

文章编号:1671-251X(2011)12-0018-03

DOI:CNKI:32-1627/TP.20111128.1501.006

基于单片机的高精度快速积分型 AD 转换器

房慧龙, 罗锦宏, 陆海空

(常州信息职业技术学院电子与电气工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要:针对现有积分型 AD 转换器存在转换速率较低的问题,提出了一种基于单片机的高精度快速积分型 AD 转换器的设计方案,详细介绍了 AD 转换的实现过程。该转换器采用单片机产生各种控制信号,保证了测量过程的精确同步,提高了 AD 测量结果的稳定性,最快转换速度可达 500 次/s。实际应用表明,该转换器转换速度快,测量精度高,达到了预期效果。

关键词:AD 转换器;积分型 AD 转换器;快速 AD 转换器;高精度 AD 转换器;快速基准积分

中图分类号:TD672;TP335

文献标识码:B

网络出版时间:2011-11-28 15:01

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20111128.1501.006.html>

Fast and High-precision Integral Type AD Converter Based on Single-chip Microcomputer

FANG Hui-long, LUO Jin-hong, LU Hai-kong

(Institute of Electronic and Electrical Engineering of Changzhou College of Information Technology,
Changzhou 213164, China)

Abstract:For problem of low conversion rate of current integral AD converter, the paper proposed a design scheme of fast and high-precision integral type AD converter based on single-chip microcomputer,

收稿日期:2011-07-25

中国专利:专利申请号为 201010211598.0

作者简介:房慧龙(1964-),男,江苏常州人,副教授,高级工程师,长期从事单片机方面的教学和智能仪器仪表的研发工作。

E-mail: fhl@ccit.js.cn

动故障频率正是导致带式输送机驱动滚筒轴承振动剧烈的故障调制频率,故障原因为轴承内圈与轴配合不当,在运行过程中发生相对滑动。检修发现轴承内圈与轴配合松动,轴承内圈存在明显划痕,与实际情况相符。

4 结语

煤矿带式输送机轴承监测诊断系统以 YHZ18 矿用本安型振动监测分析仪与 KGS18 矿用本安型振动加速度传感器为核心,结合数据库与组态王上位机软件,实现了煤矿带式输送机轴承振动与温度的在线监测与实时诊断分析等功能。将该系统应用于某煤矿带式输送机轴承故障诊断中,有效地提取出驱动滚筒轴承内圈与轴配合松动故障,为带式输

送机预知维修提供了科学依据。现场应用表明,该系统可满足煤矿带式输送机状态监测与在线诊断的实时性和精确性要求,具有广泛的推广价值。

参考文献:

- [1] 王燕桥,寇子明.皮带输送机滚动轴承状态监测与故障诊断的研究[J].机械管理开发,2009,24(1):49-50.
- [2] 张功学.同态滤波技术应用于皮带机轴承故障诊断的试验研究[J].机械科学与技术,1996(2):281-285.
- [3] 李民中.状态监测与故障诊断技术在煤矿大型机械设备上的应用[J].煤矿机械,2006,27(3):534-535.
- [4] 李臻,贾洪钢,李东晓,等.基于 DSP 与 ARM 的煤矿设备振动监测系统的设计[J].工矿自动化,2010(10):1-3.
- [5] 黄文虎,夏松波.设备故障诊断原理、技术及应用[M].北京:科学出版社,1996.

and introduced implementation of AD conversion process in details. The converter uses single-chip microcomputer generates various control signals to ensure accurate synchronization of measurement process, and improves stability of measurement results of AD, whose fastest conversion speed is up to 500 times/s. The practical application showed that the converter has fast conversion speed and high measurement accuracy, which achieves desired results.

Key words: AD converter, integral type AD converter, fast AD converter, high-precision AD converter, fast reference integration

0 引言

AD转换器是一种将模拟量转换为数字量的器件^[1],它广泛应用于雷达、通信、声纳、测控系统、地震、仪器仪表等领域,在现代智能化仪器仪表中也占有十分重要的地位。常见的AD转换器类型主要有并行比较型、逐次比较型、 $\Sigma-\Delta$ 调制型以及积分型等4种^[2-4]。

典型的积分型AD转换器工作原理是在一个转换周期中(包括采样期和比较期)分别对被测电压和参考电压进行积分,然后把被测电压转换成与之成正比的时间间隔,该时间间隔是很容易被测量的。由于积分器的存在,该类AD转换器对叠加在被测电压上的高频噪声不敏感,并且如果选择适当的采样周期,对低频噪声特别是工频干扰信号有很强的抑制作用;此外,积分型AD转换器还具有线性好、灵敏度高、转换精度高等优点,但也有明显缺点,即转换速率很低,因此,有必要进行技术改进。目前,在积分型AD转换技术的基础上采用的改进技术有改进型双斜、三斜、多斜I、多斜II、多斜III等技术^[5]。但这些改进技术有些转换精度不够高,转换速度不够快;有些技术方案较复杂不易实现。鉴此,笔者设计了一种基于单片机的高精度快速积分型AD转换器^[6],该转换器最快的转换速度可达500次/s,最高精度可达23位。目前,该转换器已申请国家发明专利,专利申请号为201010211598.0。

1 AD转换器的设计

基于单片机的高精度快速积分型AD转换器的原理结构如图1所示。该转换器由积分信号控制电路、积分器、电平比较器及单片机4个部分组成。其中:积分信号控制电路由电阻 $R_1 \sim R_4$ 及模拟电子开关 $K_1 \sim K_4$ 组成;积分器由运放及电容 C 组成;电平比较器由上下限比较器及过零比较器组成。在单片机的控制下,1次AD转换过程通过信号积分阶段、快速基准积分阶段、慢速基准积分阶段和调零

阶段4个阶段完成。

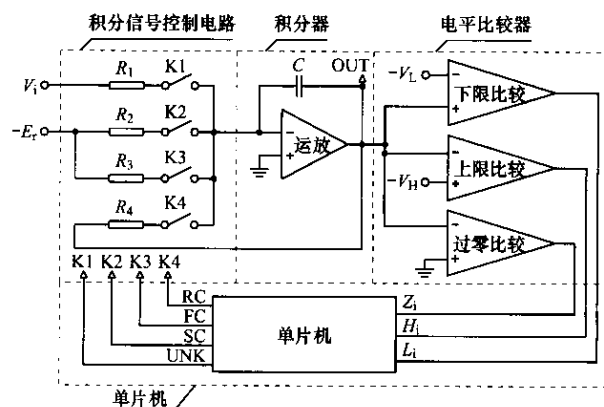


图1 基于单片机的高精度快速积分型AD转换器的原理结构

1.1 信号积分阶段

第一阶段为信号积分阶段,单片机发出低电平RC信号控制模拟电子开关 K_4 断开,同时发出高电平UNK信号控制模拟电子开关 K_1 导通,使被测信号 V_1 通过电阻 R_1 送入积分器开始对电容器 C 进行充电,同时积分器输出的OUT信号送入电平比较电路与上限电平 $-V_H$ 和下限电平 $-V_L$ 比较。在此阶段,单片机不断地检测上、下限比较器送出的 H_i 、 L_i 信号,一旦发现积分器输出的OUT信号低于上限电平 $-V_H$,就发出高电平FC信号控制模拟电子开关 K_3 导通,将基准信号 $-E_r$ 通过电阻 R_3 接入积分器对电容器 C 进行快速放电,从而保证积分器的输出电平限定在规定的范围内。通过这种技术手段既保证了AD转换器的线性,又提高了AD转换器输入电压的范围。如果单片机调整UNK信号的高电平时间为外界干扰(尤其是工频干扰)信号周期的整数倍时间,就可大幅度消除外界干扰信号对AD转换结果的影响。

1.2 快速基准积分阶段

第二阶段为快速基准积分阶段,单片机发出低电平UNK信号控制模拟电子开关 K_1 断开,同时检测积分器输出的OUT信号,如低于下限电平 $-V_L$,

就送出高电平 FC 信号控制模拟电子开关 K3 导通, 将基准信号 $-E_r$ 通过电阻 R_3 接入积分器对电容器 C 进行快速放电, 一旦积分器输出的 OUT 信号高于下限电平 $-V_L$ 后就断开模拟电子开关 K3。通过这种方法, 减少了 AD 转换时间, 大大提高了 AD 的转换速率。

1.3 慢速基准积分阶段

第三阶段为慢速基准积分阶段, 在此阶段单片机送出高电平 SC 信号控制模拟电子开关 K2 导通, 将基准信号 $-E_r$ 通过电阻 R_2 接入积分器对电容器 C 进行慢速放电, 直到积分器输出的 OUT 信号大于零点。由于 R_2 的阻值远大于 R_3 , 使积分器输出的 OUT 信号上升过程较缓慢, 便于单片机对该阶段时间进行精确测量, 从而提高了 AD 转换器的分辨率。

1.4 调零阶段

第四阶段为调零阶段, 单片机发出高电平 RC 信号控制模拟电子开关 K4 导通, 将电阻 R_4 接入运放的“—”端和输出端之间, 对积分器进行自动调零, 为下次转换作准备。

2 AD 转换器工作时序

AD 转换器的工作时序如图 2 所示。在信号积分阶段和快速基准积分阶段, 单片机利用内部的计数器对 FC 信号的高电平时间进行累加测量, 设单片机测量的计数值为 N_1 ; 在慢速基准积分阶段, 单片机对 SC 信号的高电平时间进行测量, 设单片机测量的计数值为 N_2 , 则 AD 转换结果 N 可以通过以下公式计算:

$$N = KN_1 + N_2 \quad (1)$$

式中: K 为慢速放电支路的电阻值与快速放电支路的电阻值之比, 通过适当的取值保证此比例系数大于 100, 最好取 2 的幂次方, 比如为 128。

在实际应用中可以根据转换速率要求, 单片机控制信号积分时间在 1~40 ms 之间变化, 通过适当选取积分电容器 C 的容量, 可以将其它 3 个阶段的时间控制在 1 ms 以内, 因此, 该 AD 转换器的最大转换速度可达 500 次/s, 而 AD 转换结果的最大值 $N_{\max}$ 为

$$N_{\max} = KT_{1\max}/T_P + N_2 \quad (2)$$

式中: K 的取值为 128; $T_{1\max}$ 取值为 40 ms; T_P 为单片机内部计数脉冲周期, 使用 80C51 单片机并在 24 MHz 的振荡频率下, T_P 为 0.5 μ s。

利用式(2)计算得到的转换结果大于 102.4 万,

理论上可达到 23 位精度。当然, 由于受信号积分阶段中拾取噪声与干扰、基准积分阶段中基准电压的低频噪声等影响, 使得稳定的读数输出位数即有效位有所下降, 实际应用中可得到 6 位半以上的分辨率及相应的稳定性指标。

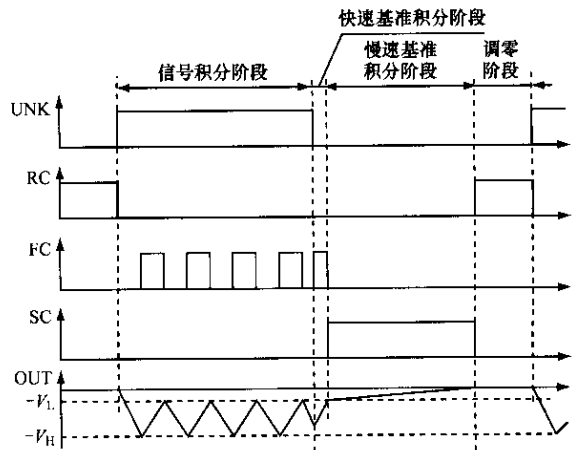


图2 基于单片机的高精度快速积分型AD转换器的工作时序

3 结语

高精度快速积分型 AD 转换器使用单片机产生各种控制信号, 并利用单片机内部的定时器/计数器实现对 FC 和 SC 信号的高电平进行时间测量, 保证了测量过程的精确同步, 提高了 AD 测量结果的稳定性, 既省去了外部计数器及可编程逻辑器件, 简化了电路, 降低了成本, 又使它更容易与应用系统结合。该转换器已成功应用于常州惠友电子科技有限公司开发生产的直流低电阻测量仪中, 实际测试结果表明, 在常温条件下测量的最小分辨电阻为 1 $\mu\Omega$, 测量精度可达万分之一。

参考文献:

- [1] 戴永红. AD 转换器的进展及其应用[J]. 电子元器件应用, 2001(3):9-12.
- [2] 曹鹏. 模数变换器的几种典型结构及其应用[J]. 电讯技术, 2003(3):13-16.
- [3] 姚剑清. 国外 CMOS ADC 的研发动态[J]. 电子产品世界, 2000(7):62-63.
- [4] 纪宗南. 高性能 ADC 及其应用[J]. 国外电子元器件, 2001(7):14-16.
- [5] 李丽容, 杨卫杰. 积分式 A/D 转换器改进技术综述[J]. 工业仪表与自动化装置, 1998(4):9-13.
- [6] 房慧龙, 罗锦宏, 陈琳, 等. 一种基于单片机的高精度快速积分型 AD 转换器: 中国, 201020239178.9[P]. 2011-03-25.