

# 一种低成本数字示波器的设计与实现

姚秋林, 刘云

(仲恺农业技术学院信息学院, 广州 510225)

**摘要:** 以 89C52 单片机为核心, 设计并实现了一个低成本的数字示波器。系统由宽带电压跟随器、放大倍数调整模块、测频模块、采样保持模块、AD 转换模块、数据存储模块、波形显示等功能模块组成, 根据要求, 对采样保持、水平扫描速度和垂直灵敏度的自动设置功能及波形参数测量功能等关键模块进行了重点优化。

**关键词:** 数字示波器; 宽带电压跟随器; A/D 转换器; EDA

## 0 引言

数字示波器具有传统模拟示波器远不能及的功能、精度和带宽, 然而当前商用示波器普遍价格昂贵, 本文介绍一种低成本的数字示波器的设计与实现, 该示波器的采样方式可以是实时采样也可以是等效采样, 当输入信号的频率小于 1MHz 时, 选用实时采样方式, 否则选用等效采样。

## 1 总体设计

为了对提高对输入信号的适应能力, 本设计方案采用双单片机方式。由一单片机控制电压放大, 采样方式选择, 启动 A/D 转换, 读入采集到的数据, 然后转存到 RAM 内, 当达到一定的存储深度; 另一片单片机开始对 RAM 读取数据, 把数据送到 D/A 转换芯片输出。采用两片单片机结构改进了数据的采集速度, 而且读写时序更容易控制与实现, 系统设计原理结构图如图 1 所示。在系统的开发过程中, 使用了 Proteus 7.1 仿真软件、KEIL C3.0 编译软件, Proteus 7.1 可以对整个电路图的各个模块进行仿真, 这使得硬件开发调试可以与软件开发调试同步进行, 提高了开发效率。

## 2 硬件模块设计

### 2.1 电压跟随器与放大倍数调整电路

由于被测周期信号的频率范围为 10Hz~10MHz, 且输入阻抗需要 1M 欧, 本设计中选用 AD843 作为电压跟随器, 其独特的互补双极型场效应管的内部结构使得 AD843 具有高输入阻抗和低输出阻抗的特点。

采用集成运放 OP37(低噪音高速精密运算放大器)对电压电流信号进行放大。OP37 增益带宽与转换速率很高, 最大信号电压增益可达 1000 多倍。4051 为八选一模拟开关, 具有双向传输性能。用单片机控制其选通端进行换档, 实现放大电路中反馈通路的选择以调节放大倍数, 达到调节垂直灵敏度的目的。

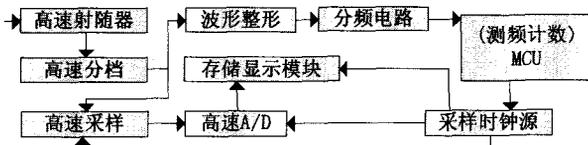


图 1 系统设计原理结构图

### 2.2 测频与分频模块

频率测量电路先将输入信号整形成矩形波, 由于输入信号频率可能很高, 需要先对其进行分频, 再送入单片机计数器计数。单片机根据单位时间内信号的过零点次数确定信号频率, 以选择触发条件, 决定采用实时采样还是等效采样, 从而实现数据的采集。

### 2.3 实时采样保持模块

采样保持电路使用高速采样的 LF198 来实现, 具有输入阻抗高, 采样速率快, 下降速率低等一系列优良的交直性能, 被广泛应用于高精度采样保持电路中。由受单片机控制的采样时钟源作为其工作时钟。当时钟上升沿到来时, 执行数据采样, 下降沿到来时, 则停止采样, 进行数据保持。

收稿日期: 2008-01-07 修稿日期: 2008-05-14

作者简介: 姚秋林(1985-), 男, 广东汕头人, 本科, 研究方向为嵌入式系统

## 开发案例

### 2.4 采集存储电路与控制显示电路

采集存储电路的作用是将 A/D 变换后的通道数据写入存储器中。其控制逻辑包括接口,触发控制模块,采集存储控制模块。存储器的存储过程可以分解成 3 个过程:①地址码加在 RAM 芯片的地址输入端,选中相应的存储单元,使其可以进行写操作;②将要写入的数据放在数据总线上;③加上片选信号及写信号,这两个有效信号打开三态门,使 DB 上的数据进入输入回路,送到存储单元的位线上,从而写入该存储单元。

显示采用示波器的 X-Y 方式。在 X-Y 方式下,用第二片单片机经两个 DAC0832 分别送出存储信号到 Y 轴,锯齿波信号到 X 轴,则可在示波器上看到类似于输入信号的波形。

### 3 软件设计

本系统软件主程序流程图如图 2 所示。软件关键部分为采样模式选择子程序、数据采集子程序和显示子程序。采样模式子程序由测频电路进行条件判断,然后有单片机选择合适的时钟对采样保持电路进行触发。数据采集子程序以第一片单片机为控制核心,进行数据采集,并直接把数据送入存储器中。显示子程序以第二片单片机控制,把存储在存储器中的数据送到 D/A 转换接到示波器的 Y 输入口;同时用第二片单片机产生对应的扫描锯齿波送到 D/A 转换接到示波器的 X 输入口,采用 X-Y 方式在示波器上显示波形。

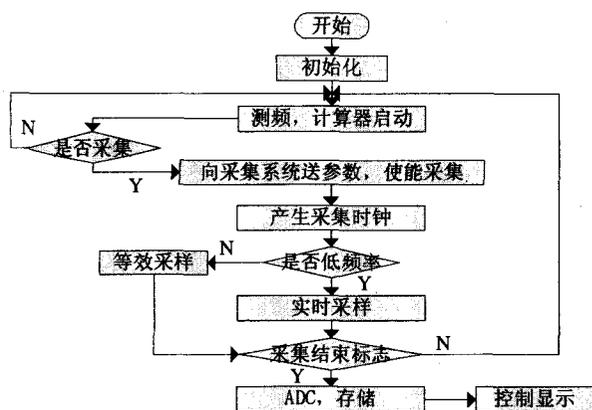


图 2 系统软件流程图

### 4 测试与数据分析

使用 TFG2006V DDS 函数信号发生器、EE1051

型高频信号发生器、Tektronix Tds1001 40MHZ 数字示波器、新乐 DT9205 数字万用表等仪器对本示波器进行性能测定,数据结果如下:

(1)垂直灵敏度及误差

测试条件:信号频率为 1KHz。测试数据如表 1 所示。

表 1 测量数据分析

信号峰-峰值	垂直灵敏度	本示波器显示值	Tektronix 测量值	误差
2V	1.0V/div	1.97V	2V	1.5%
1V	0.5V/div	1.01V	1V	1%
0.2V	0.1V/div	0.2V	0.2V	0

(2)波形周期测量误差

在不同频率下,用示波器测试输出波形周期误差如表 2 所示。

表 2 波形周期误差(实时采样)

输入信号周期/S	实时采样输出周期/S	测量误差
$10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-3}$	2%
$10^{-2}$	$1.030 \times 10^{-2}$	3.2%
$10^{-5}$	$1.03 \times 10^{-5}$	3%
$10^{-6}$	$1.01 \times 10^{-6}$	1%

### 5 结语

之所以会产生一定误差,可能是因为 OP37 作为放大电路的时候会产生自激干扰,测量误差还可能来自电磁干扰,由于实验场地有很多电脑和仪器使用开关电源,电磁噪声很大。但总的来看,系统误差在容忍范围之内,不影响整个系统的最终效果。

#### 参考文献

- [1]戴佳,戴卫恒. 51 单片机 C 语言应用程序设计实例精讲[M]. 北京:电子工业出版社,2006-4
- [2]张国礼,孙万蓉. 基于随机等效采样的高速数据采集系统的设计[J]. 现代电子技术,2004,(24):3~5
- [3]雷武虎. VXI 等效采样示波器模块的设计方法[J]. 数据采集与处理,2001,(3):16
- [4]李宛州. 随机采样原理在远程超宽带雷达信号采样中的应用[J]. 清华大学学报,2001,(3):41~42
- [5]杨乐平,吕英军. 虚拟数字示波器的设计和实现[J]. 电子技术应用,2000,(7):21~22

(下转第 114 页)

## 开发案例

信技术的智能家居系统性能优越、结构清晰、成本低并具有较好的扩展性。用户在增加家电设备时,只需要在新增加的家电设备中嵌入 ZigBee 模块,就能自动对其进行编址,从而实现对其的控制与监测,安装容易、配置灵活,既方便又快捷。

### 参考文献

[1]张周,周剑扬,闫沫. ZigBee 在智能家居系统中的应用研究[J]. 工业控制计算机,2006,19(12):7~9

[2]李成大,张京,倪继烈. 基于 ZigBee 无线通信技术的智能家居系统[J]. 电讯技术,2007,47(5):63~66

[3]冯平鸽,冯林,魏振春. ZigBee 技术在家庭网络中应用的一种网络模型[J]. 河南科技大学学报(自然科学版),2005,26(6):43~46

[4]李兰英,杨晨. 基于 S3C44BOX 的智能家居终端控制系统的设计与实现[J]. 哈尔滨理工大学学报,2007,12(3):84~90

# Design of Smart Home System Based on ARM9 and ZigBee

ZHANG Yan-li , YAN You-yun , TU Dong-bing

(Department of Electrical Engineering and Automation, Henan Polytechnic University, JiaoZuo 454000)

**Abstract:** A smart home system is developed based on embedded technology and ZigBee wireless communication technology. Present a total structure of smart home system, designs hardware and software of every part and describes several key issues to realize the system. The user can monitor the system by home gateway and manage and monitor house wiring devices from remote, which are joined in the network, with a handheld device (e.g. PDA) embedded ZigBee module in house.

**Keywords:** Smart Home; ARM9; Home Gateway; ZigBee

(上接第 111 页)

# Design and Implement of a Low-Cost Digital Oscilloscope

YAO Qiu-lin , LIU Yun

(Information College, Zhongkai University of Agriculture and Technology, Guangzhou 510225)

**Abstract:** Takes 89C52 MCU as the core, designs and realizes a low cost digital oscilloscope. The system consists of broad band voltage follower, magnification adjustor, frequency measurer, sampler, A/D converter, and data storage module, waveform displayer etc. According to the basic requirements, some important modules(such as the sampler, scanning speed and vertical sensitivity auto settings function, automatic measurement of waveform parameters etc.) are optimized in the design.

**Keywords:** Digital Oscilloscope; Broad Band Voltage Follower; A/D Converter; EDA