

ARM9 及 CPLD 的煤岩识别系统^①

徐 鹏, 李 斌, 任志玲

(辽宁工程技术大学 电气与控制工程学院, 葫芦岛 125105)

摘 要: 综放采煤自动化的关键在于自动识别煤炭和岩石。根据煤炭和岩石图像灰度分布的差别, 在 S3C2440A+CPLD 平台上建立 CCD 传感器数字处理系统。利用 ARM9 处理器对图像的离散脉冲噪声进行中值滤波和对计算得出的灰度直方图进行观测可实现煤和岩石的辨别。系统经过 MATLAB 仿真得出的结果比较理想, 并对煤炭行业有很高实用性。

关键词: 综放采煤; S3C2440A; CPLD; CCD; 中值滤波

Coal and Rock Recognition System on ARM9&CPLD

XU Peng, LI Bin, REN Zhi-Ling

(Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: It is the key technology on the automation of fully mechanized caving mining to distinguish between the coal and rock automatically. According to the gray histogram the differences between rock and coal, this paper establishes the CCD sensor digital processing system based on S3C2440A+CPLD platform. It can achieve identification between coal and rock through medium filtering the discrete pulse noise of image by using ARM9 and observing gray histogram obtained by calculating. The result obtained by MATLAB simulating is more ideal and practical in coal industry.

Keywords: fully mechanized caving mining; S3C2440A; CPLD; CCD; median filter

1 引言

目前, 发达国家的采煤工作面生产过程的自动化已经达到完全无人作业的程度, 大量先进的测控技术、可视化技术等已经广泛应用于采煤自动化生产, 这些技术的应用极大地提高了劳动生产率、提高了经济效益和可靠地保证了安全生产。国内虽然综采工作面自动化技术也逐渐成熟, 在国内煤矿已经大量应用, 但是综放采煤自动化系统还没有应用先例, 还有一些关键技术需要解决。当前, 我国综放采煤的放顶过程完全是人工操作控制的, 所以, 工作质量的随机性大, 很难达到理想的控制效果, 放顶不足会造成煤炭回收率的降低; 过量放顶会因大量岩石的混入而造成煤炭质量的下降, 同时, 也会因运输量和选煤量的增加而导致生产成本的提高。实现综放采煤自动化, 能够很好地解决这一问题^[1-3]。

本文设计的基于 ARM9 及 CPLD 的煤岩识别传感

器系统有效地解决了煤炭与岩石的识别问题, 因而解决了综放自动化中的核心问题, 为实现综放采煤无人作业工作面奠定了基础。

2 数字图像检测系统的硬件设计

系统主要硬件构成有四部分: 系统电源电路、CCD 图像采集板、视频 A/D 转换板、S3C2440A 核心板。如图 1 所示。

采用 CCD 图像传感器 (12V 供电), 对综放工作面的放顶采集实时图像数据, LM1881 视频信号分离芯片对传感器的场信号和行扫信号进行分离, 进入 CPLD, 通过 CPLD 来控制高速视频 A/D TLC5540 对图像进行模数转换得到图像的数字信号。由于 S3C2440A 工作在 3.3V, 而视频转换部分的电路工作在 5V, 之间采用 CPLD EPM3256ATC144-10N 连接。最终, TLC5540 的数据端口与 S3C2440A 的外部数据

① 收稿时间:2010-09-29;收到修改稿时间:2010-11-02

I/O 相连，并通过 DMA 方式将数据存放到外部 SDRAM 中。CPLD 控制 TLC5540 的读写，同时完成数字图像信号的采集、缓冲和存储，以及与 S3C2440A 的逻辑协调。CPLD 根据场脉冲信号和行脉冲信号变化来读取 TLC5540 的端口数据。

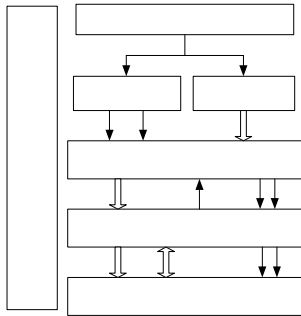


图 1 系统硬件框图

如图 1 所示，EN、READY、START 为 ARM9 和 CPLD 的握手信号。EN 为 CPLD 的工作使能信号，当 EN 为低电平时，CPLD 才开始工作，此时，START 产生一个触发信号在次脉冲的上升沿，开启 ARM9 的外部中断，打开定时器，对图像信号进行采集，同时 READY 置 0，表示正在采集，待有效像素信号采集结束后，EN 信号变高，CPLD 停止工作，READY 信号置 1。接下来，ARM9 开始对图像信号作后续处理。EN 信号由 ARM9 提供，设置每 100ms 定时触发一次图像采集。S3C2440A 内部有专用的 SDRAM 控制器，其外部硬件上与 SDRAM 通过数据总线和地址总线以及读写信号线相连。

2.1 TLC540 在 CCD 图像采集中的应用

TLC5540 是 TI 公司生产的高速 A/D 转换器。它具有 75MHZ 模拟输入带宽并内置采样保持电路，最高转换速率可达每秒 40 兆字节。特别适用于视频会议、CCD 扫描仪、高速数据变换及 QAM 调制器等方面^[4]。在本系统中的应用电路如图 2 所示。

为了保证 TLC5540 的工作性能，图 2 中系统电源采用模拟地和数字地相隔离的方法，分别为 GND 和 GND1，在电源输入端进行汇合，有效避免在 AD 转换过程中的噪声引入。并且，模拟供电电源经高频磁珠 L1-L3 为模拟电路提供工作电流，以获得更好的高频去耦效果。D0-D7 为 8 位 AD 输出信号，经过 CPLD EPM3256ATC144-10N 与 ARM9 的数据总线相连。

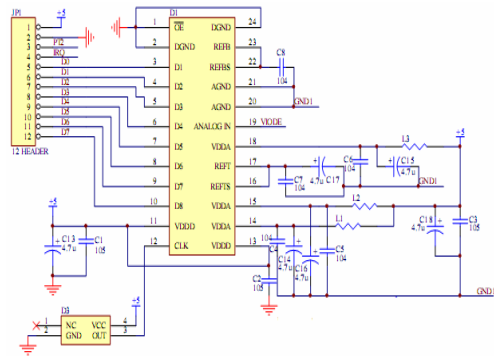


图 2 TLC5540 应用电路图

2.2 LM1881 视频同步分离芯片

它将视频信号中的行同步脉冲、消隐脉冲和场同步脉冲提取出来，并将它们转换成数字信号交给 CPLD 的 I/O 口。其电路原理图如图 3 所示，AD00 为 CCD 视频输入信号，IRQ 为场中断信号，PB1 是行中断信号，PB0 是奇偶场信号。这些信号进过 CPLD EPM3256ATC144-10N 与 ARM9 连接。

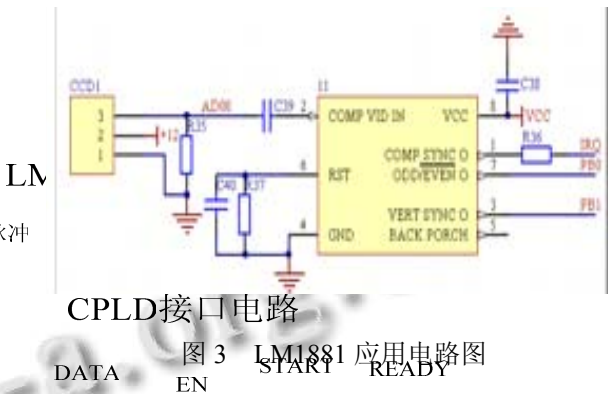


图 3 LM1881 应用电路图

2.3 CPLD 与 ARM9 介绍

CPLD 和 ARM9 处理器为系统的核心部分^[5,6]。CPLD 为 TLC5540 提供数据通道。同时 CPLD 也提供与 ARM 的握手信号。EPM3256 是 Altera 公司的 MAX3000 系列 CPLD。5000 门，256 个宏单元，16 个逻辑阵列；在本系统中采用 Verilog 语言并基于 MAXPLUS-II 开发平台设计 CPLD 与 TLC5540 和 LM1881 的接口电路。同时，增加了辅助的接口备用电路，为系统扩展提供了方便。

在 MAX+PLUSII 软件中，使用高级硬件描述语言编程将设计好的硬件逻辑下载到芯片中，使得对硬件的设计如同软件设计一样方便快捷。由于系统对图像信号的实时性处理要求比较高，而且一般采集到的图

像比较大,一幅有 1M 左右,并且算法程序容量也较大,综合以上因素,选用三星公司的 ARM9 芯片 S3C2440A。三星公司的 S3C2440A 处理器芯片是一款专门用于手持设备的 32 位嵌入式处理器。该处理器基于 ARM920T 内核,主工作频率最大可达 266MHz,片上资源丰富;多模式管理电源和时钟,可软件切换处理器工作频率;8 个内存 bank,每个 bank 可寻址 128MB 内存;5 级整数流水线,指令执行效率更高;提供 1.1MIPS/MHz 的哈佛结构;4 通道 DMA 控制器;3 个 UART,2 个 USB host 接口;24 个外部中断,117 个 GPIO。

3 检测系统的算法与软件设计

CCD 图像采集、中值滤波、灰度直方图计算处理是煤炭在线识别的关键技术,本文基于 S3C2440A 处理器平台,使用 ADS1.2 软件开发工具,设计了煤炭在线检测的嵌入式软件系统,并且与 CPLD 有效结合实现了高数字化检测精度、高效、高实时性等特点。同时,为了使得软件运行更有效率和针对性,采用了 S3C2440A 裸机的方式开发应用程序。

3.1 中值滤波算法

图像的中值滤波算法(MTF)的基本原理是通过在一幅图像中每一个合法像素点领域中的像素按灰度级进行排序,然后选择改组中间值作为输出像素值^[7]。TMF 可定义为:

$$g(x, y) = \text{median}\{f(x-i, y-j)\}, (i, j) \in W$$

其中, $g(x, y)$ 和 $f(x-i, y-j)$ 分别为输出和输入像素的灰度数值; W 为模板窗口。模板窗口可以取线状、方形、十字等^[8]。

本文中通过 S3C2440A 对图像的二维数组进行方形窗口中值滤波。

3.2 灰度直方图算法

通过 CCD 传感器和 TLC5540 得到的图像数据时一个二维数组。实际连续图像函数 $f(x, y)$ 通常可由采样的值所组成的矩阵来表示:

$$\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,b-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,b-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(a-1,0) & f(a-1,1) & \dots & f(a-1,b-1) \end{bmatrix}$$

矩阵中, a 和 b 分别为数字图像横、纵方向的像素值。假设,采样到的数字化图像,水平和垂直方向

上有 x 个和 y 个元素,该图像有 Q 个灰度等级, $Q=(0,1,2,\dots,255)$,则图像的任意像素灰度可表达为:

$$Q = \varphi(x, y), \begin{cases} x \in (0, 1, \dots, X-1), \\ y \in (0, 1, \dots, Y-1), \\ Q \in (0, 1, 2, \dots, 255), \end{cases}$$

其中, x, y 为图像的坐标值, Q 为像素 (a, b) 的灰度等级,总计有 256 个等级^[9]。根据输入图像,可以统计确定灰度等级为 i 的像素点出现的次数 n_i ,同理可以确定所分析像素在各个灰度等级下出现的次数 m_i 。以 256 个灰度等级为横坐标, n_i 或 m_i 为纵坐标可作出所分析图像灰度等级的离散函数 $d_n(n_i)$ 和 $d_m(n_i)$,进行拟合后得到灰度直方图,来识别煤炭和岩石的区别。

3.3 S2C2440A-ARM9 系统软件设计

系统软件工作流程如图 4 所示。选用的是 SNONY, CCD 摄像头配备 3.0mm 的镜头。系统初始化后等待场信号的到来,当接收到场信号的时候,进行延时 16uS,去除场消隐信号。延时后,接收行扫描同步信号,每一个行同步信号到来后开始采集 TLC5540 的数字信息,存入 SDRAM 中,当一行采集结束后,重新进入下一样采集,直到一幅图像采集完毕。S3C2440A 根据将采集得到的像素信息进行中值滤波处理,再进行直方图统计,对结果进行判断、输出。

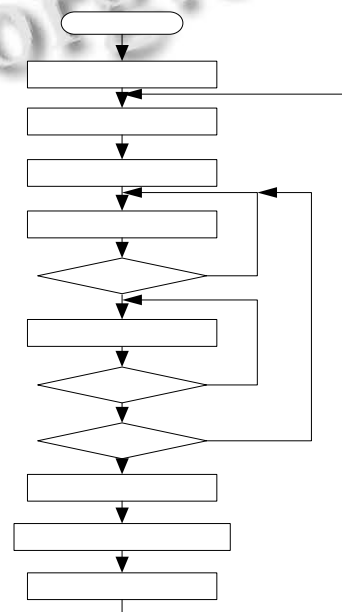


图 4 软件流程图

4 试验结果

试验分别对煤块和岩石两幅图像进行了分析对比。如图5所示。左边为煤块的 CCD 采集图像,右边为岩石图像,数字图像经过灰度直方图绘制的灰度特征,分别如图5(b),5(c)所示。

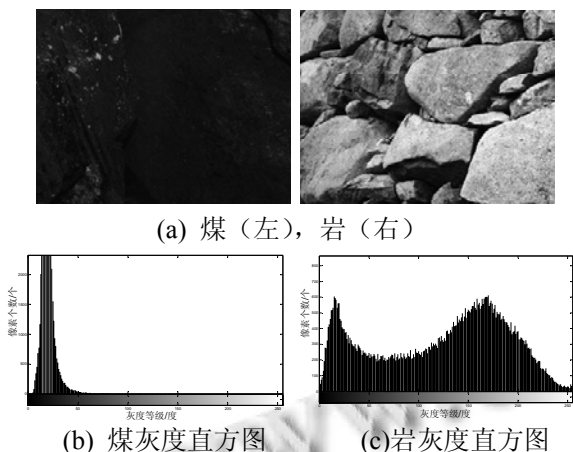


图5 CCD 采样图像与灰度直方图

直方图的绘制是采用 ARM9 提取图像灰度的二维数组,通过串口离线发送到 PC 机上,通过 MATLAB 软件绘制的。图中横坐标表示图像的灰度等级,纵坐标表示某点像素点对应灰度的统计值,可明显分辨出,煤炭在 $[0,25]$ 分布集中,而岩石分布均匀,在对应区间分布相对极少。

(上接第 88 页)

参考文献

- 1 苏秦,何进,张涑贤.软件过程质量管理.北京:科学出版社,2008.
- 2 聂华北,沈剑翘.几种常见的敏捷软件方法综述.计算机系统应用,2008,17(12):157-161.
- 3 林海,徐晓飞,潘金贵.敏捷开发方法及一个非典型应用实例.计算机科学,2005,32(2):125-132.
- 4 段琳琳,王如龙.敏捷方法在软件项目需求管理中的研究与应用.项目管理技术,2009,7(6):57-61.
- 5 钟朝嵩.6 Sigma 实践法.上海:复旦大学出版社,2008.

5 结论

本文是基于 ARM9 及 CPLD 的数字图像检测的处理系统,可以有效识别煤炭和岩石的区别,仿真结果表明了检测效果理想、实用价值极高。为实现综放采煤生产过程的实现无人化、自动化奠定了基础。此方法将结束人工目测的方法来控制放顶煤的原始方法,这将给煤炭行业带来巨大的经济效益。

参考文献

- 1 任芳.基于多信息融合的煤岩界面识别技术研究.太原:太原理工大学,2004.
- 2 秦剑秋.煤岩界面识别传感技术.煤矿机电,1993,3:26-29.
- 3 靳钟鸣.放顶煤开采理论与技术.北京:煤炭工业出版社,2001.
- 4 刘传铭.基于 CCD 的嵌入式视频采集系统的设计.武汉:武汉理工大学,2006.
- 5 杨海山.基于 S3C2440 的田间视频采集系统的研究与开发.西北农林科技大学,2010.
- 6 鲁力.嵌入式图像采集系统的研究与实现.武汉:武汉理工大学,2006.
- 7 何东健.数字图像处理.西安:西安电子科技大学出版社,2003.
- 8 汪东,吕绪良,许卫东.基于灰度直方图分析技术的伪装应用.解放军理工大学学报,2004,3:74-77.
- 9 马煜,顾晓寿,汪源源.基于平均窗口平移的直方图相似性度量.应用科学学报,2008,26(1):28-33.

- 6 仇元福,潘旭伟,顾新建.6 Sigma 企业知识质量优化与管理.科学学与科学技术管理,2002,(11):41-44.
- 7 杨世元,苏海涛,赵永涛.基于系统工程方法的 6 SIGMA 管理理论及应用研究.现代管理科学,2004,(10):20-22.
- 8 Graphenteen B. A Study in the Application of Six Sigma Process Improvement Methodology to a Transactional Process. Ann Arbor New York: Pro Quest Information and Learning Company, 2003:5[2009.10.15]. Inspec.
- 9 王琦,郑昌文,何晓新,周津慧.6Sigma 在系统集成过程中的应用.系统工程,2006,24(12):111-115.