

· 电路与控制 ·

## 慢速 A/D 转换中工频干扰的去除

刘 丽, 司汉英, 马洪蕊

(光电系统信息控制技术国家级重点实验室, 河北 三河 065201)

**摘 要:**工频干扰是各类信息设备及信号处理中最常见的一种干扰信号, 若不去除将大大影响测量精度. 首先分析工频干扰对模拟信号的影响, 然后根据干扰的特点设计了控制电路来控制 A/D 转换器的采样频率, 实现了采样频率与工频同步, 从而达到有效地去除工频干扰. 最后用标定的方法, 得出了 A/D 转换器输出数值与输入模拟信号间对应的理想数学关系式.

**关键词:**工频干扰; A/D 转换; 模拟信号; 标定

中图分类号: TN911.71

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)02-0048-03

## Removal of Slow A/D Conversion Frequency Interference

LIU Li, SI Han-ying, MA Hong-rui

(National Laboratory of Electro-Optics System Technology, Sanhe 065201, China)

**Abstract:** Frequency interference is the most common form of interference signals in all kinds of information equipment and signal processing. If the frequency interference is not removed, it would affect the measurement accuracy. In the beginning, the frequency interference on the impact of the analog signal was analyzed, then according to the characteristics of interference, a control circuit to control sampling frequency was designed, and the sampling frequency and frequency synchronization were realized, and so as to effectively remove the frequency interference. Finally by the method of calibration, the ideal mathematical relationship of the output values and the input analog signal were obtained.

**Key words:** frequency interference; A/D conversion; analog signal; calibration

随着科学技术的飞速发展, 电子设备已经在各种领域日益普及, 但在大量电子设备的使用过程中, 电力能源带来便捷的同时也给信息设备的环境带来了各种各样的干扰. 如果测量装置工作在电源变压器或电线附近, 采集信号往往会受到工频的干扰 (220 V 的交流电对其周围的空间产生了 50 Hz 的干扰信号称为工频干扰)<sup>[1]</sup>. 工频干扰对信号处理的影响非常大, 特别是当传感器模拟量接口是小电压信号输出时, 它极大地妨碍有用信号的测量精度. 在 A/D 转换中必须要考虑该干扰的影响, 否则转换结果可能会产生非常大的误差. 介绍一种慢速 A/D 转换过程中有效去除工频干扰的方法, 经

过实际检测, 取得了理想的效果, 信号线和 AC220V 动力线在一起时, A/D 转换器受到的影响非常小, 输出数据稳定性重复性都很好, 几乎完全去除了工频干扰.

### 1 理论分析

设有用的模拟信号如图 1 所示. 工频干扰信号  $S(t) = A\sin(2\pi ft + \theta)$ <sup>[2]</sup>. 其中工频干扰的幅值  $A$ 、频率  $f$  以及初始相位  $\theta$  为已知. 如图 2 所示.

由于工频干扰信号的上下波动, 模拟信号会受工频干扰信号的高低变化做相应的波动, 波形可能

收稿日期: 2010-02-03

基金项目: 光电系统信息控制技术国家级重点实验室基金(9140C150101090C1502)

作者简介: 刘丽(1977-), 女, 河北人, 工程师, 研究方向为机电一体化.

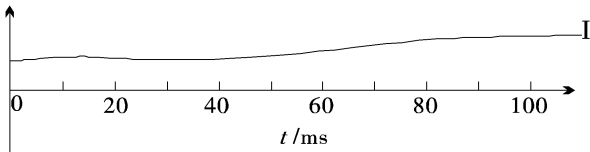


图 1 有用的模拟信号

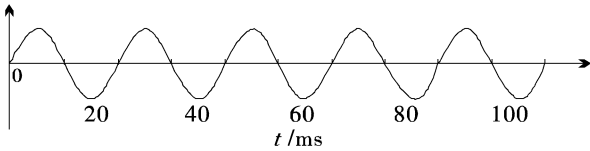


图 2 工频干扰信号

如图 3 中的 II 线所示 (I 线表示有用信号)。

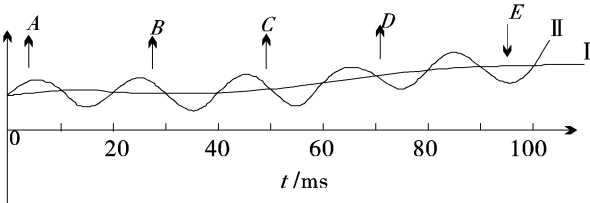


图 3 模拟信号

在 A/D 转换中如果随机的采集模拟信号,如按照图 3 中 A、B、C、D、E... 所处的位置进行采样,那么采集到的模拟量就是这些位置所对应的 II 线的幅值。可以看出,这些值与真实值 I 线之间的偏差是不固定的,所以采集到的数据与实际值之间存在一个随机误差,而这个误差是没有规律的,从而造成了 A/D 转换结果的跳动(当真实的模拟信号没有变化的时候也是如此)<sup>[3]</sup>。

从图 3 可以看出,每当工频处于某个电压时(比

如每次从低到高过零点时)对周围有用信号的影响总是一定的,工频干扰信号  $S(t_1) = A \sin(2\pi kft_1 + \theta) = M$  ( $k$  为整数,  $M$  为常数),也就是说工频的不同周期的同一个位置对模拟信号的干扰一致性非常好,这样就可以在工频的不同周期的同一个位置采集信号,A/D 转换器的采样频率与工频同步,那么得到的 A/D 转换结果就不会由于工频干扰的影响而上下波动.如 A/D 转换器采样点能够在(如图 4 所示) A1、B1、C1、D1、E1 (或 A2、B2、C2、D2、E2)...,那么采集到的数据就是没有受工频干扰的真实的数据,或者说工频干扰信号对有用信号的干扰是一个固定值,再经过模拟量标定就可以得到想要的真实数据.因此设计一个电路来控制采样点.

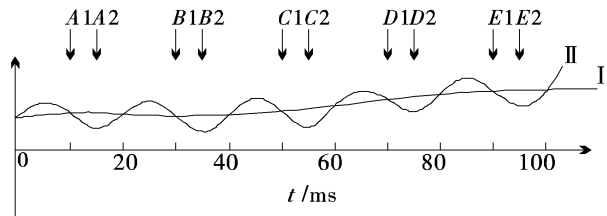


图 4 采样点

## 2 电路设计

根据以上的理论分析设计电路如图 5,用变压器和 LM393 电压比较器组成一个控制电路<sup>[4]</sup>。

当 220 V 的交流电经过变压器、二极管、电阻之后,输送到 LM393 电压比较器 3 脚的电压小于 5 V

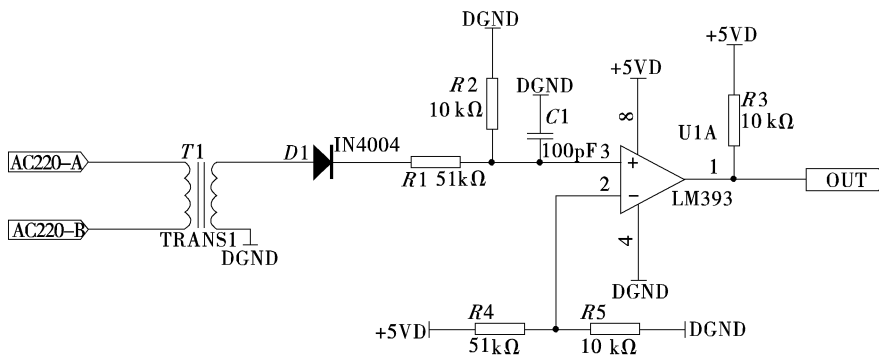


图 5 电路图

(即 LM393 电压比较器 3 脚的输入电压比 2 脚的电压低)时,比较器 OUT 输出低电平,当 LM393 电压比较器 3 脚的电压大于 5 V 时,比较器 OUT 输出高电平. OUT 从低电平到高电平产生跳变时,

触发后端的 A/D 转换电路进行采样,每次采样都是当电压从小于 5 V 变成大于 5 V 时进行并转换,通过这个控制电路使 A/D 转换器的采样频率与工频同步,实现了工频干扰信号对有用信号的干扰是恒

定的,这样每次得到的 A/D 转换结果非常稳定,不再受工频干扰的影响而波动。

### 3 数据标定

实际的应用中,A/D 转换结果产生的误差是由许多因素造成的,除工频干扰之外还有 A/D 转换器、放大电路、传感器等等,所以最终用标定的方法得到真实数据.设  $V_i$  是输入模拟信号,  $X_i$  是  $V_i$  经 A/D 转换器的输出信号,A/D 转换器的输入输出关系满足

$$V_i = AX_i + B \quad (1)$$

式中,  $A$  和  $B$  为标定系数.

当 A/D 转换器、放大电路、传感器等器件都很好的满足线形关系时,可以取 2 个或 3 个特定值代入式(1)中

$$\begin{cases} V_1 = AX_1 + B \\ V_2 = AX_2 + B \\ \dots \\ V_N = AX_N + B \end{cases} \quad (2)$$

得到其标定系数  $A$  和  $B$ ,代入式(1)中得到 A/D 转换器的输入与输出对应的数学关系式.当元器件不能很好的满足线形关系时,设对 A/D 转换器的输入输出进行  $N$  次测量,可得到由输入信号  $V_i$  和输出信号  $X_i$  的对应关系式组成的方程组<sup>[5]</sup>

$$\begin{cases} V_1 = AX_1 + B \\ V_2 = AX_2 + B \\ \dots \\ V_N = AX_N + B \end{cases} \quad (3)$$

式(3)方程组为一超定方程组,根据最小二乘原则得到  $A$  和  $B$  最佳解为

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N X_i V_i - \frac{\sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N V_i}{N}}{\sum_{i=1}^N X_i^2 - \frac{\sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N V_i}{N}} \quad (4)$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N V_i}{N} - \frac{\sum_{i=1}^N V_i}{N} \times A \quad (5)$$

根据一组输入信号及其对应的输出信号按式(4)和式(5)计算得到标定系数  $A$  和  $B$ ,此标定过程可由测试系统软件来实现.

### 4 结束语

通过电路控制采样点,使采样频率与工频同步,得到固定干扰值,经过数据标定得出了 A/D 转换器输出数值与输入模拟信号之间对应的理想数学关系式.此方法有效地去除了工频干扰,大大提高了测量系统的精度,可以广泛应用于测量压力、位移、温度、质量等电子设备中.

### 参考文献

(上接第 44 页)

- [2] 黄焱,潘庆谊,程知萱,等. 镶嵌钨硅酸的新型有机-无机纳米复合薄膜的制备及光致变色性能研究[J]. 高等学校化学学报, 2005, 26(2): 204-208.
- [3] Ogawa M, Kuroda K, Mori J. Aluminium-containing mesoporous silica films as nono-vessels for rganic photochemical reactions [J]. Chem Comm, 2000, 2441-2442.
- [4] Bae J Y, Jung J I, Bac B S. Photochromism in spiropyran impregnated fluorinated mesoporous organosilicate films[J]. J Mater Res, 2004, 19: 2503-2509.
- [5] Zhang Xueao, Wu Wenjian, Wang Jianfang, et al. Direct synthesis and characterization of highly ordered func-

- [1] 李建勇. 机电一体化技术[M]. 北京:科学出版社, 2005:232-247.
- [2] 沙斐. 机电一体化系统的电磁兼容技术[M]. 北京:中国电力出版社,1999:157-198.
- [3] 钱照明. 电力电子系统电磁兼容设计基础及干扰抑制技术[M]. 杭州:浙江大学出版社,2000:519-567.
- [4] 孙余凯,项绮明,吴鸣山. 轻松解读数字实用电路[M]. 北京:电子工业出版社, :206-230.
- [5] 程晓畅,王跃科. 数据采集通道标定方法 [J]. 计算机测量与控制,2005,13(9):997-999.

tional mesoporous silica thin films with high amino-groups content[J]. Applied Surface Science, 2008, 254(9): 2893-2899.

- [6] 田甜,骆志刚,张学馨,等. 蒸发诱导自组装仿生制备高有序度三维六方介孔氧化硅薄膜[J]. 功能材料, 2006, 37(10): 1653-1656.
- [7] Zhang T R, Feng W, Bao C Y, et al. Fabrication of heteropolyoxometalate-based photochromic inorganic-organic nanocomposites[J]. J Mater Res, 2001, 16: 2256-2263.
- [8] Pope M T. Heteropoly and Isopoly Oxometalates[M]. Belin: Springer, 1983: 109-112.