

文章编号:1002-2082(2008)02-0275-04

基于线阵 CCD 的运动板材边缘检测方法

李杰¹, 崔玉龙¹, 司维鹏², 王圆月¹, 金闻名¹

(1. 北京化工大学信息学院, 北京 100029; 2. 山东省盛安建设集团有限公司, 山东 淄博 255032)

摘要: 研究了一种利用线阵 CCD 的图像快速采集功能对运动板材边缘进行检测的方法。该方案用平行光投射系统来照明, 采用一片 AVR 单片机驱动 CCD 工作并对测量结果进行处理, 有效地简化了硬件结构。介绍了一种 CCD 输出信号的处理电路及其二值化原理, 并给出了系统硬件、软件设计方案。实验证明: 该方案的测量精度可达到 0.03 mm, 响应时间少于 2 ms。

关键词: 平行光投射系统; 线阵 CCD; 边缘检测; 二值化

中图分类号: TH74-34

文献标志码: A

Edge detection method of moving plate objects based on linear array CCD

LI Jie¹, CUI Yu-long¹, SI Wei-peng², WANG Yuan-yue¹, JIN Wen-ming¹

(1. College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China; 2. Shandong Sheng'an Construction Group Limited Company Zibo 255032, China)

Abstract: An edge detection method of moving plate objects was designed by means of the image gathering function of a linear array CCD. The hardware structure was effectively simplified with a parallel beam projector as an illuminating source, an AVR single-chip computer to drive the CCD and to dispose the detected results. The measurement circuit and the binarization principle of CCD output signals are introduced. The design plan of the hardware and software are also provided. The experiment shows that the measuring accuracy of this instrument is better than 0.03 mm, and the response time is fewer than 0.2 ms.

Key words: parallel beam projector; linear array CCD; edge position detection; binary

引言

在板材的连续生产中, 运行在作业线上的板材应控制在一定的横向范围内, 如果跑偏, 则会影响产品质量和外观, 严重时甚至会损坏生产设备。因而, 运动板材的边缘检测在实际生产中有广泛的应用。

目前, 国内采用的边缘检测设备多数从国外进口, 以德国 EMG 公司和 BST 公司产品为主。EMG 光电边缘检测主要有电感式对中检测^[1]和电容式对中检测, 近年来也有部分产品以光电池作为检测元件。BST 边缘检测器有红外线^[2]和超声波 2 种。

超声波用于透明的物料; 红外线用于不透明物料, 精度可达到 0.02 mm, 但实际数据会由于被测物料不同而有所不同。此类产品在实际应用中维护困难, 可替换性差, 且价格昂贵^[3]。

本方案利用电荷耦合器件 (CCD) 的图像快速采集功能对板材边缘进行检测, 并在 LCD 上实时显示, 精度及响应速度均可达到一般工程要求, 且抗干扰能力强, 适用于生产工况条件的恶劣环境。提出了一种利用 AVR 单片机实现 CCD 驱动及 CCD 输出信号处理的方法, 其硬件结构简单, 因而产品体积小, 便于安装。实验证明, 该方案有效可行。

收稿日期: 2007-10-11; 修回日期: 2007-12-10

作者简介: 李杰 (1981—), 男, 山东淄博人, 助教, 硕士, 主要从事自动化检测和智能传感器应用等方向的研究工作。

E-mail: lijie-sdu@163.com

1 检测原理及系统构成

1.1 检测原理

在被测运动板材的上下两端对应装置平行光源和检测用线阵CCD。光源发出的光经过被测板材边缘照射到线阵CCD上,板材边缘的位置决定了线阵CCD的感光长度,进而影响CCD按时间顺序串行输出的视频信号。经信号处理后在LCD上显示被测板材的边缘位置。如有工程需要,还可以将检测结果通过接口输入计算机进行数据分析与运算。测量系统的精度略大于线阵CCD的像元中心距,量程为线阵CCD的感光长度。检测原理如图1所示。

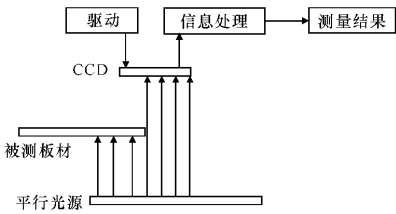


图1 检测系统原理图

Fig. 1 Principle diagram of detection system

1.2 系统构成

利用AVR单片机产生线阵CCD的驱动脉冲驱动CCD工作,输出信号经外围模拟电路放大和滤波后,通过二值化电路进行处理,输出信号送入AVR单片机,通过LCD实时显示边缘位置。硬件结构框图如图2所示。

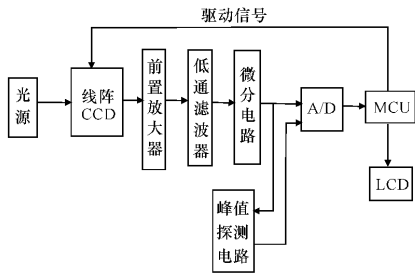


图2 系统结构框图

Fig. 2 Block diagram of system structure

2 硬件构成

2.1 线阵CCD

根据系统的要求,选择TOSHIBA公司生产的TCD1208AP作为摄像器件。TCD1208AP是一款高灵敏度(110 V/lx·s)、低暗电流、低功耗、具有2160个像元的线阵CCD图像传感器。二相输出的线阵CCD器件,像元中心距为14 μm,工作电压为5 V。

2.2 平行光投射系统

平行光投射系统的作用是将被测板材的边缘清晰成像在线阵CCD上,然后由线阵CCD输出边缘信号,适用TCD1208AP的光照强度及波长范围(300 nm~1 000 nm),日光灯即可满足要求。光路系统应保证投射到CCD上的光为平行光,且光强应尽量大,这样可以减少外界光照对测量结果的影响。

2.3 二值化处理

由于被测板材遮挡部分背景光,反映在CCD视频信号所对应的图像谱上,是在边界处会有明显的电平变化。线阵CCD工作时,有时会造成某些像元只能感受部分光照,即亮/暗的分界点处恰好位于某个像元上,致使输出信号不能严格反映被测边缘的位置,为了将边缘信息提取出来以便进行信息处理,通常采用二值化的处理方法。

目前常用的二值化方法主要有固定阈值法、浮动阈值法、微分法和直线拟合法^[4]。本设计采用低频滤波电路和微分电路相结合的办法,找出经滤波后的CCD视频信号输出波形中变化率最大的点,根据CCD器件输出信号的特点,这个点就是受光像素与未受光像素的分界处。

微分电路的输入输出关系为

$$V_{out} = -CR \frac{dV_{in}}{dt} \quad (1)$$

由(1)式可见,微分电路的输出信号 V_{out} 的大小是由输入信号 V_{in} 随时间的变化速度而决定的。微分后的信号,通过峰值检测电路得到的峰值位置即为被测板材的边缘位置。

2.4 A/D转换

为使测量快速准确,须采用高速A/D转换器。本系统采用了美国TI公司生产的新型A/D转换器件TLC5510,它是1种采用CMOS工艺制造的8位高阻抗并行A/D芯片,能提供的最小采样率为20 MSPS(每秒百万次采样)。它不仅具有高速的A/D转换功能,而且还带有内部采样保持电路,从而大大简化了外围电路的设计。

2.5 微处理器

选用ATMEGA128单片机产生CCD驱动信号并对CCD输出信号进行处理,继而利用LCD进行实时显示。ATMEGA128使用RISC指令集,指令周期绝大部分为单周期指令,有相当高的执行速度,8 MHz频率下工作的ATMEGA128相当于224 MHz频率下工作的普通MSC51,可适应CCD驱动所要求的高频脉冲信号。此外,工具包括C编译器宏汇编程序Atmega128(有整套的开发调试器

/仿真器和评估板),开发比较方便。

3 软件设计

软件程序主要由3个功能模块组成:CCD驱动和数据采集功能模块、数据处理功能模块、数据通信和显示功能模块。

3.1 CCD驱动与信号处理

由于在CCD应用系统中,一般都要用到微处理器,所以若采用“软件驱动”法,则无需增加硬件,在电路结构上最为简单,系统成本也最低。因此,只要能克服其驱动频率低、资源浪费多及时序不均匀等缺点,无疑是一种理想的驱动方法^[5-6]。本系统选用ATMEGA128单片机产生CCD驱动信号。

利用AVR单片机产生线阵CCD的驱动程序,即产生保证CCD器件正常工作的转移时钟、传输时钟、采样保持时钟、复位时钟、信号处理电路和A/D转换电路所需要的同步脉冲、像元时钟和箝位脉冲,保证线阵CCD输出信号精确反应边缘位置^[7]。复位脉冲RS每到来1次,CCD将输出1个光敏单元信号,此信号经放大滤波调理后,由AVR单片机对该信号进行采集,并控制二值化电路模块工作,从而得到清晰的边缘信号。

3.2 测量结果显示

测量结果由AVR单片机驱动LCD进行显示,显示结果具有很好的实时性,且便于与计算机连接。软件流程如图3所示。

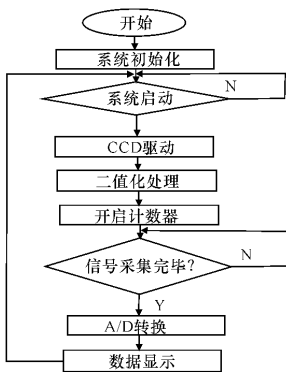


图3 程序流程图

Fig. 3 Flow chart of program

4 试验与结果

在实验室里采用日光灯做平行光源,用千分尺推动不透明薄板在光源与CCD探头间逐格运动,

每格分别设定为0.1 mm和1 mm进行2组实验,2组实验中薄板的运动距离分别为1 mm和10 mm。若实际工程中被测板材边缘跑偏距离大于CCD镜面长度,可采用透镜成像原理将板材边缘移动距离成比例地投影到CCD镜面上^[8]。

为减小光照误差,使薄板边缘成像更清晰,要求光源、薄板及CCD之间的间距均小于1 cm。多次测量后取平均值,测量结果如表1所示,散点图如图4所示。

表1 测量结果平均值

Table 1 Average values of measured results mm

板材偏移	测量结果	板材偏移	测量结果	板材偏移	测量结果	板材偏移	测量结果
-1.0	-1.002	0.1	0.089	-10	-10.082	1	0.089
-0.9	-0.915	0.2	0.178	-9	-9.027	2	1.078
-0.8	-0.823	0.3	0.284	-8	-8.030	3	2.984
-0.7	-0.707	0.4	0.399	-7	-7.017	4	3.989
-0.6	-0.598	0.5	0.523	-6	-5.989	5	5.017
-0.5	-0.512	0.6	0.616	-5	-5.021	6	6.019
-0.4	-0.396	0.7	0.717	-4	-3.989	7	7.027
-0.3	-0.290	0.8	0.796	-3	-2.977	8	7.991
-0.2	-0.174	0.9	0.921	-2	-1.982	9	8.941
-0.1	-0.083	1.0	0.980	-1	-0.994	10	9.989

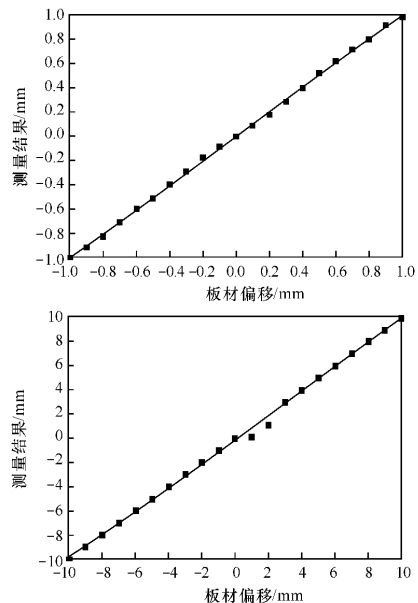


图4 测量结果散点图

Fig. 4 Scatter diagram of measured results

以上2组测量数据均为多次测量后所取的平均值,其标准差分别为0.011 mm和0.009 mm。系统测量误差的主要来源包括CCD噪声影响、空气扰动影响、A/D及数据处理误差等。由试验结果可看出,在系统的测量范围内,灵敏度较高,测量误差控制在0.03 mm之内,且系统的响应时间很短(少于2 ms)。

5 结论

本文提出的方案采用线阵CCD,ATMEL128及高速A/D转换器构成测量系统,测量精度高且响应时间短,适用于恶劣的工况环境。利用一片单片机芯片产生CCD驱动信号,并对CCD的输出信号进行处理,将以往的板级电路简化为芯片级电路,大大简化了系统的硬件结构,便于现场安装。由于CCD驱动采用软件编程实现,因而可根据现场要求调节积分时间,从而进一步提高测量精度。试验证明,该方案应用效果良好。

参考文献:

- [1] 邹凤欣,杨溪林,高增雪,等.基于电感式位置检测原理的带钢纠偏控制方法[J].冶金自动化,2006,(4):37-40.
ZOU Feng-xin, YANG Xi-lin, GAO Zeng-xue, et al. Inductive measurement system for strip centering control [J]. Metallurgical Industry Automation, 2006,(4):37-40. (in Chinese)
- [2] 吴海滨,孙维亚,王志华.基于近红外CCD成像的带钢纠偏系统中图像预处理研究[J].光电子技术与信息,2005,18(2):85-87.
WU Hai-bin, SUN Wei-ya, WANG Zhi-hua. Research on image preprocessing of strip correction

based on CCD imaging [J]. Optoelectronic Technology & Information, 2005, 18(21):85-88. (in Chinese)

- [3] 宋华,孟晓峰.一种基于CCD的物位测量方法[J].仪器仪表学报,2002,23(2):127-130.
SONG Hua, MENG Xiao-feng. A CCD-based method of level measurement [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2002, 23(2): 127-130. (in Chinese)
- [4] 张文革,段晨东,董革平.线阵CCD检测技术中二值化方法的研究[J].现代电子技术,2003,17(6):92-94.
ZHANG Weng-ge, DUAN Chen-dong, DONG Ge-ping. Research on dichotomy of line array CCD measurement technology [J]. Modern Electronic Technique, 2003, 17(6):92-94. (in Chinese)
- [5] 王盛艳,李刚.CCD时序驱动电路设计[J].电子测量技术,2006,29(1):56-57.
WANG Sheng-yan, LI Gang. Design on driving time circuit of CCD [J]. Electronic Measurement Technology, 2006, 29(1):56-57. (in Chinese)
- [6] THAKUR M, QUAN C, TAY C J. Surface profiling using fringe projection technique based on Lau effect [J]. Optics & Laser Technology, 2007, 39(1):453-459.
- [7] LEE Da-sheng, CHANG Bou-how, CHEN Ping-hei. Development of a CCD-based fluorimeter for real-time PCR machine [J]. Sensors and Actuators B, 2005, 107(2):872-881.
- [8] 李东源,张晓光,闫秀生,等.CCD摄像机大视场光学镜头的设计[J].应用光学,2006,27(2):105-107.
LI Dong-yuan, ZHANG Xiao-guang, YAN Xiu-sheng, et al. Design of WFOV optical lens for CCD camera [J]. Journal of Applied Optics, 2006, 27(2): 105-107. (in Chinese)