频信号,并保持信号频谱特性,经延时后输入AD进行采样。

2. 等效采样的理论分析

采样时小信号采用实时采样,大信号采用等效采样。

等效采样为本文设计的关键点和创新点。等效采样能通过对周期信号在不同周期内进行等间隔采样,并把在信号的不同周期中采样得到的数据进行重组,从而重建原始的信号波形。复现的信号虽然在频率上失真了,但是保留了信号的基本变化规律,如同实时采样的信号被扩展。它与实时采样的最大区别在于只采样周期信号,但是对信号的频率不受限制;而实时采样可以采样任何信号,但是对信号的频率具有限制。

3. 软件设计流程

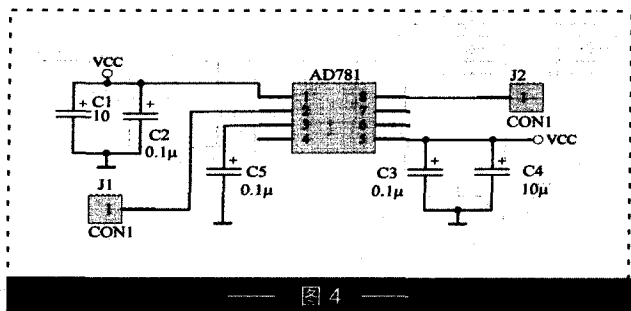


图4

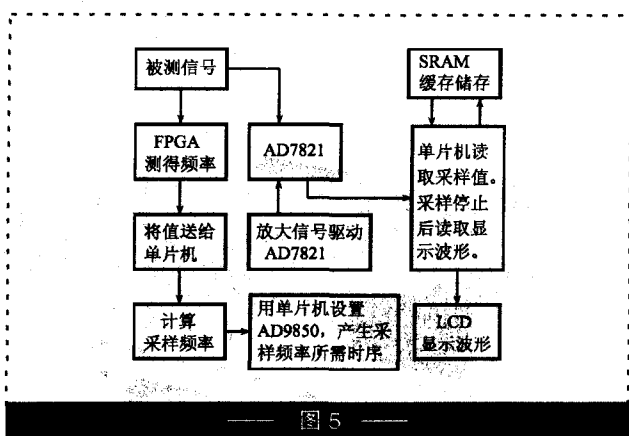


图5

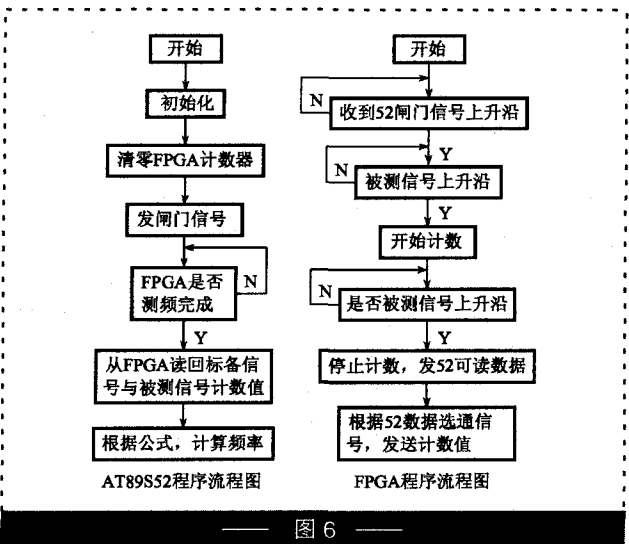


图6

等效测量程序设计流程图如图5所示,等精度测量程序设计流程图如图6所示。

4. 主要技术性能指标

- ①被测周期信号的频率范围为10Hz~10MHz,输入阻抗为1M Ω ,垂直分辨率为8bits,水平显示分辨率 ≥ 20 点/div。
- ②垂直灵敏度含1V/div、0.1V/div、2mV/div三档;电压测量误差 $\leq 5\%$ 。
- ③等效采样速率 ≥ 200 MSa/s;扫描速度含20ms/div、2 μ s/div、100ns/div三档,波形周期测量误差 $\leq 5\%$ 。
- ④触发电路采用内触发方式,上升沿触发,触发电平可调。
- ⑤具有存储/调出功能、单次触发功能。
- ⑥能提供频率为100kHz的方波校准信号。

5. 结束语

笔者通过本设计方案很好地实现了实时采样和等效采样,能够实现波形复现,效果较好,采用的等效采样为本文设计的难点,具有性价比高,应用前景广阔。