

基于图像测量技术的位移检测系统的设计

王玮 李艳芳 徐晓翔 陈文芴

(厦门大学物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 介绍一种基于图像测量技术的位移检测系统。系统由 ADNS9500 芯片上的 COMS 图像传感器采集被测物体表面图像信息, 再经过内置的 DSP 处理器, 对采集的图像进行匹配运算, 输出数字位移信息, 通过 SPI 通信传递给 AVR 单片机, 由 AVR 单片机再处理并实时显示输出。为了提高 COMS 图像传感器与被测物体表面的距离, 设置了外加激光源及光学透镜组件, 使 COMS 图像传感器与被测物体表面的距离达到 10~15cm, 并且得到较高的精度。系统能够很好的实现非接触测量的目的。

关键词: 非接触; ADNS9500; AVR 单片机; 位移检测

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4801(2012)04-025-03

随着工业生产的不断发展, 以非接触、高精度、高速度为特征的光电检测技术已成为检测技术发展的主要方向。非接触测量具有高速、不接触、不划伤被测物体表面等优点、非常适合柔软物体的测量。非接触测量主要有三种: 超声波测量技术、激光测量技术和图像测量技术。本文选用图像测量技术来实现非接触测量。在图像抽取模块中, 常见的图像传感器分为 CCD 和 CMOS 两大类。与 CCD 产品相比, CMOS 是标准工艺制程, 可利用现有的半导体设备, 不需额外的投资设备, 且体积小、耗电量不到 CCD 的 1/10, 售价也比 CCD 便宜^[1]。另外, CMOS 传感器的最大优势, 是它具有高度系统整合的条件。理论上, 所有图像传感器所需的功能, 例如垂直位移、水平位移暂存器、时序控制、CDS、ADC 等, 都可集成在一颗晶片上。

本文所设计的非接触测量系统, 就是利用 COMS 图像传感器获得被测物体的图像信息, 内置的 DSP 完成图像匹配的算法, 再经过 AVR 单片机的数据处理, 得到被测物体的实际位移信息, 并实时显示。它可用于板材、纸张、布匹等材料的长度检测。

1 系统基本原理及总体设计

1.1 测量基本原理

被测物体在运动过程中, 如果在固定位置安装一台高速摄像机(图像传感器)对其进行拍照, 采集一组随时间变化的图像, 那么在拍摄间隔非常短的情况下, 相邻时刻采集的前后两张图片中必然存在相同的图片信息。这些相同的信息在图

片中位置的不同即体现了拍摄时间间隔内物体的运动状态, 包括运动方向和运动位移。

具体算法如下^[2~4]:

设前后两帧图像分别为 S_1 、 S_2 , 假定 S_1 为搜索图, 从 S_2 的中心提取 5×5 的子集 T 为模版图。如图 1 所示, 将 T 叠放在搜索图 S_1 上平移, 其覆盖下的图像称为 S_1 的子图 $S_1^{x,y}$ 。

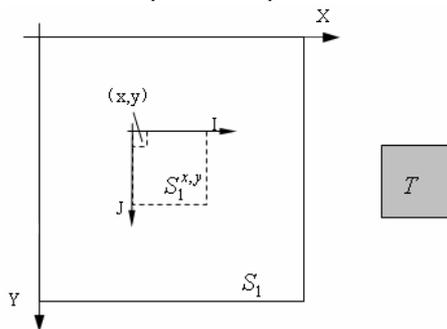


图 1 图像匹配算法的示意图

定义搜索子图 $S_1^{x,y}$ 和模版图 T 之间像素差值的平方和为相似度 $D(x,y)$, $D(x,y)$ 的值越小, 相似程度越高, 当 $D(x,y)$ 为“0”时图像完全匹配。 $D(x,y)$ 的表达式如下:

$$D(x,y) = \sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^5 [S_1^{x,y}(i,j) - T(i,j)]^2 \quad (1)$$

其中 $S_1^{x,y}(i,j)$ 与 $T(i,j)$ 分别是 $S_1^{x,y}$ 与 T 在 (i,j) 处的灰度值, i 和 j 取值范围 $1 \leq i, j \leq 5$ 。

求解最佳匹配点问题可归结为搜索 $D(x,y)$ 最小值问题, 计算过程为: 1) 设定一个相对大的 D_0 , 定义一个最佳匹配点坐标存储单元 (x_0, y_0) ; 2) 从 S_1 左上角开始计算相似度 $D(x,y)$, 并与 D_0

作者简介: 王玮(1987-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为电子技术研究及嵌入式系统开发。

大小比较,若 $D(x,y) \geq D_0$, 进入下一扫描点执行步骤(1),若 $D(x,y) \leq D_0$, 则 $D_0 = D(x,y)$, 将该点坐标值替换最佳匹配点坐标值 (x_0, y_0) 。将以上步骤进行到右下角。完成图像匹配搜索后,将最佳匹配点坐标 (x_0, y_0) 与 S_2 中心坐标相比,即可得到被测物运动方向及相对位移。

1.2 系统总体设计

利用光源、透镜、图像传感器组成的“摄像机”对运动物体连续不断地“拍照”,图像传感获取被测物体的表面信息形成成帧的图像,并将其传输给相应的 DSP 数据处理单元, DSP 根据预先设定的图像匹配算法完成图像匹配得到微小的采样间隔内被测物体的运动位移和方向。这些位移信息通过一定的通信方式传送给控制芯片,控制芯片对这些位移信息进行相应的数据处理,得到物体真实的位移数据后,再把这些信息显示出来。系统总体结构示意图如图 2 所示。

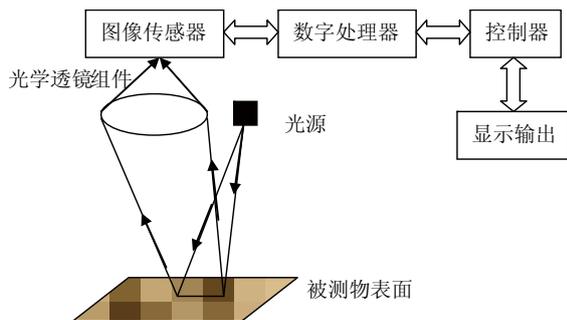


图2 系统总体结构示意图

2 系统硬件设计

系统硬件部分包括:位移传感器、半导体激光器、光学透镜组件、数字处理器、控制芯片、液晶显示等器件构成。

1) 图像位移传感原件的选型及设计

图像位移传感器选用安华科技公司的 ADNS-9500 芯片,它采用小型化尺寸 COB 封装,提供 3 V 和 5 V 双重电源选择;可编程选择图像分辨率,实现采样率 90~5040 cpi 的灵活选择;它具有可编程控制图像采样率,最高可达 11,750 fps;它通过 SPI 串口与单片机进行通讯,可实现图像数据的连续无间传输。其内部结构如图 3 所示。

外加激光源采用深圳市富喆科技有限公司生产的自带光束调制透镜、波长为 650 nm 的可见红光激光器,该半导体激光器外形简单,安装方便,

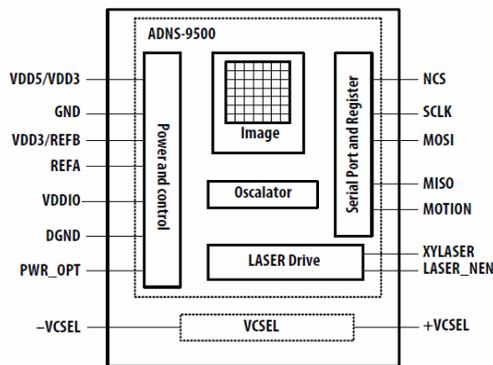


图3 COMS 图像传感器内部结构框图

点状光线定位清晰、亮度高,稳定性和一致性好,连续工作寿命大于 5000 h。能很好的适应本系统的要求。

本设计选用 PC 材料的光学透镜作为本系统的光学透镜。虽然光学 PC 材料的透光率比光学玻璃稍低,但其性价比较高,在一般的不太恶劣的工业环境中都能应用。

2) 控制模块的设计

在控制模块的设计中,主控芯片采用 AVR 系列单片机 ATmega16。这款芯片具备了 AVR 系列单片机的主要的特点和功能,它具有 32 个 8 位通用工作寄存器,工作频率可达到 16 MHz。它通过 SPI 与 ADNS-9500 芯片相连。

3) 显示输出模块

选用液晶屏 LCD12864 进行数据的显示输出,此 LCD12864 液晶是一款很常用的点阵液晶,可以显示 4 行每行 16 个汉字,具有负压电路对比度可调。控制器为 ST7920,内置 8192 个(16×16 点阵)中文汉字和 128 个(8×16 点阵)字符,2 MHz 时钟频率,电源范围 4.5~5.5 V,内置 DC-DC 转换电路,无需外加负压。非常适合与 ATmega16 芯片的兼容及数据实时显示。

4) 电源模块

系统先将 220 V 交流电经变压器和整流桥电路转换成 12 V 直流电压,再经 LM2576 的电压转换得到稳定的 5 V 电压。

3 系统软件设计

本系统采用了 Atmel 公司提供的 AVR Studio 4.13 SP2 集成开发环境和免费的 WINAVR 作为软件设计平台。AVR Studio 支持 AVR 汇编程序的编辑、翻译、连接以及目标代码生成;内嵌 AVR-GCC 高级语言接口,可自动选择 WINAVR 提供的 C 语言编译器;内含 AVR 软件模拟器,仿真调试平

台可以配合 ATMEL 公司推出的各类仿真器如 JTAGIC MK-II、AVR DRAGON 等，可以实现系统的在线硬件仿真调试功能和目标代码下载功能，大大缩短了程序的开发时间。

首先对系统各模块进行初始化，包括 ATmega16 初始化、图像传感器初始化、SPI 串行通讯初始化和 LCD 液晶初始化。初始化之后就是 AVR 单片机与图像传感器的数据通信。传感器的通讯数据总是由两个字节构成，低字节是寄存器地址字节，高字节是通讯数据。读、写操作的区分由主控芯片控制，由地址字的最高位区分，最高位为 0 说明进行的是读操作，主机要读取传感器相应寄存器中内容，最高位为 1 说明进行的是写操作，主机要将第二字节中数据写入传感器的相应寄存器中。

图像传感系统获得被测物体的帧图像后，利用内嵌的图像匹配算法，对前后两帧图像进行匹配运算，得出该采样周期内物体的位移值并以一定格式输出。AVR 通过 SPI 通信不断接收这些位移值。再对这些数据累加并且转换成实际的位移数据，显示在 12864 液晶上。其具体的软件流程图如图 4 所示。

4 实验结果

本设计在单步位移 1.13 m，采样率 360 cpi，测量高度 12 cm 条件下，进行了三次实测，总测量长度 56.5 m。实验结果如表 1 所示。

通过表 1 可知，测量的最大平均相对误差值仅有 0.236%，该系统能很好的满足各应用场合对测量精度的要求。

5 结束语

本文提出了一个实际非接触式位移测量系统，系统稳定性好，不易受外部噪声干扰，对测量电路无特殊要求。被测布匹的运动状态采集和检测由光电系统完成，具有非接触、准确、简单、稳定性好、不需要增加补偿电路等特点。此外，通过外加激光光源及光学透镜组件，提高了测量高度。该测量系统在布匹、板材、硬纸、钢材的长度测量场合，具有广泛的应用空间。

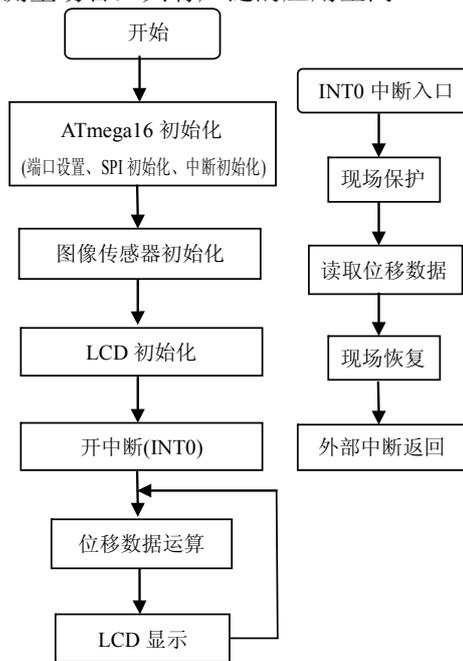


图 4 系统软件流程图

表1 位移测量结果

实际值/m	测量值/m					
	数据一	差值一	数据二	差值二	数据三	差值三
1.13	1.13	0	1.13	0	1.14	0.1
11.30	11.31	0.01	11.33	0.03	11.33	0.03
22.60	22.64	0.04	22.65	0.05	22.66	0.06
33.90	33.97	0.07	33.99	0.09	33.98	0.08
45.20	45.29	0.09	45.32	0.12	45.31	0.11
56.50	56.62	0.12	56.65	0.15	56.63	0.13
最大相对误差	0.212%		0.265%		0.230%	
最大平均相对误差	0.236%					

参考文献:

[1] 郭海超,丘跃洪.COMS图像传感器视频数据采集与控制系统设计[J].微计算机运用,2008(10):48-52.
 [2] Barbara Zitova, Jan Flusher. Image registration methods:survey [J].Image and Vision Computing, 2003(21): 977- 1000.
 [3] 刘晓光,陈曦,陈政伟,等.基于图像灰度的SSDA匹配算法[J].航空计算技术,2010(1):54-57.
 [4] 沈慧玲,戴本祁.一种基于序贯相似性检测算法(SSDA) 的加速算法[J].光电技术应用,2006(8):60-63.