

基于 ARM9 的蔗糖结晶图像采集系统设计^①

潘泽锴 朱名日 张振升 (桂林电子科技大学 计算机与控制学院 广西 桂林 541004)

摘 要: 针对以图像处理为核心的蔗糖结晶过程工业控制理论, 为后期的图像处理系统建模和优化打下坚实的基础。采用一种视觉传感方法, 设计基于 S3C2440 嵌入式硬件处理平台和 Windows CE 5.0 操作系统的蔗糖图像信息采集系统, 详细阐述了图像传感器接口设计和流接口驱动的实现方法, 设计出友好的人机交互界面, 实现实时监控、拍照、存储等功能。整个设计降低系统复杂度, 节省了空间, 减少了成本。

关键词: 图像采集; Windows CE; 图像传感器; 流接口驱动; 人机交互

Design of Image Acquisition System for Sucrose Crystallization Based on ARM9

PAN Ze-Kai, ZHU Ming-Ri, ZHANG Zhen-Sheng

(Computer and Control Department, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: In process control theory, image processing is the core of industrial sugar crystallization. It lays a solid foundation for the later part of the modeling and optimization of image processing system. Using a visual sensing method, this design is based on S3C2440 embedded processor hardware platform and Windows CE 5.0 operating system image information acquisition system of sucrose. This paper introduces the design of image sensor interface and the Implementation Stream Interface Driver in detail. This design has a friendly man-machine interface, and has functions like real-time monitoring, camera, storage and others. The design reduces system complexity, saves space and reduces costs.

Keywords: image acquisition; Windows CE; image sensor; stream interface driver; human-computer interaction

1 引言

我国制糖工艺还处于一种手工操作的阶段, 蔗糖结晶过程控制都是由煮糖工人根据个人经验, 通过手、眼等感官推测结晶程度来开、关入料蔗汁或入水的阀门开度来完成煮糖过程^[1], 这样的手工操作方式降低了整个工艺过程的生产效率和经济效益。相比之下, 国外的煮糖自动化技术较为成熟, 与之相配套的设备相对完善^[2]。因此, 为了改进制糖工艺标准和实现蔗糖结晶过程的工业自动化控制, 在原有生产设备的基础上, 我们采用一种视觉传感方法, 以图像处理为技术基础建立一个煮糖过程自动控制系统^[3], 而图像信息采集处理是这个控制系统的基础, 所以必须先行对该采集系统有效性进行设计研究。

随着嵌入式技术的不断发展成熟, 微处理器性能

得到了不断的提高, 以嵌入式处理芯片为核心的专用数码成像系统由于体积小、功耗低、可靠性高等诸多优点越来越受欢迎。本文设计了一个以三星 ARM9 处理器 S3C2440 为核心的嵌入式蔗糖结晶图像采集系统, 详细阐述了该系统硬件平台设计以及图像传感器驱动的实现方法。相对于传统 USB 摄像头的数据传输速度受到 USB1.1 标准的限制, 在图像采集速度方面, 本系统比 S3C2410 和 USB 摄像头的组合速度要快得多^[4]。

2 图像采集系统总体设计

蔗糖结晶图像采集系统设计包括系统整体框架模块和图像传感器接口模块。整体框架设计包括硬件工艺设计、嵌入式操作系统定制、友好人机交互界面开

^① 收稿时间: 2009-11-06; 收到修改稿时间: 2009-12-13

发;图像传感器接口模块实现图像信息的实时传输和图像采集时序同步。

2.1 图像采集系统整体框架

本文设计的蔗糖结晶图像采集系统,以 S3C2440 嵌入式微处理器为核心,以 OV9650 图像传感器为图像获取设备。系统主体设计框图如图 1 所示:

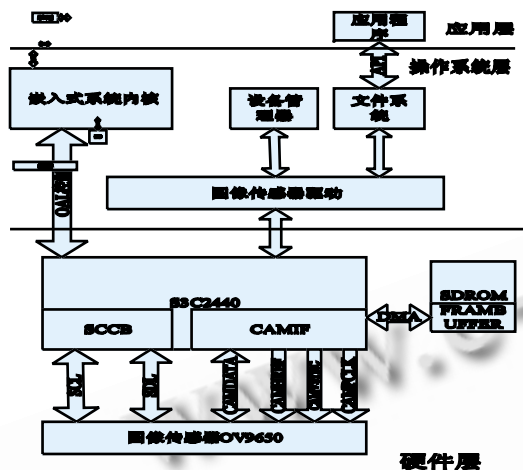


图 1 系统主体设计框架图

嵌入式处理器采用韩国三星公司基于 ARM920T 内核开发的 32 位 RISC 嵌入式微处理器 S3C2440,该处理器主频高达 400MHz,具有高性价比、低功耗的优点,适用于图像、视频处理。此外, S3C2440 内置有丰富的外设资源包括:存储器、JTAG、LCD、Camera、串口、IIC、IIS 和 USB 等接口控制电路。

CMOS 数字图像传感器采用 Omnivision 公司的 OV9650。该芯片具有 130 万图像采集像素, 1280×1024 的像素阵列大小;具有 10Bit 的数据接口和标准的 SCCB 接口,采用 CSP-28 封装,体积小。此外,曝光时间、白平衡、增益、饱和度、伽马校正等参数均可通过对芯片内部寄存器的读写进行设置^[5]。

图像传感器 OV9650 用于现场环境的蔗糖图像信号相位放大、同步信号分离、亮度/色度信号分离和 A/D 变换等处理,图像信息转换成以二进制的数字信号,采取 RGB16 方式输出。数字信号流直接输入到 S3C2440 处理器的图像数据采集单元中,单元内部将捕获的图像数据以 DMA(Direct Memory Access,直接存储器访问)方式传输到内存中,通过平台接口送液晶屏 LCD 显示。对比 S3C2410 处理器平台,由于本系统采用的嵌入式微处理器 S3C2440 具有专门进行

图像传感器控制和图像数据采集的功能单元,不需要增加额外的逻辑电路来完成这些控制和采集功能,因此,降低设计复杂度,节省了空间,减少设计成本。

2.2 图像传感器接口设计

图像传感器模块与嵌入式芯片接口包括两个部分:SCCB(Serial Camera Control Bus,即串行摄像机控制总线)接口,CAMIF(Camera Interface)摄像机接口。摄像头模块采用扩展板方式设计,扩展板中图像传感器 OV9650 管脚通过 26 针 CAMIF 接口与核心板处理器控制相连。

SCCB 是一种类似 IIC 的串行摄像头控制总线,用于发送控制命令,完成摄像头内部寄存器的设置。SCCB 总线基于一个两线串口协议,SCL 是时钟引脚,SDA 是数据引脚。SCCB 传输协议简述如下:当 SCL 高电平时,SDA 出现一个下降沿,则开始传输;当 SCL 为高电平时,SDA 出现一个上升沿,则停止传输。传输过程中,SCL 为高电平时,必须保持 SDA 稳定。

CAMIF 接口实现数据传输和时序控制。图像传感器 OV9650 内嵌了一个 10 位 A/D 转换器,输出图像数据的格式既可以是 10 位原始 RGB,也可以经过内部 DSP 转换的 8 位 RGB 或 YcbCr 格式。由于 S3C2440 的 CAMIF 单元支持 8 位 RGB 格式,因此只需将 OV9650 的数据接口 CAMIF 与嵌入式处理器数据接口 CAMDATA 相连接即可。OV9650 内部产生三个时钟信号输入到 CPU 中,用于对图像采集进行控制:帧同步信号 CAM_VSYNC、行同步信号 CAM_HREF、像素时钟信号 CAM_PCLK。每一个 CAM_VSYNC 脉冲表示开始采集一帧图像数据,CAM_HREF 的高电平表示采集一行图像数据,图像传感器以从左到右的顺序在每个 CAM_PCLK 脉冲过程中依次采集一个字节的数,直到一帧图像数据全部采集完成^[6]。

3 图像采集系统软件设计

系统的图像传感器驱动程序是以支持 S3C2440 处理器的 Windows CE 5.0 驱动程序框架为基础,根据 S3C2440 处理器的摄像机接口单元以及图像传感器 OV9650 的特性设计而成。

3.1 系统软件整体构架

整个系统的核心包括三个层面:设备驱动层、实

时操作系统、应用层。本系统的图像传感器驱动采用 Windows CE 5.0 的流接口驱动方式, 系统软件整体框架结构如图 2 所示:

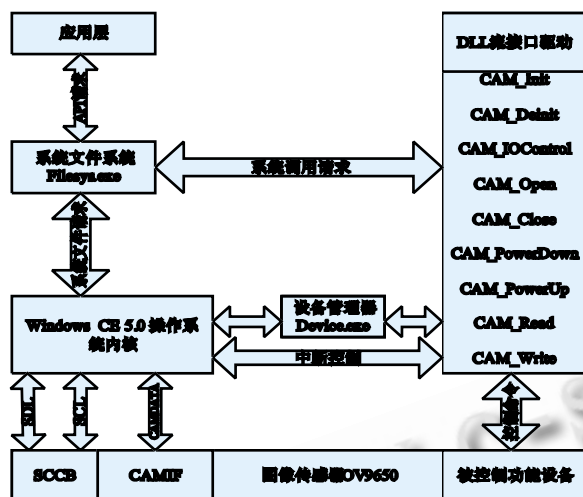


图 2 系统软件整体框架结构图

设计的整个系统通过 Windows CE 5.0 内核系统进行控制, 图像传感器驱动首先要在内核系统中成功被编译成 Camera.dll 动态连接库的形式, 通过设备管理器 Device.exe 枚举识别程序中以 CAM 前缀的函数并加载, 加载到内核的流接口函数可以实现电源控制、I/O 管理、中断控制等。应用程序通过文件系统的 API 命令调用驱动程序的流接口函数发送控制请求, 内核将接收到的命令转化为对外部设备的相应操作。实现对处理器的 CAMIF 单元和图像传感器设备的初始化; 实现对 SCCB 总线向图像传感器芯片内部寄存器写入配置内存地址。系统独立运行以后, 内核控制器通过 CAMIF 接口单元产生 CAM_HREF、CAM_VSYNC、CAM_PCLK 三个时钟信号控制图像信息数据 CAMDATA 同步传输, CAMIF 接口接收的数据经过预览通道 Preview DMA 和编码通道 Code DMA 直接读取图像信息送往 AHB Bus 总线^[7], 存储器不断从 AHB Bus 总线读取数据送往内存缓冲区 FRAMBUFFER, 缓冲区的 CAMDATA 数据能够直接被流接口驱动函数识别, 送往液晶显示器 LCD 显示, 也可以帧保存的方式保存在内存单元中。

3.2 系统软件功能实现

系统硬件功能通过操作系统中相应的流接口函数完成。在系统软件整体框架的基础上, 设计系统软件

实现流程图如图 3 所示:

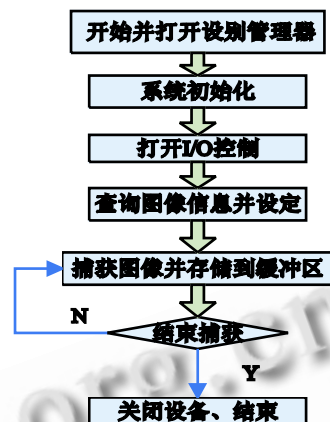


图 3 系统软件流程图

硬件平台首先检测视频捕获设备, 如果找到相应的硬件设备, 打开设备管理器 Device.exe, 连接 I/O 控制, 查询到图像信息后设定传输模式, 根据获取的设备信息和图像信息调用 API 命令决定是否捕捉, 直至关闭设备。整个过程中系统软件驱动程序提供的接口函数包括: 初始化函数 CAM_Init、打开设备管理函数 CAM_Open、I/O 控制函数 CAM_IOControl、从系统总线读取图像信息函数 CAM_Read、向系统总线写入控制命令函数 CAM_Write、设备卸载函数 CAM_Deinit 等^[7]。在图像的采集控制中功能函数完成了硬件的初始化、时序同步、图像信息流控制等功能, 起到设备的控制中枢作用。图像传感器驱动程序实现流接口形式驱动以后, 文件系统的 API 接口通过访问特殊文件来实现与设备信息的交互, 流接口函数直接调用与硬件设备相关的处理函数, 省去层与层之间调用和信息传递, 有利于提高蔗糖结晶图像采集处理工业过程控制的实时性。

在摄像头驱动开发完成后, 通过编写应用程序界面实现蔗糖图像的 LCD 显示。首先通过 CreateWindow 这个 API 函数创建一个用来显示图像的窗体, 然后创建回调函数 CaptureThreadProc 的线程, 在回调函数中根据不同的操作向操作系统发送不同的消息值, 处理图像的读取、显示等。由于图像信息已经保存在以 BUFFER 为首地址的系统内存中, 只需要对这段内存中的图像信息读取即可以将蔗糖图像保存下来, 现场测试结果如图 4 所示。

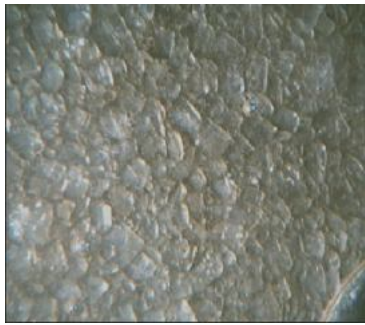


图 4 蔗糖结晶图像采集测试

从现场测试结果看来,系统运行稳定,实现了实时监控、拍照、存储等功能,得到的图像清晰。至此,保存下来图像可以为后期的蔗糖图像处理系统所使用。

4 结语

本文实现了基于 S3C2440 和 OV9650 图像传感器下的嵌入式蔗糖图像采集系统设计,图像采集速度最高可达 30fps。设计的系统具有体积小、功耗低、运行速度快、采集图像质量好等特点。设计出的友好人机交互界面,实现实时监控、拍照、存储等功能,具有很好的实用价值,也为后期的蔗糖结晶图像处理系统建模和优化打下坚实的基础。

参考文献

- 1 Mathlouthia MN, Genotelleb J. Role of water in sucrose crystallization. Carbohydrate Polymers, 1998, 37:335–342.
- 2 樊春丽,朱名日.蔗糖结晶过程的建模与控制.计算机系统应用, 2009,18(3):38–41.
- 3 Faria N, Pons MN, Azevedo S Feye, Rocha FA, Vivier H. Quantification of the morphology of sucrose crystals by image analysis. Powder Technology, 2003, 133:54–67.
- 4 Bolton EK, Sayler GS, Nivens DE. Integrated CMOS photodetectors and signal proc. for very low-level chemical sensing with the bioluminescent bioreporter integrated circuit. Sensors and Actuators, 2002, 85:179–185.
- 5 Wang X, Wang W, Hornsey R. A high dynamic range CMOS image sensor with in-pixel light-to-frequency conversion. IEEE Trans Electron Devices, 2006,53(12): 2988–2992.
- 6 胡军辉,王友钊.Windows CE 设备驱动程序开发.计算机工程, 2006,32(16):41–43.
- 7 刘万志.基于 ARM9 的图像采集系统设计[硕士学位论文].北京:北京交通大学,2008.