

文章编号: 1672-8785(2014)04-0045-04

基于红外测温技术的窑筒体温度数据采集系统的设计

王 斐 刘 琴

(重庆邮电大学信号与信息处理重庆市重点实验室, 重庆 400065)

摘 要: 主要介绍了一种对窑筒体表面温度数据进行采集的具体方法。以 TMS320f2407A 为例, 详细讲解了如何对数字信号处理器进行配置、对温度数据进行采集以及显示温度分布图像的情况。本文方法不仅能够有效减小由于高速数据采集而引起的温度值误差, 而且还能成功解决图像扭曲问题, 在实际应用中取得了良好的效果。

关键词: 回转窑筒体; 数字信号处理器; 温度数据采集

中图分类号: TP277 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2014.04.008

Design of Rotary Kiln Shell Temperature Data Acquisition System Based on Infrared Thermometry

WANG Fei, LIU Qin

(Chongqing Key Laboratory of Signal and Information Processing, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: A method for collecting the surface temperature data of a rotary kiln is presented. By taking a TMS320f2407A digital signal processor as an example, the configuration of it, the collection of temperature data and the display of temperature distribution images are described in detail. The method can not only reduce the temperature error caused by high-speed data acquisition effectively, but also solve the problem of image distortion successfully. It has obtained good effectiveness in the practical application.

Key words: rotary kiln; digital signal processor; temperature data acquisition

0 引言

在水泥生产过程中, 水泥熟料的煅烧是一个最重要的工艺环节, 而回转窑又是该环节的核心, 其运转情况会直接影响熟料的产量与质量以及原料和熟料的消耗量。温度过高和热振荡过大都会损坏回转窑的窑衬, 严重时更会殃及窑筒体^[1]。

目前, 国内外水泥回转窑都广泛采用红外

测温方式对窑筒体的表面温度进行监测。其目的是监视和控制窑内窑皮的分布情况, 从而防止因窑内温度过高和热振荡过大对窑筒体和耐火砖带来巨大损害。

在对窑筒体的表面温度进行监测时, 窑筒体温度的准确性和实时性是一个重要指标。目前大多数测温系统存在的问题是无法保证温度的准确性, 而且在窑内温度达到警戒值时不能准确报警, 从而造成无法估量的损失。

收稿日期: 2014-03-06

作者简介: 王斐(1990-), 男, 山东烟台人, 硕士, 主要从事数字图像处理方面的研究。E-mail: wangfei111g@163.com

因此,本文提出一种简单而实用的温度数据采集方法,即通过数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)里面的事件管理器启动 ADC 模块来采集温度数据。实验结果表明,该方法能够有效地完成温度数据采集工作,所测得的窑筒体温度与实际温度基本相符,且图像光滑,毛刺较少。

1 红外测温技术的基本原理

自然界中,温度高于绝对零度的任何物体都会源源不断地向四周辐射红外能量。物体辐射能量的大小与物体表面的温度成正比,即物体的温度越高,辐射出的能量越大。因此,通过测量物体辐射出的红外能量,可以计算出物体的表面温度,这就是红外测温技术的理论基础^[2]。

红外探测器是一种将入射的红外辐射信号转换成电信号并将其输出的器件。红外探测器可以分为单元探测器、线阵探测器和面阵探测器。其中,单元探测器每次只能得到一个点的温度,通常用于点温计;线阵探测器每次可以得到一整条线的温度;面阵探测器每次可以得到一幅红外图像,通常用于红外热像仪,其应用范围较广,但成本相对较高,且探测单元存在非均匀性。

2 TMS320f2407A 的特性

2.1 事件管理器

TMS320f2407A 具有 EVA 和 EVB 两个事件管理器,其中每个事件管理器均包括两个通用定时器 GP。EVA 对应于定时器 1 和定时器 2, EVB 对应于定时器 3 和定时器 4。每个定时器可产生 4 个中断,它们分别为上溢事件、下溢事件、比较匹配事件以及周期事件。事件管理器的寄存器包括定时器控制寄存器、全局通用定时器控制寄存器等^[3],后者与 AD 启动相关。以全局通用定时器控制寄存器 A 为例,其第 7 位和第 8 位控制定时器 1 启动模数转换事件,第 9 位和第 10 位控制定时器 2 启动模数转换事件,分别可以设置由下溢中断标志、周期中断标志以

及比较中断标志启动模数转换。同样地,全局通用定时器控制寄存器 B 控制定时器 3 和定时器 4 启动模数转换事件。

2.2 模数转换模块

TMS320f2407A 的 ADC 模块的主要特性如下:带有 10 bit 内部采样-保持电路;转换时间最快可达 500 ns;具有 16 个模拟输入通道,其中每八个通过一个 8 选 1 的模拟多路转换开关;具有多个启动 ADC 转换的触发源等^[4]。

用于启动 ADC 转换的触发源共有 4 个:软件立即启动、EVA 事件管理器启动、EVB 事件管理器启动以及外部引脚 ADCSOC 启动。通常 AD 转换启动方式都选择软件直接启动,但是如果对采样频率的精确度要求较高,采用软件直接启动的方法会造成时间延迟,从而导致采样频率不精确。而采用事件管理器启动 ADC 模块,既可以保证采样频率的精确度,又可以降低电路的复杂性。

3 数据采集系统的设计与实现

3.1 图像采集系统的框架设计

通过综合比较各种探测器的优缺点,我们选择单元探测器来对窑筒体进行探测。由于利用单元探测器得到的图像只是一个点,为了得到窑筒体的一幅完整图像,在窑筒体自转的同时,还必须不断地对窑筒体进行扫描,然后通过通信设备将得到的数据发送给 PC 机进行处理。图 1 为整个系统的构成图。

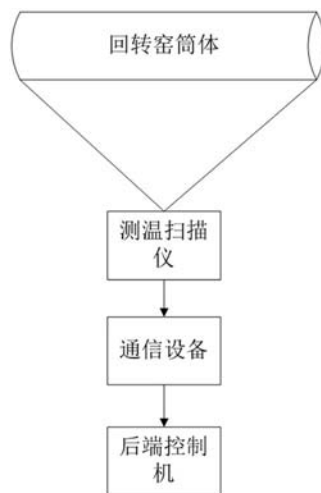


图 1 系统构成图

在测量窑筒体温度的过程中, 窑筒体做规律的自转运动; 带有反射镜的电机轴向 360° 旋转, 并将物体发出的红外线反射到红外探头上; 红外探测器将光信号转换为电信号, 后者经前端电路放大后被送到模数转换模块; 完成模数转换的数据由 DSP 读取存储, 并发送到 PC 端进行图像显示。由于采用逐点扫描成像, 每次采集的一行数据依次排下组成一幅图像。因此, 为了保证图像光滑且不失真, 必须确保 ADC 模块采样频率的高精度, 使得每次采集的数据对应于窑筒体的同一位置。

3.2 ADC 模块采样频率的设定方法

由于窑筒体温度较高, 探测仪必须安装在距离窑筒体较远的位置上。为了准确地监测窑筒体的表面温度, 需要根据探测器的距离系数、探测器到窑的距离以及窑长来确定采样点的个数, 从而确定 ADC 模块的采样频率。

TMS320F2407A 的 ADC 模块的数据位为 10 bit, 最快转换时间为 500 ns。因此, 在确定 ADC 模块的采样频率时, 最基本的是要保证采样频率小于 ADC 模块的最小频率。首先, 根据距离系数比确定采样点的个数; 然后根据电机的自转周期确定 ADC 模块的采样频率; 最后, 根据采样频率对定时器进行设置, 并用定时器控制启动 ADC 模块对信号进行采样。

启动 ADC 模块定时采样有三种方法。第一种是在定时器的中断里由软件直接启动 ADC 模块。这种方法可以完成基本的 ADC 模数转换。但是如果对采样频率的精度要求较高, 这种方法会出现时间延迟, 使绘出的图像发生扭曲, 形成较多毛刺。

第二种是采用外部 ADCSOC 引脚触发 ADC 模块。采用外部输入信号启动 ADC 时, 需要外扩外围电路。这样不仅会增加成本和难度, 而且还无法灵活更改采样频率和控制 ADC 模块的启动和停止。

第三种是利用事件管理器直接启动 ADC 模块进行模数转换, 也就是我们所选用的方法。这种方法操作简单, 而且在启动过程中所消耗

的 CPU 时钟周期较短, 可以保证高精度 ADC 采样频率; 再配合精确度较高的电机, 最后便可以得到高清晰度、高分辨率图像, 且图像无扭曲现象; 同时可以显著突出高温点的位置, 在温度过高时及时预警, 从而保证机器的正常运转。

3.3 数据采集系统的程序实现

3.3.1 事件管理器的寄存器设置

这里选用事件管理器的定时器 1。首先通过定时器 1 控制寄存器 T1CON 设定定时器的工作频率, 然后通过周期寄存器 T1PR 设定定时器的定时周期 (定时周期 $T=(T1PR+1)*$ 定时器工作周期), 最后设定定时器控制寄存器 GPTCONA 的第 7 位和第 8 位为 01, 即周期中断启动 ADC 模块。主要代码如下:

```
T1CON=0x100E;
T1PR=1332;
GPTCONA=0x0400;
```

3.3.2 ADC 模块的初始化

通过 ADCTRL1 设定 ADC 模块的工作频率并将工作模式设为启动停止模式。通过设置 ADCTRL2 的第 11 位和第 10 位, 使 ADC 中断并确定中断的模式, 比如将其设置为 01, 则表示 ADC 转换完一次就向 CPU 发出中断请求。主要代码如下:

```
ADCTRL1=0x4000;
ADCTRL2=0x4700;
MAXCONV=0x0000;
CHSELSEQ1=0x0000;
```

3.3.3 ADC 中断子程序

中断子程序的功能是, 在 ADC 的中断里面将模数转换后的数据读出并将其保存在 DSP 的存储器中。待一圈数据采集完成后, 通过发送设备将数据发送到后端的 PC 机上并将图像显示出来。中断子程序的主要代码如下:

```
void interrupt c_int1()
{
    RESULT_0=(RESULT0>>6);
    AD0[t++]= (RESULT0>>6) & 0x3ff;
    if(t==2300)
    {
```

```

T1CON=T1CON & 0xFFBF; // 关闭定时器 2

ADflag=1; // 采集结束标志位
}

ADCTRL2=ADCTRL2|0x4200; // 复位排序器, 清除中断标志
asm("CLRC INTM");
}

```

图 2 为 ADC 中断子程序的具体流程图。

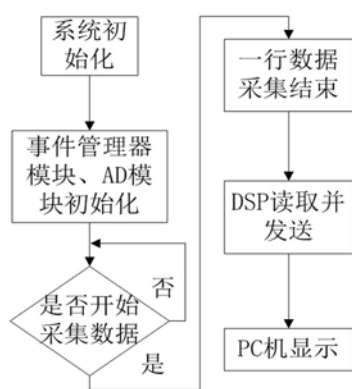


图 2 系统流程图

4 实验结果

采用软件直接启动 ADC 模块采集数据, 并通过通信设备将采集到的数据发送到 PC 机上进行显示 (显示效果见图 3)。

采用事件管理器启动 ADC 模块进行数据采集, 并将以行为单位采集到的数据发送到后端 PC 机上进行显示 (显示效果见图 4)。

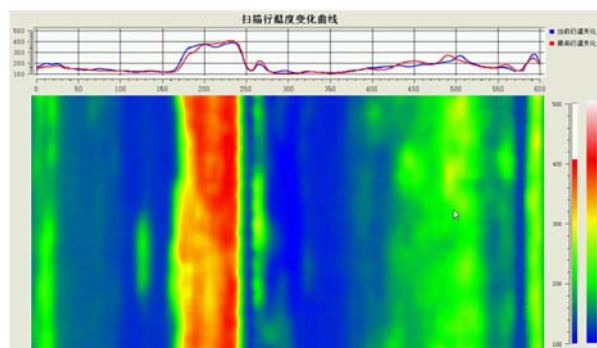


图 3 温度数据的显示图 1

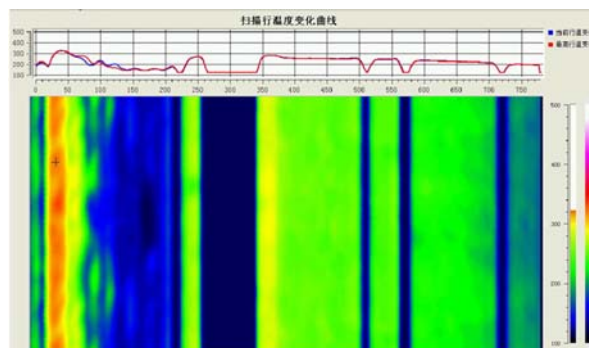


图 4 温度数据的显示图 2

通过对比两幅效果图可以看到, 采用本文提出的新方法可以获得精度较高的数据, 而且图像没有出现扭曲现象, 高温点的位置清晰可见, 窑筒体的轮带位置也可清楚辨认。经过现场与窑筒体真实温度的比对, 两者基本相同, 误差较小。

5 结束语

数据采集系统现已广泛应用于大多数工程项目, 在窑筒体温度监测系统中更是不可或缺的一部分。为了保证采样精度和速度, 自动控制系统一般会采用外加模数转换器的方法来解决, 但是外扩模数转换芯片会增加外围电路的复杂性, 导致成本增加和操作难度变大。在窑筒体扫描系统中, 选用红外探测器进行扫描所得到的灰度图像数据是 8 bit 的, 芯片自带的 10 bit ADC 模块完全能够达到所需精度。因此, 只要再采用上述方法启动 ADC 模块, 保证精准的采样频率, 就可以得到效果较好的窑筒体图像。这种方法不仅可以降低成本, 而且还能详细显示图像的高温区域和窑筒体的高温点, 从而满足实际生产的各种需要。

参考文献

- [1] 刘强. 基于红外测温的水泥回转窑状态监测系统研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
- [2] 韩欣. 红外测温仪在电气系统故障诊断中的研究 [J]. 学习方法报 (教研版), 2011, 26(10): 1-2.
- [3] 秦永左, 杨光, 冯涛, 等. TMS320LF240XDSP [M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [4] 刘京中, 唐俊英. TMS320LF240X 芯片原理、设计及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.