

存储示波表中常用电气参数测量设计

Design of Measurement of Common Electric Parameters in Memory Oscilloscope

(1. 东莞理工学院; 2. 湖南科技大学) 宋跃¹ 周明辉² 雷瑞庭² 谭爱群¹

Song, Yue Zhou, Minghui Lei, Ruiting Tai, Aiqun

摘要:在基于 ARM&MCU 的存储示波表设计中,为满足高精度多元电气参数测量,选用了 ADS1211 24 位的 AD 转换芯片实现了 5 位半的万用表测量,运用等精度和闸门计数技术在 FPGA 中实现通用计数器参数测量,实验表明该设计是行之有效的。本文讨论了系统设计方案,重点给出了 ADS1211 应用、FPGA 的设计思想和实现方法。

关键词:电气参数测量; ADS1211; 万用表; 通用计数器; FPGA

中图分类号: TP274; TM935

文件标识码: A

文章编号: 1008-0570(2005)11-1-0114-03

Abstract: To meet the requirements of high precision measurement of electric parameters in the design of memory oscillograph, a 24 bit AD chip ADS1211 was used to actualize the five and a half bits high precision multimeter, equal precision and gate count technology were applied for common counter measure on FPGA, experiments showed the design was feasible, its system design plan was discussed, design thought and practise method of ADS1211 and FPGA were given mainly in the paper.

Key words: Measurement of Electric Parameters; ADS1211; Multimeter; Common Counter; FPGA

目前国内外利用嵌入式技术设计的存储示波器,除具有优良的存储示波器显示功能外,还兼有高精度的常用电气参数测量功能来提高仪器的性价比。本文介绍在本存储示波表设计中,在 ARM 和 MCU 主从 μP 的控制下,以 FPGA 为通用计数器数字平台,选用 ADS1211 24 位的 AD 转换芯片,联合完成对 DC~100KHz 的交直流电压、交直流电流、电阻,以及 DC~100MHz 信号频率、周期、脉宽、占空比、计数、相位差等常用电气参数的高精度测量的设计。

1 存储示波表结构设计

本系统在功能上可分为输入预处理、示波表数据采集、多微处理器、数字平台、电气参数测量、存储器、系统接口七大部分。

(1) 输入预处理电路模块对 DC~100MHz、 $\pm 50V_{\text{TP}}$ 的 A、B 通道信号经过可编程衰减和放大等电路调理到数据采集电路测量范围,触发电路用高速比较器 AD8561 实现,其参考电压由 ARM 对输入信号预采样处理后获得。

宋跃:教授

资助项目:湖南省自然科学基金项目(02JJY5011)、省科技攻关项目(03GKY3046)及东莞理工学院科研项目。

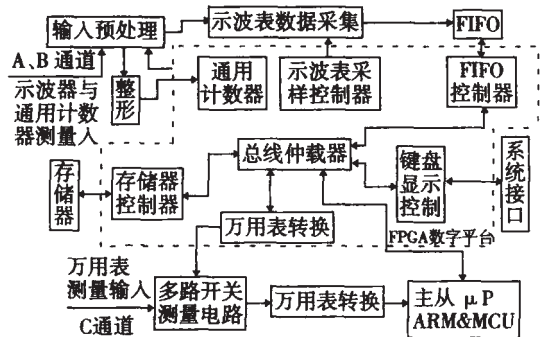


图1 示波表结构框图

(2) 示波表数据采集是由 A/D 转换和时序采样控制电路组成,核心器件是可编程频率合成芯片 MC12429 和双通道 100MHz 的 AD9288,转换后的数据送给 32K 存储深度的高速 FIFO,完成示波表显示数据的采集。

(3) 多 μP 是以 LPC2105ARM 为主 μP ,MCU 89C51RD2 为辅 μP ,ARM 负责采样、数据处理以及程序时钟的控制工作;MCU 完成测频、万用表、键盘显示、USB 接口等,两者通过在 FPGA 内部设计总线仲裁电路实现系统控制以及相互通信。

(4) 数字平台由 FPGA EP1C6 实现,系统所有数字与控制电路均设计在 FPGA 中,设计的主要模块有总线仲裁器、万用表控制器、通用计数器、存储器控制器、键盘显示控制器、采样时序控制器等。

(5) 电气参数测量包括万用表测量和通用计数器测量,输入预处理后的信号经电压比较器 AD8561 整形后的信号送到 FPGA 内部在 MCU 配合下完成频率、周期、脉宽、占空比、计数、频率比、相位差、时间间隔等电气参数测量,C 通道 1mV~400V 信号经过 FPGA 控制的多路开关,经不同测量模块送给 ADS1211,实现交流电压、直流电压、交流电流、直流电流、电阻、二极管等电气参数的测量,转换结果送 MCU。

(6) 存储器模块包括 64K SRAM、4M FLASH ROM、32K FIFO,系统接口指 MCU 通过 FPGA 控制的键盘和 LCD 液晶,以及 MCU 直接控制的 USB 通信接口,实现仪器与上位机 PC 的通讯。

2 数字万用表转换设计

ADS1211 内有一个四通道多路开关,具有可编程设置采样速率、芯片自校准功能、采样数据输出速率在 10Hz 时有效分辨率可达到 20 位,采样数据输出速

率在 1000Hz 时有效分辨率可达 16 位;具有可编程的增益放大器等优点,以它作为本仪器电阻、电压、电流测量的万用表转换芯片。

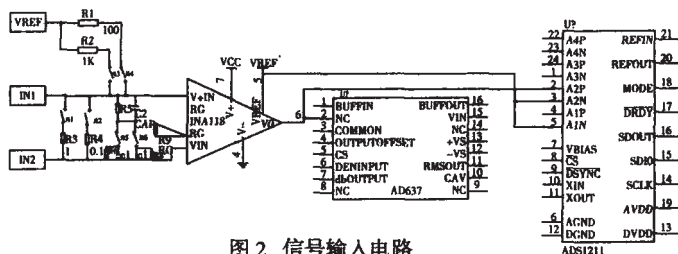


图 2 信号输入电路

系统采用 AQW214 作为模拟开关,采用 AD637 实现交流电压的测量,配备 MAX232 和 PDIUSB12 与计算机的连接,将采样数据实时发送至计算机以便观测。由于本系统采样精度非常高,所以电源电路的噪声必须特别小。本系统采用 MAX6161 作芯片的+5V 电压,MAX6325 作为 ADS1211 的+2.5V 基准电压,MAX6325 的精度为 1ppm。

信号输入电路如图 2 所示。输入信号通过多路开关选择,然后经过跟随器输出,再通过电阻网络输入到模/数转换器的输入端。为了使系统的噪声对采样的影响达到最小,ADS1211 差分输入的负端接到 2.5V 基准电压处。这是因为 ADS1211 的输入端的输入电压不能大于电源电压,且不能小于零。输入信号在-5V~+5V 内变化时,通过计算可知 AINP 处的电压范围为 1.25V~3.75V,2.5V 对应的是零点,而 AINN 接 2.5V 电压基准。

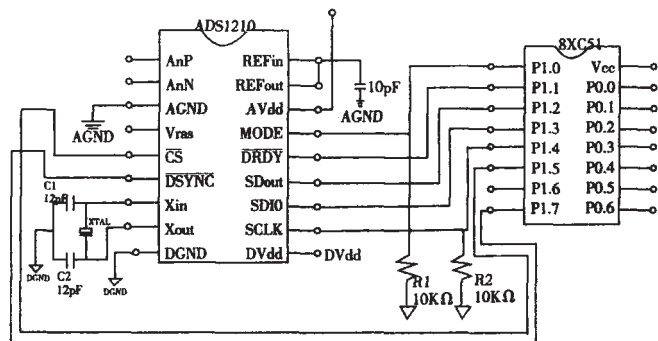


图 3 与 MCU 接口电路

ADS1212 与 89C51RD2 的接口采用四线制通信方式,如图 3 所示。ADS1211 的 DRDY 与 89C51RD2 的 P1.1 相连,即采用查询方式读取采样数据结果。采样数据由 SDOUT 输出,命令数据由 SDIO 输入,SCLK 作为同步时钟,同时 89C51RD2 还留有两根口线与 MAX232 相连,可完成与计算机通讯。根据采集需要,本系统将 ADS1211 设置为从动方式,(即 Slave 方式),片选端接地,而同步信号输入端 DSYNC 接高电平。

3 通用计数器 FPGA 设计

数字平台中的通用计数器模块能完成等精度的测频/测周、闸门测脉宽、计数、占空比以及系统接口、分频、译码等功能,通用计数器 FPGA 设计图(略可向

作者索取) 中 JIEKOU 为 MCU 总线的转换接口电路。MCU 借助 JPY 的 DCA[7..0]、DCB[3..0] 来完成键盘扫描,JPY 为通用计数器锁存/缓冲区。

晶振采用 1 个±0.5ppm、50M TCXO (温补晶振) CLKDO 和 2 个±25ppm、100M 的 OSC(晶振)CLKD[2..1],CLKD[2..0]送入 C1 分频器,在 CPU 的控制下为系统提供等精度预置门控信号 TP 和时标信号 fs、脉宽和占空比测量的时标信号 CLKK [1..0] 及其自检信号 CLKK[3..2]、等精度自检信号 fb、时延参考时钟 CLKC、fk [1..0]为输入待测信号。

表 1 T_{PH}、f_s 关系表

f _s (Hz)	T _{PH} (S)
1 ≤ f _s < 2	1.2
2 ≤ f _s < 4	0.6
4 ≤ f _s < 8	0.3
8 ≤ f _s < 16	0.15
16 ≤ f _s < 10 ⁹	0.075

PJC 为频率等精度测量预处理模块,主要由 D 触发器构成,它利用待测信号(f_{cl} 或 f_b)和预置门控信号 T_p 得到等精度测量所需的闸门信号 T'_p, f_{cl}[1..0]同时输入到计数控制器 PK,PK 主要由 D 触发器和选择电路组成,在 MCU 的控制下向计数器 CNT2 送出各功能测试所需的门控信号 GATE、时标信号 CLK、待测信号的有机组合。CNT2 完成 2 个 32 位的同步计数,当 GATE 为高电平时计数器进行计数,在 GATE 的下降沿 CNT2 停止计数并锁存该计数值,同时使 CHX 查询信号有效以供 MCU 通过 PJK 查询读数,PJK 为数据转换模块,内由锁存/缓冲器组成,主要完成 2 组 32 位数据转换为 8 组 8 位数据及其控制状态信号的传递,延时触发器 YC 主要由 D 触发器及一些组合逻辑电路构成,它在 GATE 的下降沿作用下产生一个 1μs 的负脉冲作为 CNT2 的清零信号,为 CNT2 下一次重新计数做准备。

表 2 实验代表数据

电压		脉宽				
参考电压	34401A 测量值	本表测量值	标称脉宽 (μs)	测试值 (μs)	绝对误差 Y ₁	相对误差 Y ₂
5.000000	4.999997	4.99998	1	1.0033329	3.5ns	
2.800000	2.899997	2.89998	20	20.008424	8.3ns	4.44 × 10 ⁻⁴
1.580000	1.579996	1.57998	40	40.010836		2.95 × 10 ⁻⁵
-0.04370	-0.043635	-0.04368	500	500.00516		3.58 × 10 ⁻⁵
-0.60000	-0.600001	-0.60001	20000	20000.088		7.44 × 10 ⁻⁵
-5.000000	-4.99996	-4.99999	100000	99999.99		7.43 × 10 ⁻⁵

MCU 读回的计数值进行智能判断和浮点运算,为保证运算精度,运算软件用单片机 C 语言来实现,其智能判断主要是小数点的确定和预置门控信号的确定,我们设计单片机运算结束时的数据高 6 位数有

效,故必须对 f_x 进行 10^n 扩大,然后将小数点左移 n 。

为滤除测试中的异常数据,MCU 中设计了一个 FIFO(先进先出)区,对测试结果 f_x 进行滤波。MCU 通过内部定时中断来更新显示数据,在中断服务中由 MCU 从 FIFO 区取最新的测量数据,若 FIFO 区数据满时则进行中值平均滤波,未滿则进行算术平均滤波,滤波后的值作为最终 f_x 送 FPGA 显示缓冲区。

为提高测量速度,预置的门控信号高电平 T_{pH} 要根据信号频率和其测量精度来设计,表 1 为在满足 5×10^{-7} 精度下的 T_{pH} 设计值。

4 实验数据及结论

在研制的样机中,具有全自动测量特点,实验代表数据如表 2,对样机用 6-1/2 位 Agilent 安捷伦 34401A 进行了测试,在经过 3 次数据拟合后的万用表测量精度已达到 5 位半,能完成电阻 100、1K、10K、100K、1M 挡,电压 10 mV、30mV、1V、3V、10V、30V 挡,电流 200mA、1A 挡,二极管通断等量程自动切换的测量。通用计数器用 EE3347 多功能计数器测试后有如下性能:测频测周,输入 50mV~50V、1Hz~100MHz,精度 8×10^{-6} ;测频率比,信号输入 1Hz~10MHz,精度 1.6×10^{-5} ;测占空比,输入 1 Hz~450KHz 且高电平大于 $2.2 \mu\text{s}$,精度 10^{-2} ;测脉宽度:脉宽 210ns~85.89S,误差小于 21ns;脉宽大于 $21 \mu\text{s}$,精度 10^{-3} ;测相位差,频率 1Hz~60KHz,分辨率 1° ;计数,输入 50mV~50V、1Hz~100MHz,±1 误差计数,计数最大值 $10^{10}-1$ 。

参考文献

- [1]李广军,林水生.手持式数字示波器[DOC].第四届 Motorola 杯设计应用大赛.
- [2]刘书明.高性能模数与数模转换器件[M].西安电子科技大学出版社.2000.100-245.
- [3]BURR-BROWN.ADS1211 Data sheet[PDF]. <http://www.21icsearch.com/>
- [4]Mallat.A theory for multiresolution signal decomposition:wavelet representation[J].IEEE Pattern Anal. And Mathchine Intell. 1998.vol.11,no.7.
- [5]张兴会,赵杰.智能数据采集系统的研究[J].仪器仪表学报.2001,22(4):101-102.
- [6]周智敏.超高速数据采集技术研究及系统实现[J].数据采集与处理.1998,13(11):5-7.
- [7]Petru Eles,Krzysztof Kuchcinshi,Zebo Peng.System Synthesis with VHDL [M].Kluwer Academic Publishers,1998,21-135.

作者简介:宋跃,男,1963年9月生,汉族,硕士,湖南邵阳人,东莞理工学院和湖南科技大学教授,硕士生导师,湖南科技大学现代测试与仪器研究所所长,主要研究领域为电路与系统、电子仪器与设备。主持本系列项目研究。E-mail:eda815@163.com

Author brief introduction: Song Yue male, was born in 1963, professor. the director of Master's degree candidates, His researching work is focusing on the electric circuit and system, electronics apparatus and devices.

(523808 广东东莞 东莞理工学院电子工程系) 宋跃 谭爱群

(411201 湖南湘潭湖南科技大学信息与电气工程学院) 周明辉 雷瑞庭

(Department of Electrical Engineering, Dongguan University of Technology, Guangdong Dongguan, 523808, China) Zhou, Minghui Lei, Ruiting

(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Science and Technology, Hunan Xiangtan, 411201, China) Song, Yue Tai, Aiqun

通讯地址:

(523808 广东省东莞市松山湖区 东莞理工学院电子工程系) 宋跃

(投稿日期:2005.3.29) (修稿日期:2005.4.10)

(接第 80 页)

```

}
end; //while FUsedtime<FPresetTime
DoTerminate; //时间到后线程终止
form1.Button1.Enabled:=false;
form1.Button2.Enabled:=false;
end;

```

6 结束语

本设计过程中用到了多项新技术,包括采用终端控制器 EZ-USB FX2 CY7C6801 以及多线程技术的软件编程,最大限度地提高数据采集系统的速度,另外 Bluetooth 无线通信接口的使用,使数据采集器转换后数据的无线传送成为可能。

参考文献

- [1]<http://bluetooth.ericsson.se>
- [2]Chris Cant.WDM 设备驱动程序开发指南[M].北京:机械工业出版社,2001
- [3]许永和.USB 外围设备设计与应用[M].北京:中国电力出版社,2002
- [4]何荣生等.蓝牙技术及其硬件设计[J].电子技术,2001,4
- [5]凌志浩,吴勤勤.智能仪表原理与设计技术[M].上海,华东理工大学出版社,2003

作者简介:曹双贵,男,1972 生,汉族,硕士在读(在职),专业:计算机应用(计算机控制),在职硕士,淮海工学院电子工程系讲师;主要从事计算机控制、网络控制方面的教学与研究。E-mail:ccaoshuanggui@yahoo.com.cn; 富魏,男,1962 生,博士,淮海工学院电子工程系教授,主要从事计算机控制、网络控制方面的教学与研究。

(222005 江苏连云港淮海工学院) 曹双贵 富魏 蒋芹 韩晓春

(HuaiHai Institute of Technology LianYunGang, JiangSu,222005) Cao, Shuanggui Fu, Wei Jiang, Qin Han, Xiaochun

通信地址:

(222005 江苏省连云港市淮海工学院电子系) 曹双贵

(投稿日期:2005.5.11) (修稿日期:2005.5.18)