维普资讯 http://www.cqvip.com

第37卷 第2期 太原理工大学学报 Vol.37 No.2
2006年3月 JOURNAL OF TAIYUAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Mar. 2006

文章编号:1007-9432(2006)02-0173-03

# 采用软件校正的TMS320F2812内置ADC采样值方案

韩富春,武天文,张 宁,杨翠茹
(太原理工大学 电气与动力工程学院,山西 太原 030024)

**摘 要**:研究了TEXAS公司的TMS320F2812的ADC(Analog-to Digital Converter)的工作原理;根据电力系统微机继电保护中对多路电压及电流信号的采样精度和速度的高要求,结合TEXAS公司关于TMS320F2812的校正方案,介绍了利用软件程序对芯片TMS320F2812中内置ADC采样校正的软件实现方案,通过试验进一步验证了该方案的有效性。所提出的方案对电力系统自动控制装置的软、硬件设计具有一定的参考价值。

**关键词**:TMS320F2812;增益误差;失调误差;序列采样模式;并发采样模式
**中图分类号**:TN761 **文献标识码**:A

TMS320F2812是TEXAS公司推出的主频为150 MHz的32位高性能数字信号处理器(DSP),其内部集成了ADC转换模块,该模块是一个具有12位字长、流水线结构的模数转换器,内置双采样保持器(S/H),可多路选择16通道输入进行快速转换,16个转换结果寄存器可工作于连续自动排序模式或启动/停止模式。

## 1 TMS320F2812内置的ADC采样转换器的工作原理

ADC模块有16个通道,可配置两个独立的8通道模块为事件管理器A和B服务。它们可以级联成序列采样模式和并发采样模式两种工作方式[1]。在并发采样模式下,两个8选1的多路切换器和两路同时采样/保持器可以构成同步顺序采样电路,或者增加外部采样保持器后构成同步采样,该采样模式适用于交流采样技术。

### 1.1 序列转换发生器

ADC的序列发生器由两个独立的8状态序列发生器($SEQ_1$,$SEQ_2$)组成,可以级联成一个16状态的序列发生器。在这两种方式下,ADC都可以对一系列转换进行序列化。当ADC每次收到一个启动转换请求时,它就可以自动执行多个转换,其转换结果按选择通道的数字值保存在适当的结果寄存器中。采用双序列发生器模式的情况下,规定$SEQ_1$的转换优先级高于$SEQ_2$。

### 1.2 序列转换器的工作模式

序列转换器的工作模式为连续自动序列转换模式,该模式采用8状态序列发生器($SEQ_1$或者$SEQ_2$),对任一通道可以自动序列化到8个转换。结果保存在$RESULT_0$~$RESULT_7$寄存器(采用$SEQ_1$)和$RESULT_8$~$RESULT_{15}$寄存器(采用$SEQ_2$)中。

### 1.3 序列发生器启动/停止模式

任何序列发生器($SEQ_1$,$SEQ_2$和级联方式SEQ)都可以工作在停止/启动模式。当多个不同时刻触发SOC信号同步时,将自动进行一系列转换,转换结束时序列发生器停留在当前转换状态,并且等待下一个触发SOC信号的发生再继续转换。该转换方式可以通过软件中断方式指定每次转换的通道数,具有很强的灵活性。

### 1.4 并发采样模式

在这种模式下,ADC可以同时对两个ADCINxx输入进行采样,其中一个信号来自$ADCINA_0$~$ADCINA_7$,另一个来自$ADCINB_0$~$ADCINB_7$。可同时测量电压和电流两个信号。

## 2 ADC采样转换器误差分析

装置在实际工作中,A/D转换模块的各种误差

**收稿日期**:2005-06-08
**基金项目**:山西省自然科学基金资助项目(20021038)
**作者简介**:韩富春(1954-),男,河北鹿泉人,教授,主要从事电力系统自动控制技术的研究,(Tel)0351-6014198

维普资讯 http://www.cqvip.com



是不可避免的，这里定义具有增益误差和失调误差的ADC模块的转换方程为 $y=x\times m_a\pm b$，式中 $m_a$ 为实际增益，$b$ 为失调误差。理想情况下，ADC模块转换方程为 $y=x\times m_i$，式中 $x$=输入计数值 =输入电压×4095/3；$y$=输出计数值。ADC的理想状态及实际状态比较如图1所示[2]。

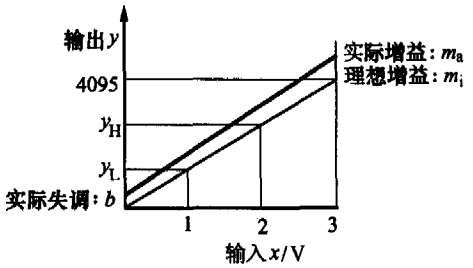


图1 理想ADC转换与实际ADC转换

根据误差的定义可知：增益误差为输出 $y$ 的斜率，理想情况下斜率为1。失调误差为输出 $y$ 的截距，理想情况下截距为0。

## 3 采样转换器误差的软件校正方法

根据TEXAS公司的NOTE，参考电压电路接线要求如下：

ADCLO接地；ADCREFP为2 V；ADCREFM为1 V；$U_{DDA_1}=U_{DDA_2}=3.3$ V；$U_{DD_1}=1.8$ V。

对ADCINxx引脚最主要的限制是：不允许运行在靠近数字信号通路的地方，以便使耦合到ADC输入端的数字信号线上的开关噪声减到最小。

程序流程图如图2所示。

其中，中断处理服务程序如下：

```
MOVL XAR5,*XAR4++
MOVL XAR6,*XAR4++
MOVL XAR7,*XAR4++
MOV @T,#AVG_SAMPLES
MPYU P,T,*+XAR4[1]
MOVU ACC,*XAR6
ADDL ACC,@P
LSR64 ACC:P,#AVG_SHIFT
MOV *+XAR4[1],AL
LSR AL,#4
MOVZ AR6,@AL
MPYU P,T,*XAR4
MOVU ACC,*XAR5
ADDL ACC,@P
LSR64 ACC:P,#AVG_SHIFT
MOV *XAR4++,AL
SUB AL,*XAR4++
LSR AL,#3
MOVZ AR5,@AL
MOV AH,*XAR4++
SUB AH,*XAR4
MOVB AL,#0
RPT #12
SUBCU ACC,@AR5
MOV T,@AL
MPYU ACC,T,@AR6
SUB ACC,*XAR4++<<12
MOVH @AR5,ACC<<4
MOV *XAR4++,T
MOV *XAR4++,AR5
.loop 16
MPYU ACC,T,*XAR7++
SUB AH,@AR5
MOV *XAR4++,AH
.endloop
LRETR
```

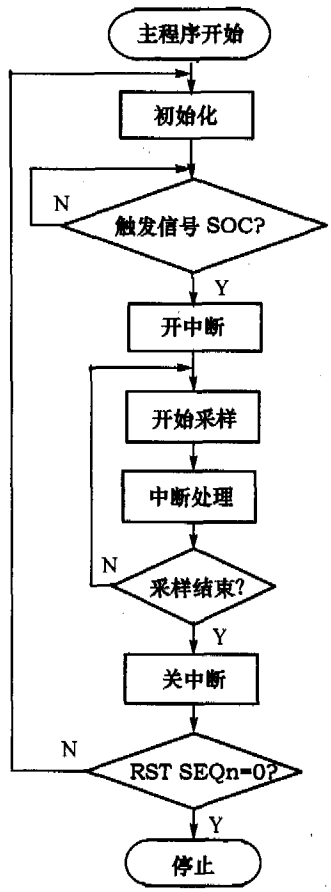


图2 程序流程框图

## 4 校正实例分析

### 4.1 有关数据符号定义

1）已知输入参考电压信号的转换值 $y_L$ 和 $y_h$。

2）利用方程 $y=x\times m_a+b$ 及已知的参考值

维普资讯 http://www.cqvip.com



$(x_L, y_L)$和$(x_H, y_H)$计算实际增益及失调误差：实际增益 $m_a=(y_H-y_L)/(x_H-x_L)$；失调误差 $b=y_L-x_L\times m_a$。

3）定义输入 $x=y\times m_b-m_c$，则由方程 $y=x\times m_a+b$ 得校正增益 $m_b=1/m_a=(x_H-x_L)/(y_H-y_L)$，校正失调 $m_c=b/m_a=y_L/m_a-x_L$。

4）将所求的校正增益及校正失调应用于其他测量通道，对 ADC 转换结果进行校正。

### 4.2 校正前后的数据的比较

比较结果如表 1 所示。

表 1　校正前后增益结果比较表

| 输入电压/V | 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 理论值 | 0 | 682.5 | 1 365 | 2 047.5 | 2 730 | 3 412.5 |
| 实际值 | 5 | 703 | 1 414 | 2 102 | 2 802 | 3 500 |
| 校正值 | 1 | 687 | 1 370 | 2 055 | 2 721 | 3 425 |
| 注：1 V 为参考低电压，2 V 为参考高电压 | | | | | | |

### 4.3 误差分析

增益比较：

实际增益 $m_a=(y_H-y_L)/(x_H-x_L)=(3\,412.5-0)/(3\,500-5)=0.976$；

校正增益 $m_b=1/m_a=y_L/m_a-x_L=(x_H-x_L)/(y_H-y_L)=1.024$.

失调比较：

实际失调误差 $b=(y_L-x_L\times m_a)\times 3/4\,095=(5-0\times m_a)\times 3/4\,095=0.003\,66$ V；

校正失调：$m_c=(1-0\times m_b)\times 3/4\,095=0.000\,073\,2$ V.

表 2　最大误差比较

| 输入电压/V | 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 实际误差 | 5 | 20.5 | 49 | 54.5 | 72 | 87.5 |
| 校正误差 | 1 | 4.5 | 5 | 7.5 | 11 | 12.5 |
| 注：1 V 为参考低电压，2 V 为参考高电压 | | | | | | |

由表 1 所测数据可知：校正值与理论值非常接近；由表 2 可以看出，校正误差明显小于实际误差，完全达到了设计要求。

### 4.4 线性度误差分析

线性度误差主要来自传感器、A/D 转换器以及硬件结构和温度等方面。这些误差一般具有统计规律性，可以用一定的数学模型来描述。本文采用最小二乘模型来描述线性度误差。最小二乘方程为：$y=ax+b$，$y=$测量值$\times 3/4095$，$x$ 为输入电压。

根据以上分析可建立方程组如下：

$$\begin{cases} a\times 0+b=7.326\times 10^{-4}, \\ a\times 0.5+b=687\times 7.326\times 10^{-4}, \\ a\times 1+b=1\,370\times 7.326\times 10^{-4}, \\ a\times 1.5+b=2\,055\times 7.326\times 10^{-4}, \\ a\times 2+b=2\,721\times 7.326\times 10^{-4}, \\ a\times 2.5+b=3\,425\times 7.326\times 10^{-4}. \end{cases}$$

解此最小二乘方程，可得：

$$a=1.006\,6,\ b=0.005\,6.$$

由此可得测量线性度误差仅为 0.0066，完全符合工程精度要求。对于大量使用 A/D 转换器的电力系统而言，任何自动装置的误动和拒动都会带来巨大损失。因此采用校正手段提高了装置的准确率，对电力系统自动装置和保护系统的可靠性具有重要的现实意义。

## 5 结语

A/D 转换器是数据采集电路的核心部件，其良好的精度与准确性是提高数据采集电路性能的关键。TMS320F2812 是集微控制器及数字信号处理器于一身的 32 位处理器，以其运行速度高和强大的处理功能得到广泛应用，而对其 ADC 模块精度的提高，将进一步提高其在自动控制领域中的应用。本文提出的用于提高 ADC 模块精度的软件校正算法，经实例验证表明具有很好的工程实用价值。

**参考文献：**

[1] Texas Instruments Incorporated. TMS320C28X 系列 DSP 的 CPU 与外设（上、下）[M]. 张卫宁编译. 北京：清华大学出版社，2005.

[2] 赵宇萍，谢拴勤，郭晓康. TMS320C28x 模数转换器的精度校正[D]. 西安：西北工业大学，2005.

（下转第 183 页）

维普资讯 http://www.cqvip.com



# Simulation for AC Motor Auto-disturbance-rejection Control System

**CHEN Hui-qin, LIU Jie**

*(College of Automation, Tianjin University, Tianjin 300072, China)*

**Abstract**: The structure and characteristics of ADRC are studied in this paper, the ADRC is applied in controller system of induction motor. The proposed strategy realizes the disturbance compensation without accurate knowledge of induction motor parameters, that means the design of ADRC is independent of the accurate induction motor model. Through simulation tool MATLAB/simulink, this paper presents results of simulation for design of linear structure of an ADRC and implement of ADRC in the vector control system. From the point of simulation, benefits and drawbacks between linear ADRC and traditional PID controller are analyzed.

**Key words**: Auto-Disturbance-Rejection Controller (ADRC); decouple; vector control; MATLAB/simulink; simulation

(编辑:刘笑达)

(上接第 175 页)

# Calibration the Sampling from inner ADC of TMS320f2812 Based on Software

**HAN Fu-chun, WU Tian-wen, ZHANG Ning, YANG Cui-ru**

*(College of Electrical and Power Engineering of TUT, Taiyuan 030024, China)*

**Abstract**: This article has studied the principle of TEXAS Corporation's TMS320f2812 Analog-to-Digital Converter(ADC). According to the critical request of sampling speed and precision of power system microcomputer relay protection, the software realization plan about TMS320F2812 ADC sampling adjusts has been introduced under the help of TEXAS' calibration plan. This plan's validity has further been confirmed through an experiment. Plan proposed here could take some reference value to design of power system automatic control devices.

**Key words**: TMS320f2812; calGain error; calOffset error; sequential sampling mode; simultaneous sampling mode

(编辑:贾丽红)