

文章编号:1671 - 251X(2009)11 - 0006 - 04

# 基于 DSP 和锁相环的矿用高压配电装置 数据采集系统的设计 \*

高荣贵, 宋建成, 郑丽君, 李党盈

(太原理工大学电气与动力工程学院, 山西 太原 030024)

**摘要:**针对当前煤矿井下高压配电装置的微机继电保护数据采集系统存在实时性差的问题,文章提出了一种基于 TMS320LF2407 DSP 芯片和 14 位 A/D 芯片 MAX125 的矿用高压配电装置实时数据采集系统的设计方案,详细介绍了系统锁相环、数据采集等相关硬件电路的设计,编制了系统软件。实验证明,该系统数据采集实时、准确、可靠。

**关键词:**矿井; 高压电网; 配电装置; 继电保护; 数据采集; 锁相环; DSP; MAX125

**中图分类号:**TD611 **文献标识码:**B

Design of Data Acquisition System for Mine-used High-voltage  
Distribution Device Based on DSP and PLL

GAO Rong-gui, SONG Jian-cheng, ZHENG Li-jun, LI Dang-ying

(College of Electrical and Power Engineering of Taiyuan University of Technology,  
Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** In view of the problems that the data acquisition system of microcomputer relay protection of underground high-voltage distribution device has not good real-time ability, the paper proposed a design scheme of real-time data acquisition system for mine-used high-voltage distribution device based on TMS320LF2407 DSP and 14-bit A/D chip MAX125. It expounded hardware circuit design of PLL, data acquisition circuit and the system software. The experiment result showed that the system has good performance such as real-time, accurate and reliable in data acquisition.

**Key words:** mine, high-voltage power network, distribution device, relay protection, data acquisition, PLL, DSP, MAX125

## 0 引言

随着电子器件和数字化测量技术的发展,作为煤矿井下主要供电设备的高压配电装置的微机继电保护系统也有了很大的发展。数据采集是微机继电保护装置中最基本的功能,微机继电保护装置的保护功能是否能准确、快速地实现,在很大程度上取决

于数据采集的实时性和精确性。

目前,井下高压配电装置普遍存在实时性差的问题,出现故障不能及时处理,给煤矿井下工作带来安全隐患。为此,笔者设计了一种基于 TMS320LF2407 DSP 芯片和 14 位 A/D 芯片 MAX125 的矿用高压配电装置实时数据采集系统。该数据采集系统可同时采集 4 路数据,可对井下电网中实时性要求高的参数同时进行数据采集和处理。

## 1 系统硬件构成

### 1.1 总体设计

系统硬件的总体结构主要由信号调理电路、锁相环电路、A/D 转换电路、电平转换电路和 DSP 外

收稿日期:2009 - 07 - 21

\*基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目  
(2007BAK290B05)

**作者简介:**高荣贵(1982 - ),男,山西晋中人,太原理工大学电气与动力工程学院在读硕士研究生,研究方向为智能电器技术。  
E-mail:grg02@163.com

围电路组成,如图 1 所示。

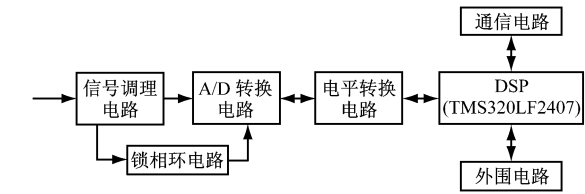


图 1 系统硬件原理框图

信号调理电路将高压配电装置主回路的电气参数(电压参数、电流参数)转换为 MAX125 可接收的交流电压信号,作为 A/D 转换电路的输入。锁相环电路实时跟踪电网频率的变化,实时改变采样间隔。A/D 转换电路按采样间隔值对信号调理电路的输出进行整周期 64 点的采样。DSP 对采样值进行数据处理,处理结果通过通信电路传给 PLC。整个系统对外可同时提供 4 路 A/D 转换通道。

1.2 TMS320LF2407 DSP 的简介

C2000 系列 DSP 是 TI 公司 TMS320DSP 的三大系列之一,包括 16 位的 C24xx 和 32 位 C28xx 定点 DSP。它既具有一般 DSP 芯片的高速运算和信号处理能力,又与 MCU 一样,在片内集成了丰富的外设,因而,特别适用于高性能数字控制系统。在 C240x 子系列中,TMS320LF2407 DSP 可作为超集来看待,它包括了最多的片内外设和片内存储器,功能最全,是 C24xx 中的优秀代表。

TMS320LF2407 DSP 具有 32 KB 的 FLASH 程序存储器,1.5 KB 的 RAM,2 KB 的 SARAM,2 个事件管理器,控制器局域网络模块,串行通信接口模块,10 位 A/D 转换器,5 个外部中断,看门狗定时器模块。

该系统利用 DSP 的外部中断,将 MAX125 采集的数据输入 DSP 中进行数据处理,处理完成后,对数据所对应的各项参数进行判断。

1.3 锁相环电路的设计

电力参数的同步采集要求当电力系统的频率变化时能正确跟踪频率的变化,使得采样数据点均匀地分布在整个周期内,这就要求数据采集系统能跟踪电网频率的变化,为此本设计采用了锁相环电路。

采用锁相环频率跟踪原理实现同步等间隔采样的电路如图 2 所示。在相位比较器 PD、低通滤波器 LP、压控振荡器 VCO 构成的锁相环内加入 N 分频器,输入  $f_1$  为被测信号的频率,作为锁相环的基准频率,输出  $f_2$  为采样频率。 $f_2$  经 N 分频后与  $f_1$  相比较,根据锁相环工作原理,锁定时  $f_2/N = f_1$ ,即  $f_2 = N \times f_1$ 。由于锁相环的实时跟踪性,当被测信

号频率  $f_1$  变化时,电路能自动快速跟踪并锁定,始终满足  $f_2 = N \times f_1$  的关系,即采样频率为被测信号频率的整数(N)倍。用该输出控制采样/保持器,并启动 A/D 转换,就可使 N 个采样点均匀分布在被测电气信号的一个整周波内,消除了同步误差,实现了无相位差的同步采样。锁相环相位锁定时,压控振荡器 VCO 能在一定范围内自动跟踪输入信号的频率变化,在频率有畸变的情况下也能确保数据的同步采样,当电网频率发生变化时,可准确跟踪电网频率,保证测量精度。

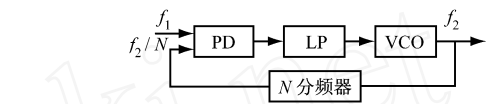


图 2 锁相环电路原理图

该系统中锁相环频率跟踪电路由专用锁相芯片 CD4046 和分频芯片 CD4040 组成,以实现工频信号的锁相倍频,分频比为 1/64。该电路的工频信号为实时频率信号输入,是经过信号调理整形后的 TTL 电平的工频方波。当频率信号发生变化时,通过锁相环可实时改变采样频率,每个周期的采样点数不变。在工频信号恰好为 50 Hz 的情况下,该电路的锁相倍频频率为  $50 \times 64 = 3.2 \text{ kHz}$ ,相当于 1 个工频周期内有 64 个脉冲。频率跟踪锁相电路如图 3 所示。

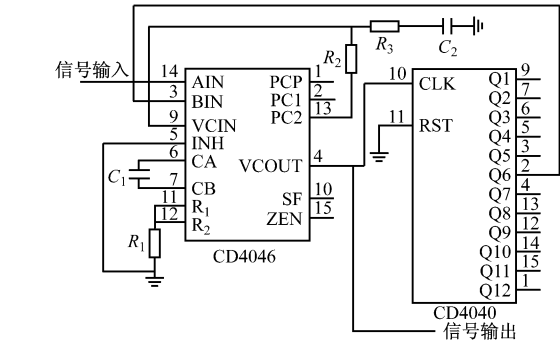


图 3 频率跟踪锁相电路图

1.4 信号调理电路设计

信号调理电路的作用是将输入信号调理成 DSP 可以接收的信号,再送入采样芯片 MAX125 中。信号调理电路如图 4 所示。在矿井供电系统中,为实现对电力参数的监测,先将主回路的高电压或大电流通过一级电压互感器或电流互感器变换为副边的 10 V 电压或 5 A 电流。这些信号进入主控回路供控制回路使用。在信号调理电路中还需将前一级的信号引入第二级互感器并将信号变为峰值为  $-4.5 \sim +4.5 \text{ V}$  的交流电压信号(MAX125 的输入量程在  $-5 \sim +5 \text{ V}$  之间,为了确保系统的绝对稳

定,预留了 0.5 V 的稳定裕量),通过滤波隔离缓冲环节将信号输入 MAX125。

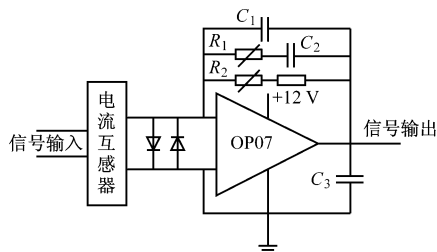


图 4 信号调理电路图

### 1.5 MAX125 介绍

在微机继电保护的硬件系统设计中,要求精度为 0.2% ~ 0.5%,10 位 A/D 转换芯片的采样精度为 1/1 024,近乎 0.1%,但考虑到电路中其它环节的误差,已很难做到 0.2%。因此这里不选择 TMS320LF2407 片内的 10 位 A/D 转换芯片,而选用 14 位 A/D 转换芯片 MAX125。

MAX125 是 MAXIM 公司新推出的带同步跟踪/保持(T/H)的高速、多通道 14 位数据采集系统(DAS)。器件内含 1 个转换时间为 3 μs 的模数转换器(ADC)、1 个 2.5 V 电压基准、1 个带缓冲的参考输入以及 1 组可对 4 路输入信号进行同步采样的跟踪/保持放大器。每个 T/H 前还设置了 1 个 2 选 1 转换开关,因此,总共可有 8 路输入信号进行 A/D 转换。MAX125 的并行接口数据访问和总线释放的定时特性与绝大部分 DSP 及 16 位/32 位微处理器的特性兼容,因此,其转换结果可由这些处理器直接读取而不需要等待状态。此外,转换器可以耐高达 ±17 V 的过电压,若某一通道出现故障不会影响其它通道的正常工作。

### 1.6 MAX125 控制电路设计

TMS320LF2407 DSP 的工作电压为 3.3 V, MAX125 的工作电压为 5 V,不能共用同一个电源,需要引入电平转换电路。这里选取 16 位的 SN74LVC164245 做电平转换器。电平转换器左侧 B 端为 5 V 的逻辑电平,与 MAX125 的 A/D 转换器接口相连;电平转换器右侧 A 端为 3.3 V 的逻辑电平,与 TMS320LF2407 DSP 接口相连,如图 5 所示。

SN74LVC164245 的输出允许 OE 端接 TMS320LF2407 DSP 的 IS 信号端, TMS320LF2407 DSP 以中断方式访问 MAX125。当 TMS320LF2407 DSP 访问 MAX125 时,IS 信号有效, SN74LVC164245 的输出允许 OE 端有效, SN74LVC164245 工作;其它情况下, SN74LVC164245

的数据线呈高阻状态。SN74LVC164245 的 1DIR、2DIR 接 TMS320LF2407 DSP 的 19 脚 W/R, DSP 写时 W/R = DIR = 1, 74LVC164245 的数据从 A 到 B; TMS320LF2407 DSP 读时 W/R = DIR = 0, SN74LVC164245 的数据从 B 到 A。SN74LVC164245 的 A 端数据线接 DSP 的数据线, B 端接 MAX125 的数据线。

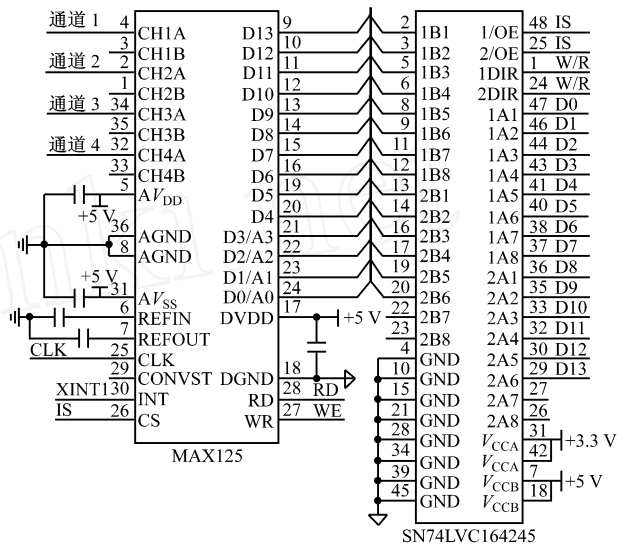


图 5 MAX125 控制电路图

CH1A ~ CH4A、CH1B ~ CH4B 分别接 PT/CT (电压/电流互感器) 调理电路的输出端。D0 ~ D13 接电平转移器件的 5 V 数据线,经电平转移后接 TMS320LF2407 DSP 的 D0 ~ D13。锁相环信号输出直接接 MAX125 的 CONVST 端,发 1 个正脉冲启动 1 次 A/D 转换。转换结束时, MAX125 的 INT 端输出低电平,通过 5 ~ 3.3 V 电平转移电路接到 TMS320LF2407 的 IOPA2 (XINT1) 脚,程序查询 IOPA2 (XINT1) 是否为低电平,如果是低电平则读取转换结果。TMS320LF2407 DSP 的 IS 脚接 MAX125 的 CS 端, TMS320LF2407 DSP 将 MAX125 视为一个 I/O 端口,用端口指令访问,其它 RD、WR 由如图 5 所示 TMS320LF2407 DSP 的 RD、WE 控制, TMS320LF2407 DSP 的电平可以直接驱动 MAX125 的控制端。图 5 中 RD、WE、IS、XINT1 分别为 TMS320LF2407 DSP 的管脚。

## 2 软件设计

TMS320LF2407 DSP 同时支持汇编语言和 C 语言。因此,系统程序采用 C 语言编写,系统程序流程如图 6 所示。

文章编号:1671 - 251X(2009)11 - 0009 - 04

# 基于 W79E834 的磁力启动器智能保护装置的设计

张 丽, 陈 奎, 罗建锋, 孙常青

(中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221008)

**摘要:**文章介绍了一种基于 W79E834 的磁力启动器智能保护装置的设计方案,详细阐述了该装置硬件、软件设计及其保护功能的实现。该装置具有短路、过流、断相、漏电闭锁等保护功能和电能计量功能。装置已在某煤矿实际运行,现场运行结果表明,该装置克服了煤矿现有模拟保护装置精度不高、易失效和无法进行电度量等问题,实现了小型隔爆开关的智能化和数字化。

**关键词:**煤矿; 磁力启动器; 智能保护; 电能计量; W79E834; CS5460A

**中图分类号:**TD611

**文献标识码:**B

收稿日期:2009 - 07 - 09

**作者简介:**张 丽(1984 - ),女,中国矿业大学信电学院  
2007 级硕士研究生,研究方向为电力系统及自动化。E-mail:  
hiterle10@163.com

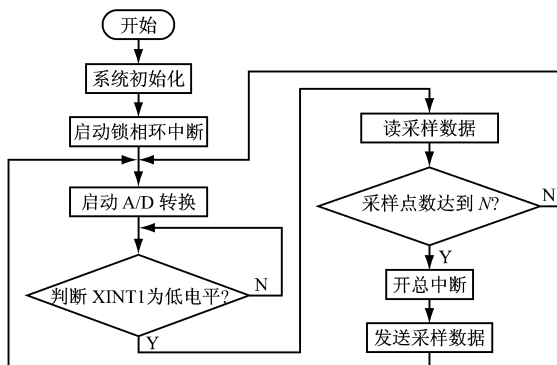


图 6 系统程序流程图

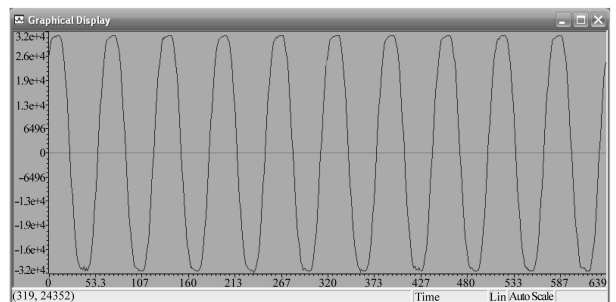


图 7 在 MAX125 的 CH1A 通道输入信号时的  
实时采样波形图

## 3 实验分析

该数据采集系统利用三意公司生产的 XDS510 进行了数据采集实验。将工频电流发生器的电流信号输入信号调理电路,通过调整电路的参数,使 MAX125 的 CH1A 通道输入 5 V 的交流信号,图 7 为在 MAX125 的 CH1A 通道输入信号时的实时采样波形。由于该实验中采用 64 倍频,从图 7 可看出每 64 个点完成 1 次周波的采集。图 7 为 10 个周波的数据显示,该波形上下对称,说明采集的周期和频率符合电网的周期和频率,为标准的正弦波。

## 4 结语

基于 DSP 和锁相环的矿用高压配电装置数据采集系统具有体积小、采集速度快、数据处理能力强

的特点,可同时完成 4 路参数的同时采集。实验证明,该数据采集系统提高了高压配电装置的可靠性,满足了煤矿井下供电系统继电保护的实时性要求,对井下电网故障可实现快速切除,保障了煤矿井下的安全生产。

## 参考文献:

- [1] 赵世廉. TMS320X240x DSP 原理及应用开发指南 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [2] 刘和平,严利平,张学锋,等. TMS320LF240x DSP 结构原理及应用 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [3] 李 波,陈剑云. 基于 TMS320LF2407 的高速数据采集系统设计与实现 [J]. 继电器,2008 (5): 59-62.
- [4] 黄 柱,邹云屏. 基于 DSP 的新型数字绝缘测试仪的研制 [J]. 通信电源技术,2006,23 (3): 20-24.