

# 基于 TMS28335 的智能电网快速采样系统设计

李宁峰

(国网电力科学研究院,江苏南京 210003)

**摘要:**智能电网的建设过程中,对信号系统采样速度要求有了很大提高。文章采用 TMS28335 高性能 DSP 作为采样平台,AD7656-1 作为高速采样转换器件,搭建了一种快速的信号采样系统。文中对 DSP 与 AD7656-1 的接口软硬件设计进行了详细介绍,对整个系统软件架构进行了简要说明。经过某变电站现场运行,基于该采样系统的设备精度和分辨率完全满足智能电网采样要求,达到了设计指标。

**关键词:**采样系统;接口;TMS28335;AD7656-1

**中图分类号:**TE23

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2012)00-0035-04

随着我国智能电网建设的逐步实施,对电网内各种智能设备的通信速率、数据处理规模、动作预判速度等指标都提出了愈来愈高的要求。一个高速、同步的交流信号采集系统,可以为各种智能装置提供高效、稳定的数据源,供智能设备进行信号处理与分析,是建设坚强智能电网必须解决的关键技术环节。本设计采用了 TI 的 TMS320F28335 作为 DSP 数据处理平台,选择 ADI 的 AD7656-1 作为 AD 转换器件,结合高精度、宽线性范围的交流信号前端处理环节,以及现场总线、以太网等多功能通信接口模块,构成了一套性能稳定、响应快、精度高的交流量采样系统。为智能电网运行控制、系统及设备保护、电量计量提供了快速、准确、全面的数据支持。

## 1 交流量快速采样系统的基本构成

本系统承接一次侧互感器变换来的交流量或弱模量,采用高导磁互感器,可在 0~40 倍额定值的采样范围内保证采样的线性度,并且能有效抑制信号中直流分量对互感器饱和的影响,保证测量的准确性。因电网中交流信号包含的噪声十分丰富,为减小其对采样精度的影响,通常应加入一个低通滤波和运放跟随的信号调理环节,对采样波形进行优化。然后将所有通道同时接入 AD7656-1 进行 AD 转换,输出信号供 DSP 处理器进行多路信号处理。最后将处理好的数字化交流信号量通过多功能通信接口传输给相应的设备或后台系统。采样系统组成框图如图 1 所示。

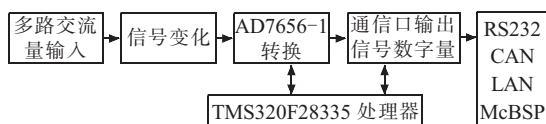


图 1 多路交流量采样系统组成框图

## 2 互感器的选择

信号互感器处于交流量采集系统的前端,是将电力系统中一次互感器的电流电压量接入、变换后供系统采样的重要环节。如信号互感器选择不当,会导致采样信号波形畸变、削顶、非周期暂态饱和等问题,严重影响采样数据质量。通常电磁式互感器的性能与体积成正比关系,即体积越大,性能也越优越。考虑采集装置的安装体积,本系统选用经特种热处理的硅钢带制成的互感器磁芯,采用这种磁芯的互感器具有体积小、导磁高、抗直流分量等特点,很适合在电力系统采样应用。经单体测试,该互感器在 40 倍额定值的范围内,线性优良,误差小于千分之一,完全满足采样系统对前端互感器的性能要求<sup>[1]</sup>。

## 3 交流量调整环节

为使信号互感器输出的电平能和模数转换芯片 AD7656-1 的输入要求匹配,需要对互感器的输出信号进行适当地调整,本系统的调整电路如图 2 所示。该电路前端采用低通滤波网络,滤去交流信号里大于 10 kHz 的高次谐波,以减少因高频信号混叠现象对采样计算误差的影响。低通滤波后,采用运放对信号幅值进行调整,以满足 AD 转换芯片对输入电平的要求<sup>[2,3]</sup>。

## 4 AD7656-1 和 TMS320F28335

本设计采用 AD7656-1 作为系统的核心 AD 转换器件,AD7656-1 是 AD7656 的升级产品,在保证性能不变的同时,它的外围电路设计简洁性方面有了很大提高。以下详细介绍基于 TMS28335 平台的 AD7656-1 接口设计过程。

### 4.1 AD7656-1 简介

AD7656-1 是 ADI 公司最新推出的适合快速同

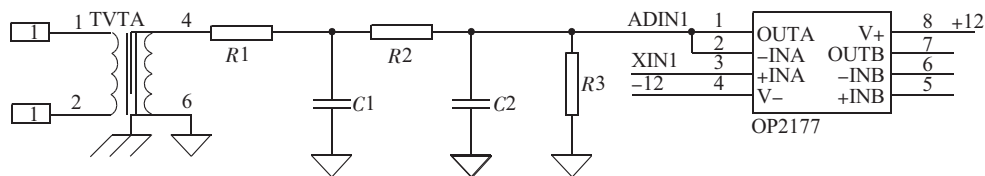


图2 交流量调整环节原理图

步采样的 AD 转换芯片, 该芯片为高集成度、6 通道、16bit 逐次逼近 (SAR) 型 ADC, 它具有最大 4LSBS INL 和每通道达 250 kb/s 的采样率, 并且在片内包含一个 2.5 V 内部基准电压源和基准缓冲器, 应用十分方便。该器件仅有典型值 160 mW 的功耗, 比最接近的同类双极性输入 ADC 的功耗降低了 60%, 使得装置在节能的同时, 可靠性得到很大提高。AD7656-1 包含一个低噪声、宽带采样保持放大器 (T/H), 以便处理输入频率高达 8 MHz 的信号。该芯片具有高速并行和串行接口, 可根据需要与微处理器 (MCU) 或数字信号处理器 (DSP) 对接, 完成采样数据的传输。AD7656-1 在串行接口方式下, 还能提供一个菊花链的连接方式, 以便把多个 AD7656-1 连接到一个处理器串行接口上, 达到扩展采样通道的作用。

#### 4.2 TMS320F28335 简介

TMS320F28335 数字信号处理器是 TI 公司推出的一款浮点 DSP 控制器。相比以往的 DSP, 该器件具有精度高、成本低、功耗小、性能高、外设集成度高、数据及程序存储空间大等特点。它采用 176 引脚的 LQFP 四边形封装, 内核 1.8 V 供电, 外设 3.3 V 供电, 因而功耗大大降低。32 位 CPU 以及单精度浮点运算单元 FPU 的应用, 提高了运算的精度。存储器采用高性能的静态 CMOS 技术, 指令周期仅为 6.67 ns, 主频可达 150 MHz, 运算速度提高很大。片上有 256 kB×16 的 Flash 存储器、34 kB×16 的 SARAM 存储器、1 kB×16 OTPROM 和 8 kB×16 的 Boot ROM 等丰富的存储单元, 能灵活满足各种编程应用。时钟控制系统具有片内振荡器、看门狗模块, 支持动态 PLL 调节, 内部可编程锁相环, 通过软件设置相应寄存器的值, 可改变 CPU 的输入时钟频率。有 18 个 PWM 输出口, 包含 6 个高分辨率脉宽调制模块 (HRPWM)、6 个事件捕获输入和 2 个通道的正交调制模块 (QEP)。3 个 32 位的定时器, 定时器 0 和定时器 1 用做一般的定时器, 定时器 0 接到 PIE 模块, 定时器 1 接到中断 INTI3; 定时器 2 用于 DSP/BIOS 的片上实时系统, 连接到中断 INTI4, 如果系统不使用 DSP/BIOS, 定时器 2 亦可用做一般定时器。

TMS320F28335 具有高度集成的外设引脚, 包括 2 通道 CAN 模块、3 通道 SCI 模块、2 个 McBSP (多通道缓冲串行接口) 模块、1 个 SPI 模块、1 个 I2C 串行总线接口模块以及 88 个可编程的复用 GPIO 信号输出输入引脚, 为各类应用提供了丰富的信号资源。

TMS320F28335 还内置了一个 12 位 A/D 转换器, 但根据该片内 AD 的指标及应用经验, 该 AD 转换器可满足综合误差不小于千分之三的系统应用要求, 因本采样装置要求的系统综合误差不大于千分之二, 所以设计中没有采用 F28335 的片内 AD, 而选用精度更高的 AD7656-1 作为本采样系统的高速 AD 转换器件。

#### 4.3 接口硬件电路设计

该接口采用并行数据处理、并行接口扩展的设计方式, 电路如图 3 所示。

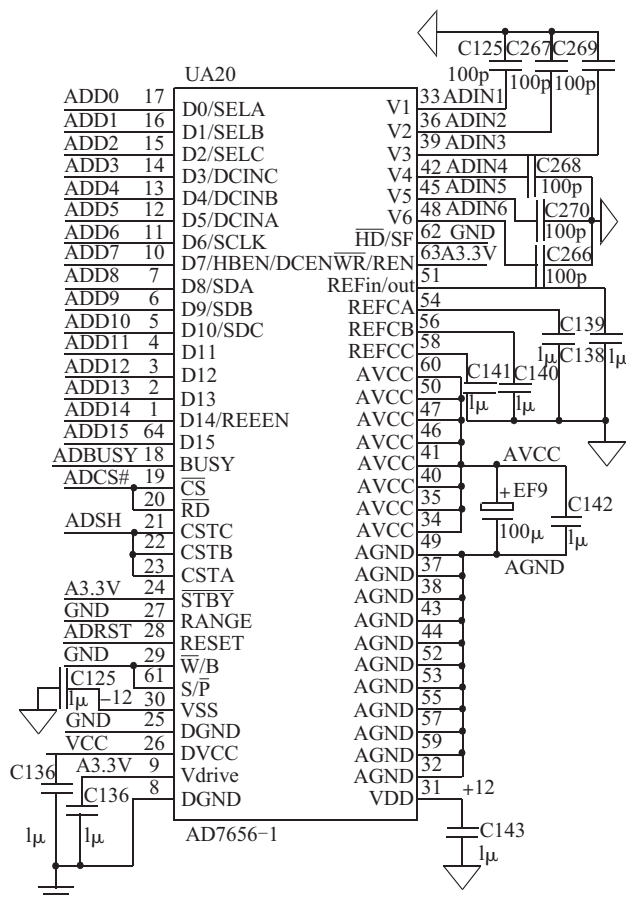


图3 AD7656-1 与 F28335 接口硬件电路图



## 6 结束语

本文的交流快速采样系统采用了新型 AD 转换器件,与性能优越的 TMS28335 平台相互配合,前端交流量调理单元也进行了高精度优化。经过严格测试和现场实际运行,该系统的实际采样精度达到 0.1 级,完全满足智能电网的 0.2 级交流量测量要求,同时还具有多种电量格式输出功能。基于该采样系统的装置可作为高精度数据采集单元,广泛用于数字化智能电站的数据采集系统中。

参考文献:

- [1] 杨宝龙, 鄢兴俊. AD7656 的串行设计[J]. 船电技术, 2009(11):48-51.
- [2] 余恒洁. 数字化变电站中电能计量装置的应用[J]. 云南电力技术, 2008, 36(5):64-65.
- [3] 章坚民, 蒋仕挺, 金乃正, 等. 基于 IEC 61850 标准的数字化变电站电能采集终端的建模与实现[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(11):67-71.

作者简介:

李宁峰(1969),男,福建厦门人,高级工程师,从事电力系统自动化方面研究工作。

## TMS28335-based Design of Rapid Sampling System in Smart Grid

LI Ning-feng

(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** The requirement on sampling speed of signal system is much more strict in smart grid period. In this paper, a rapid signal sampling system was built in which the sampling platform was high-performance DSP TMS28335 and the high-speed sampling conversion devices was AD7656-1. Hardware and software interface design of DSP and AD7656-1 was introduced in detail. The software architecture of the whole system was also explained briefly. The result of the substation's field operation shows the accuracy and resolution of the devices based on the sampling system fully satisfied the smart grid sampling requirements and design specifications.

**Key words:** sampling system; interface; TMS28335; AD7656-1

(上接第 34 页)

作者简介

任 萱(1973),女,江苏镇江人,高级工程师,从事变电运行维护管理工作;

汤 欣(1973),男,江苏镇江人,助理工程师,从事变电工作;

孙维伟(1982),男,江苏镇江人,助理工程师,从事变电运行维护管理工作;

包 磊(1986),男,江苏镇江人,助理工程师,从事变电运行维护工作。

## Research and Application on Line Monitoring and Auxiliary Equipment Monitoring System

REN Xuan, TANG Xin, SUN Wei-wei, BAO Lei

(Zhenjiang Power Supply Company, Zhenjiang 212001, China)

**Abstract:** With the development of smart grid and the fully operational of substation equipment state maintenance, various equipment of substation is required to monitor in effect. Equipment ADP + device protocol library are used for dynamic unified access various auxiliary monitoring equipment with the help that intelligent auxiliary monitoring terminal is built in substation. The acquisition strategies such as signal frequency sampling and alarm recorded wave are used to extract equipment running critical information and grade redundant storage data. Distributed services architecture with multi-isomorphic is used to provide differentiated application service of oriented role for operating personnel, maintenance personnel and management personnel of substation which improves the level of real-time monitoring of the operating equipment and reduces operating maintenance costs.

**Key words:** substation intelligent terminal; smart signal acquisition; multi-isomorphic