

ARM 控制的 ADS1211 在示波表中电参数测量的实现*

宋 跃^{1,2}, 周明辉², 胡升平¹, 张小平²

(1.东莞理工学院 电子工程系,广东 东莞 523808; 2.湖南科技大学 信息与电气工程学院,湖南 湘潭 411201)

摘要:在基于 FPGA 的示波表设计中,为满足仪器对电压、电流、电阻等物理参数高精度、低功耗、可编程等测量的要求,选用了 A/D 转换器的 ADS1211,并在以 ARM 为控制和数据处理芯片时,实验表明测量精度可达 5 位以上,大大提高了示波表的性价比。本文重点讨论了测量电路、ARM 控制方案和 FPGA 设计。

关键词:物理参数测量; ARM; FPGA; ADS1211

中图分类号:TP274;TM935 文献标识码:B 文章编号:1001-1390(2005)06-0062-04

The Realization of Physical Parameters Measurement with ADS1211 Controlled by ARM in Oscilloscope

SONG Yue^{1,2}, ZHOU Ming-hui², HU Sheng-ping¹, ZHANG Xiao-ping²

(1.Department of Electrical Engineering, Dongguan University of Technology, Guangdong Dongguan,523808; 2. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Science and Technology,Hunan Xiangtan,411201,China)

Abstract: For high precision, low power, programmable in measuring physical parameters such as current, voltage, resistor in oscilloscope based on FPGA, the ADS1211 is selected, the experiment shows measurement precision is higher than 5 bits when ARM is used for control and data processing, the oscilloscope is greatly improved in ratio of performance and price, the measurement circuit, ARM measurement control plan and FPGA design are discussed in the paper.

Key words: physical parameters measurement ; ARM; FPGA; ADS1211

0 ADS1211 简介

ADS1211 作为 24 位模/数转换器,是一个具有高精度、宽动态特性的 $\Delta-\Sigma$ 型 A/D 芯片,具有采样速率可编程设置、功耗低仅为 1.4mW、差分输入、SPI 兼容 SSI 接口、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、1000Hz 时有效分辨率可达 16 位、内部或外部的参考电压可供使用、增益放大器可编程等的优良性能,非常适合于全自动仪器仪表的设计中^[1]。本文介绍在基于 ARM&FPGA 的数字示波表设计中,选用该芯片有效地实现对 DC~100kHz 信号的交直流电压、交直流电流、电阻等物理参数的高精度测量。

1 示波表物理量测量方案

如图 1 所示,系统主控核心是微处理器 ARM 和 MCU,ARM 负责采样、数据处理以及程序时钟的控制工作,MCU 完成电压等物理参数测量、测频、键盘显示及与计算机的通信,系统所有数字与控制电路均设

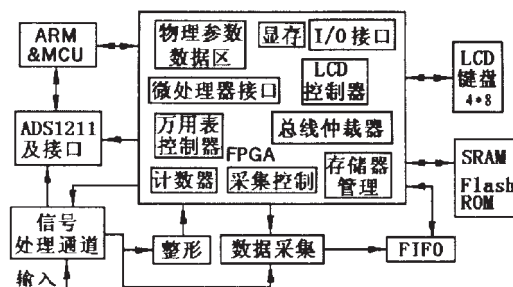


图 1 整体设计框图

* 湖南省自然科学基金资助项目(02JJY5011)、省科技攻关资助项目

(03GKY3046)

计在 FPGA 中^[2],信号处理通道完成对 DC~100MHz、1mV~400V 的信号处理,经整形后送到 FPGA 去完成频率、脉宽、占空比、相位差等计数测量;同时送到 FPGA 控制的数据采集电路,采集的数据除外送高速 FIFO 存储。还有一路到 ADS1211 及接口。在 FPGA 控制下进行电压等物理参数测试,它主要由模拟开关、交-直流变换芯片、ADS1211 等构成,能实现交流/直流的电压/电流、电阻、二极管等物理参数的测量,转换结果通过 MCU 送 FPGA。系统扩展了 64K SRAM、4M Flash ROM、32K FIFO 作为系统存储器,LCD 和键盘为人机接口。

ARM 和 MCU 选用 Philips LPC2105 和 89C51RD2。图 2 中模拟开关选用 AQW214,用 AD637 实现交流电压的测量。由于本系统采样精度要求非常高,所以电源电路的噪声必须特别小,为此选用 MAX6161A 作 ADS1211 芯片的 AVDD +5V 电压,选用精度为 1×10^{-6} 的 MAX6325 作为 REFIN +2.5V 基准电压。待测输入信号通过多路开关和电阻网络选择后,经跟随器到 ADC。为减少系统的噪声对采样的影响,ADS1211 差分输入的负端接到 2.5V 基准电压处,以满足 ADS1211 输入电压大于零且小于电源电压的要求。当输入信号在 -5V~+5V 内变化时,A2P 处的电压范围为 1.25V~3.75V,2.5V 对应的输入是 0 V,此时 A2N 接的是 2.5V 电压基准。

P1.1 相连,采样到的数据由 SDOUT 输出至 MCU 的 P1.2。MCU 采用查询方式实现 MCU 对 ADC 转换结果的读取,MCU 的命令由 P1.3 发出至 ADC SDIO,以实现 ADS1211 各功能寄存器、加速因子、放大器增益的编程设置,ADC 的同步时钟 SCLK 由 MCU 软件编程通过 P1.4 发出,以实现 ADS1211 工作时序的控制^[3]。

2 ARM 测量控制设计

由于 MCU 只有 8 位运算精度,时钟频率也不高,而 ADS1211 转换结果有 24 位,故直接用 MCU 来处理万用表数据并不理想^[4],本示波表数据采集中已采用了 32 位的 ARM^[5] 和内部有 80Kbits 的块 RAM 的 FPGA EP1C6Q24046,为此我们用 ARM 来完成万用表的数据处理和控制在 MCU 通过查询 ADS1211 DRDY 后,将 ADS1211 转换好的新 24 位数据分 3 次、每次 8 位,送 FPGA 的物理参数数据区,ARM 通过总线仲裁器来访问这些数据,然后进行处理,有效结果和其信息一起送 FPGA 显存^[2]。

在万用表测量时,测量电路针对不同测量对象和其大小有不同的测量模块或通道,且应由系统智能控制来实现全自动测量。为此我们先由 ARM 根据用户设置的测量类型预置一个高档位量程控制字去控制测量电路的多路模拟开关 AQW214 来选择量程和通道,同时还要通过 MCU 来预置 ADS1211 加速因子和

放大器增益等。ARM 在对预测值处理后重新确定下次最佳测量的万用表系列控制字,以期获得测量的最佳测量精度和最快测量速度,若与上次控制字一致则将处理的数据和其显示控制信息送显存,否则继续预测。控制字是否有效主要是 ARM 根据测量值是不是该输入值的最小测量误差来判定,测量流程见图 3。

我们还对测量结果采取三次曲线拟合^[4],来消除系统测量误差。拟合曲线方程系数在仪器调试时先由 MATLAB6.1 完成,计算出来的系数以浮点形式存放在系统 ROM 区。ARM 对已确定的测量数据,需再经曲线拟合后送显示缓冲区。万用表软件中主要包括系统复位初始化模块、A/D

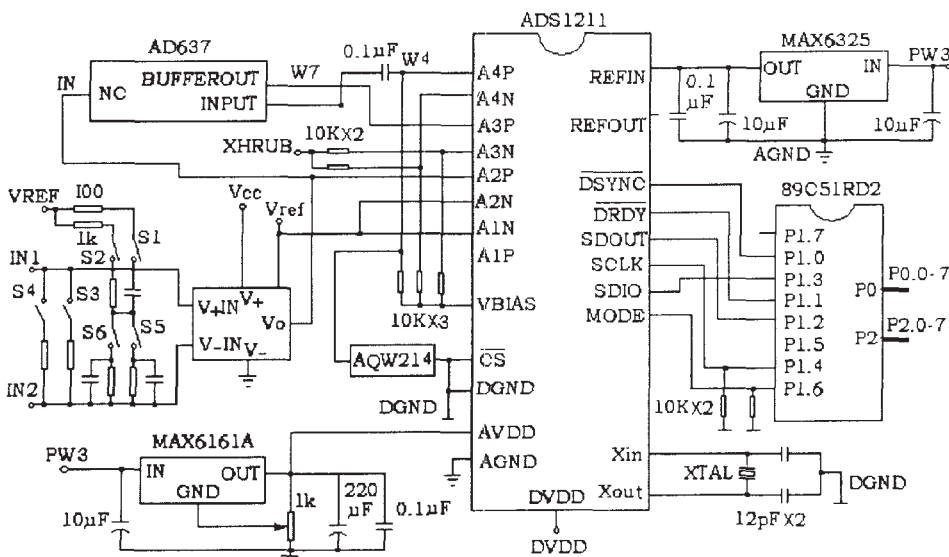


图 2 ADS1211 应用设计示意图

ADS1212 与 MCU 的接口采用四线制通信方式,根据采集需要将 ADS1211 设置为从动 Slave 方式,片选端接地,而同步信号输入端 DSYNC 接高电平,ADS1211 的采样数据准备好信号 DRDY 与 MCU 的

接口采用四线制通信方式,根据采集需要将 ADS1211 设置为从动 Slave 方式,片选端接地,而同步信号输入端 DSYNC 接高电平,ADS1211 的采样数据准备好信号 DRDY 与 MCU 的

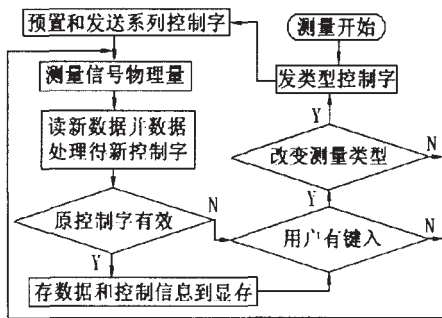


图 3 ARM 测量流程

转换控制模块和数据处理模块、显示模块。由于后 3 个与具体应用密切相关,这里只介绍系统复位初始化模块,它包括 ADS1211 工作状态和单片机端口初始化。

下面是初始化程序和读测试数据程序片段:

```
void WYB_INIT() //初始化程序
{
    WYB_INSR=0x64;
    WYB_CMR4=0xa0;
    WYB_CMR3=0x21;
    WYB_CMR2=0x7e;
    WYB_CMR1=0x83;
    while(!DRDY);
    120WY_WRITE_COMMAND(); //发控制命令
}

void WYB_CSDATA()//读测试数据
{
    float n; unsigned long m;
    WYB_INSR=0xc0; while(!DRDY);
    WY_READ(0); .....
    for (m = 0x408;m <0x411; m++)
        if (WYB_DATA[m-0x408]!=46) XBYTE[m]=WYB_DATA[m-0x408]-48;//送显示
    else XBYTE[m]=11;}

```

表 1 是用 6 位半精度的 Agilent 安捷伦 3440 1A 对样机电压档测试的结果,可见精度已达 5 位半以上。

表 1 电压实验数据(单位:V)

参考电压	34401A 测量值	本仪器测量值
5.000000	4.999996	4.999998
2.280000	2.279998	2.279999
-1.700000	-1.700001	-1.699999
-3.800000	-3.799998	-3.799996
-5.000000	-4.999995	-4.999997

3 FPGA 设计

FPGA 中总线仲裁器实现两微处理器的相互通信以及对 FPGA 内部总线归属的仲裁。万用表控制器负责 ADS1211 及接口的智能控制,主要由译码电路构成,它将 ARM 发送过来的万用表控制字转换成控制信号。计数器主要由加法器、锁存器等构成,实现等精度和闸门计数。微处理器接口主要由锁存器、译码器、驱动器等构成,完成其总线的分离、驱动与译码^[2]。

系统中 ARM 执行高速数据处理,将采集数据转换成显示数据并直接写入 FPGA 显存中。由 FPGA 实现的同步电路将显示数据读出并与 CP、LP 信号同步送入 LCD 进行显示。由单片机执行 LCD 的开关显示、背光等控制,开机和关机时序亦由单片机控制。LCD 采用清达光电 TAT320240Q1 图形点阵液晶^[6],其控制器 VHDL 设计见图 4。ARMjiekou 实现 ARM 总线到 FPGA 内部总线的驱动与控制^[5],它具有 8 位输出 DB (ARMSD[7..0]) 和 21 位输出 AB (ARMA[20..0]),并对

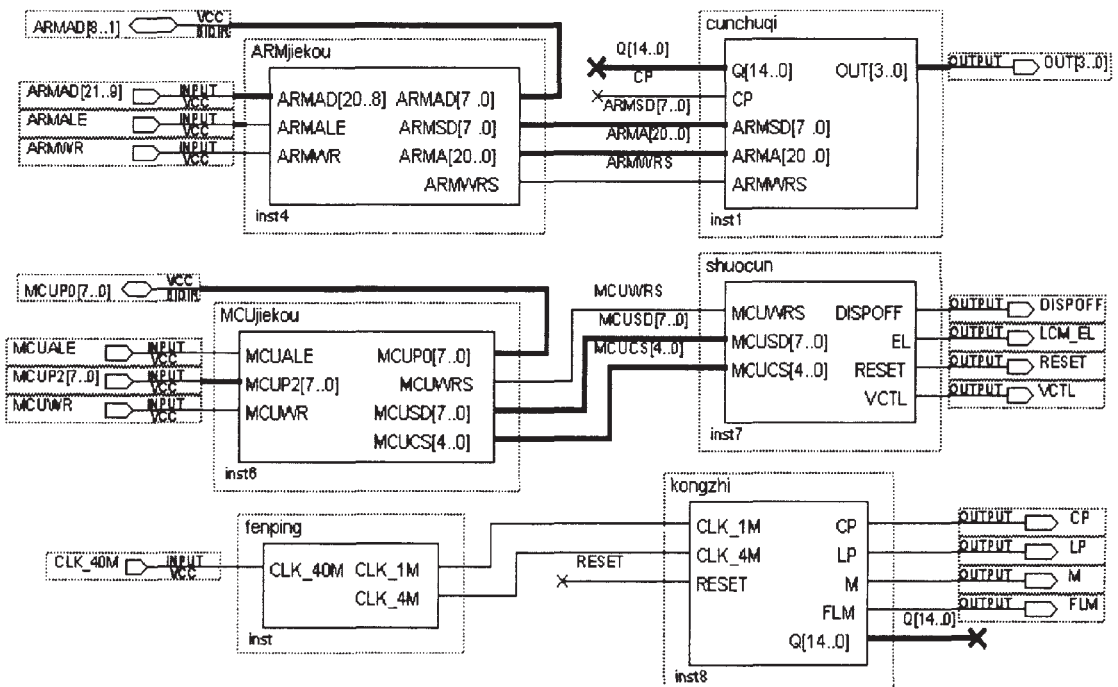


图 4 FPGA-LCD 控制器设计

ARMWR 进行驱动;MCUjiekou 完成单片机总线到 FPGA 内部总线的驱动与控制,它具有 8 位输出 DB (MCUSD [7..0])、片选信号 MCUCS [4..0] 输出及对 MCUWR 信号进行驱动功能。Cunchuqi 为存贮器模块,利用 FPGA 内部可重构的存贮器设计成 1 个 19K×4bit 的双口 RAM 存贮器,可同时进行读写操作;ARM 将采集数据经处理转换成显示数据,模仿单片机的控制时序,经 ARMjiekou 写入 RAM 中,由 Kongzhi 模块实现的同步电路则将显示数据读出并与 CP、LP 信号同步送入 LCD 的显示数据寄存器进行显示。其中 ARMA[20..0]为写地址,ARMWRS 为写时钟,ARMSD[7..0]为写入数据;Q[14..0]为读地址,CP 为读时钟,OUT[3..0]为 4 位输出数据;Shuocun 为数据锁存模块,锁存单片机发向液晶模块的开关显示 DIS-POFF、背光 LCM_EL、复位 RESET 及对比度控制字 VCTL 等控制信号;Fenping 模块将 FPGA 40M 的时钟信号分频为 1.25M 和 5M 的信号;Kongzhi 为控制模块,产生满足 LCD 时序要求的控制信号并生成显示数据的读地址 Q[14..0]及时钟信号 CP。

5 结束语

研制的样机能对电压等物理参数的测量具有高达 5 位精度的优点。对曲线拟合次数的提高本可提高

测量精度,但由于 ADS1211 本身转换有效位数的限制,故其价值已不大,再之还明显受到存储器容量的制约。本设计由于 ARM 还要对示波器数据采集进行实时控制和实时处理,其工作负担已很重,故可以考虑物理参数测量全由 MCU 来完成,这样可以让 ARM 全部投入示波器的控制和数据处理,以改善示波器各功能并行工作性能和效果,但 MCU 的数据运算精度是其应用的瓶颈,这项工作正在研究之中。

参 考 文 献

[1] BURR-BROWN.ADS1211 Data sheet[PDF]. 3http://www.21icsearch.com/2004.3.
 [2] Petru Eles,Krzysztof Kuchcinshi,Zebo Peng.System Synthesis with VHDL[M].Kluwer Academic Publishers,1998,21-135.
 [3] 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.
 [4] 叶芑,王厚军,田书林.手持数字示波表技术研究[J].仪器仪表学报.2002,23(5)增刊:144-147
 [5] 周立功等.ARM 微控制器基础与实战[M].北京航空航天大学出版社,2003
 [6] 李维祺,郭强.液晶显示应用技术[M].电子工业出版社,2000
 作者简介:
 宋 跃(1963-),男,教授,硕士生导师,主要研究领域为数据采集、虚拟与智能仪器。

收稿日期:2005-03-25

(丘 源 编发)

(上接第 18 页) 能大大减少计算量。

参 考 文 献

[1] 王兆安,杨 君,刘进军.谐波抑制和无功功率补偿[M].机械工业出版社,1998.
 [2] 林海雪,孙树勤.电力网中的谐波[M].中国电力出版社.1998.
 [3] Akagi H, Kanazawa Y ,Nabae A. Instantaneous Reactive Power Compensator Comprising Switching Devices Without Energy Storage Components[J].IEEE Trans. on IA,1984,20(3):625-630.
 [4] 刘开培,张俊敏,宣 扬.基于重采样和均值滤波的三相电路谐波检测方法[J].中国电机工程学报,2003, 23(9):78-82.
 [5] 刘开培,李俊娥.正弦信号干扰下低通带限型频谱信号的采样[J].仪器仪表学报,2003,24(1):89-91.
 [6] 刘开培,安鹏州等.正弦信号干扰下带通信号的采样[J].数据采集与处理,2002,17(3):300-304.
 [7] 余建民,同向前.瞬时谐波电流检测方法的动静态特性分析[J].电力电子技术,1999,(2):15-17.

作者简介:

郑瑞晨(1962-),男,高级工程师,华中科技大学水电与数字化工程学院博士研究生,主要从事电力系统自动化方面的研究工作。
 刘开培(1962-)男,博士,武汉大学电气工程学院教授,博士生导师,主要从事智能控制、信号检测与处理,电能质量分析与控制等方面的研究。

收稿日期:2005-01-27

(郭松林 编发)

(上接第 12 页)

表不同,该测量表不受“整周期采样”条件的限制,因此工作方式较为简单。该测量表能对被测信号的每个周波的有效值都进行测量,且响应十分快速。

参 考 文 献

[1] 计量测试技术手册-第 7 卷电磁学[M].中国计量出版社,1996.
 [2] 电机工程手册-2 基础卷[M].机械工业出版社,1996.
 [3] L. W. Turner, Electronics Engineer's Reference Book. 4th edition, Butterworth & Co. Ltd., 1976.
 [4] A. R. Hambley. Electrical Engineering, Principle and Application. 2nd edition, Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
 [5] 胡广书.数字信号处理[M].清华大学出版社,1997.
 [6] E. O. Brigham. The Fast Fourier Transform and Its Application. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988.
 [7] M. Kampik, H. Laiz and M. Klonz. Comparison of Three Accurate Methods to Measure AAC Voltage at Low Frequencies. IEEE Trans. Instrum. And Meas., Vol. IM-49:429-433, 2000.

作者简介:

徐 垦(1958-),男,硕士,华中科技大学电气与电子工程学院副教授,研究方向为检测技术,仪器仪表及信号处理。

收稿日期:2005-03-01

(丘 源 编发)