

# 基于 Micro2440 视觉处理平台的构建\*

李红岩, 邱联奎

(河南科技大学 电子信息工程学院, 河南 洛阳 471003)

**摘要:**采用 Micro2440 开发板和 OV9650 摄像头, 成功获取了视频图像, 并且能够对视频中的每一帧图像同步进行自定义的图像处理, 其处理的结果同时能够在 LCD 上予以显示。实验结果证明该视觉处理平台具有良好的视觉处理特性, 适合作为数字图像处理平台, 为进一步的图像处理、功能扩展以及嵌入式应用创造了条件。

**关键词:** Micro2440; OV9650; LCD; 图像处理

中图分类号: TP368

文献标识码: A

## Vision processing platform based on Micro2440

LI Hong Yan, QIU Lian Kui

(College of Electronic Information Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

**Abstract:** In this paper, by using Micro2440 development board and the OV9650 camera, we succeeded to access the video image, and finished custom image processing to each frame of video images simultaneously. The results of its processing can be displayed in LCD. The experimental results show that the vision processing platform has good vision processing features, which is suitable for digital image processing platform and further image processing, functional expansion, as well as creating the conditions for embedded applications.

**Key words:** Micro2440; OV9650; LCD; image process

嵌入式机器人系统通常需要高速、功能接口丰富的处理器系统, 而最新的 Micro2440 开发板采用了三星 S3C2440A 处理器, 该处理器基于 ARM920T 内核, 工作频率 400 MHz, 0.13  $\mu\text{m}$  的工艺制造, 具有高性价比、低功耗、高性能的特点<sup>[1]</sup>, 同时内部集成了 LCD、CMOS 摄像头等接口模块, 能够高速快捷地完成视频信号处理, 而且丰富的外围接口提供了系统良好的扩展特性。另外 Micro2440 核心板可以与底板分离单独运行, 为进一步缩小体积预留了空间。无论是基于图像的处理还是视频流的处理, 首先都需要完成视觉平台的构建, 本文在 Micro2440 开发板的基础上实现了视觉处理平台, 完成了图像、视频的处理和显示功能, 并提出了基于颜色通道的背景差分法, 完成目标物体中心的实时检测。

### 1 系统整体流程

该平台设计首先完成了基本的硬件初始化, 而 CMOS 摄像头驱动以及相应的图像处理作为一个单独的模块进行加载运行。该嵌入式系统的加载启动任务是由 BootLoader (BootLoader 是嵌入式系统加电后运行的第一段程序) 来完成的。BootLoader 分为两个阶段: 第一阶段

通常由汇编语言实现完成部分硬件的初始化, 创建 C 语言运行环境; 第二阶段继续进行初始化完成 MMU、LCD 显示等设置。在系统完成基本硬件的初始化工作后, 便可以启动摄像头进行图像、视频的采集处理, 系统结构如图 1 所示。



图 1 Micro2440 功能方框图

BootLoader 的第一阶段启动的流程依次为: ARM 启动或重启→设置中断向量→禁止看门狗、中断→设置时钟→Sdram 初始化→复制 RO/RW 段到 Sdram→ZI 段清零→堆栈初始化→跳转到 main 函数。第二阶段则完成了以下操作: main 函数→端口初始化→设置中断请求→设置主频→串口初始化→设置 MMU→打开 Cache→LCD 初始化。ARM 系统 MMU 的设计为了便于实现, 采用了 2

\* 基金项目: 河南科技大学科学研究基金(2007ZY056)

# 应用奇葩

## Example of Application

段式的虚拟地址分配方式,每个页(Section)的大小设置为1MB;同时为了减少对S3C2440地址的修改,采用了虚拟地址与物理地址相同的地址分配方式。

### 2 LCD 设计

Micro2440 开发板配有 240×320/NEC3.5 英寸 T- FT 真彩液晶屏,正确设置后能够显示清晰的图像、视频。S3C2440A 的 LCD 控制器支持的屏幕大小包括 480×640、240×320 以及 160×160 等尺寸,能够产生 VFRAME、VLIN、VCLK、VM 等控制信号。这些控制信号的使用需要配置 S3C2440A 的 C 端口为 LCD 控制。同时 LCD 的数据线 VD[0]~VD[7]也由 C 端口控制,VD[8]~VD[23]则由 D 端口控制,需要设置做 LCD 数据线。由于使用的是 TFT 真彩液晶屏,需要把 LCD 控制寄存器设置为 TFT 模式,这里设置为 TFT 的 16BPP (Bits Per Pixel) 模式;同时还需要对 LCDCON5 进一步设置为 5:6:5 或 5:5:5:1 格式,这里设置 RGB 格式为 5:6:5 格式,此信号在 OV9650 传输如图 2 所示<sup>[2]</sup>。以便和摄像头的视频输出格式相一致,否则需要进行格式的转化。在设置完帧缓存地址后,写入数据,便可以实现图像的显示,格式转换过程如图 3 所示。

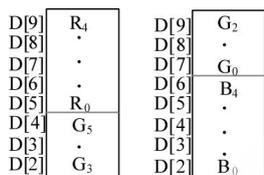


图 2 RGB5:6:5 传输格式

### 3 摄像头驱动设计

Micro2440 开发板的配套摄像头型号为 OV9650,该摄像头具有 130 万像素,输出视频格式为 YCbCr 格式,同时 S3C2440A 的 CAMIF (Camera Interface) 提供了 ITU-R BT.601/656 8 位标准输入的支持<sup>[3]</sup>,最大可采样 4 096×4 096 像素的图像<sup>[4]</sup>,在 Preview 模式下支持输出 RGB 16/24 bit 格式,这对于数字图像的处理带来了便利条件。S3C2440A 的 CAMIF 与 OV9650 的连接如图 4 所示。

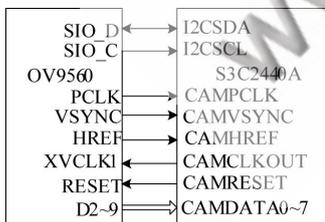


图 4 S3C2440 CAMIF 与 OV9650 连接图

OV9650 驱动流程如下:设置 Camera 全局控制寄存器,并复位→配置 S3C2440A 的 J 端口→使能 OV9650 的 Normal 模式→设置接口时钟→通过 I2CSCL, I2C-SDA 与 SID\_C, SID\_D 信号建立 S3C2440A 与 OV9650 的通信→设置 OV9650 的寄存器组→初始化 S3C2440A 摄像头接口,包括捕获图像的宽、高、偏移、输入格式、输出格式、

缓冲区地址等→将 OV9650 将 LCD 缓冲区地址更改到 Camera 的缓冲区地址,以显示 Camera 图像→清除中断→设置中断处理函数→开始捕获图像。

其中,OV9650 与 S3C2440A 的通信采用了两线制的 SCCB (Serial Camera Control Bus)<sup>[5]</sup>,通过该接口可实现各种图像增强和控制功能,如自动曝光、自动增益、自动白平衡控制等,以及控制图像色彩、饱和度、锐化、镜头校准等<sup>[6]</sup>。S3C2440A 控制端口产生 SCCB 的启动、停止等控制信号,SCCB 协议中开始条件定义为:在 SID\_C 为高电平时, SID\_D 出现一个下降沿,则 SCCB 开始传输;停止条件定义为:在 SID\_C 为高电平时, SID\_D 出现一个上升沿,则 SCCB 停止传输;在数据传输时, SID\_C 为高电平时,需要 SID\_D 上的数据的稳定,以便传输,如图 5 所示。

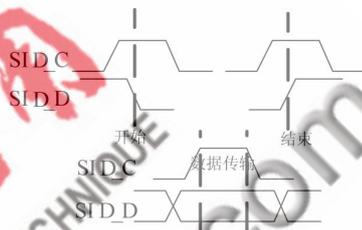


图 5 SCCB 时序

以写一位数据传输为例,基本流程为:将数据放在 SID\_D 上→启动 SID\_C 进行传输→延时传输后停止 SID\_C;同理,传输 8 位数据则需循环 8 次。类似地,读取时基本流程为:启动 SID\_C→读取 SID\_D→停止 SID\_C。一个完整的数据传输的写周期顺序为:写从设备的 ID→写设备寄存器的地址→将此寄存器中写入数据。

### 4 图像处理设计

在获得摄像头采集的图像后,常常需要对捕获的图像进行处理,并把处理的结果实时地显示出来。本文通过设计在帧中断处理函数中进行图像处理,可以很好地进行处理后图像的动态显示。此时需要将 OV9650 获得的图像的 buffer 地址设置到一临时空间中,完成处理后再送入 LCD 的 buffer 地址中进行显示;否则, Camera 和图像处理函数同时写 LCD 的 buffer 地址,将出现 LCD 显示不正确的情况。图像处理流程如图 6 所示。

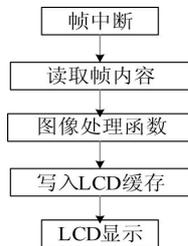


图 6 图像处理流程

### 5 图像获取结果

图 7 分别是在室内环境下,桌面上一个普通乒乓球在摄像头视频显示的结果(左)和在动态处理后摄像头视频显示(右)的截图,其中视频的下方同时显示了一横条图片。图像处理函数完成了视频在绿色通道中的同步显

《微型机与应用》2010 年第 02 期

## 应用奇葩

## Example of Application

示。经验证,图像处理的结果良好,色彩正常,并且无明显滞后等异常现象。



图 7 OV9650 捕获的图像(左)和 OV9650 捕获的图像在绿色通道中的显示(右)

## 6 运动目标检测

获取 OV9650 图像后,在此系统平台上完成了对运动物体的目标检测,取得了良好效果。常用的运动目标检测方法有:光流法、帧差分法以及背景差分法<sup>[7]</sup>。光流法大多计算复杂,占用 CPU 时间较多;帧差分法常常检测目标不够完整;因而针对嵌入式平台采用了运算速度较快的背景差分法。实验首先采用了基于灰度图像的背景差分法,但效果不够理想:设  $f(i,j)$  为一帧视频图像序列; $R_f, G_f, B_f$  为其中的任一像素的红绿蓝分量; $i, j$  为像素的横坐标和纵坐标。 $B(i,j)$  为背景图像序列,同样地, $R_B, G_B, B_B$  为其中的红绿蓝分量,依据以下公式计算灰度值(类似黑白摄像头获得的灰度值):

$$\begin{cases} f(i,j) = R_f + G_f + B_f \\ B(i,j) = R_B + G_B + B_B \end{cases}$$

背景差为:  $fB(i,j) = f(i,j) - B(i,j)$ 。此系统中 RGB 格式为 5:6:5 格式,红绿蓝分量均取 5 位,绿色分量舍弃了最低位。获得的差分图像分别以红色显示和二值化获得的结果如图 8 所示。

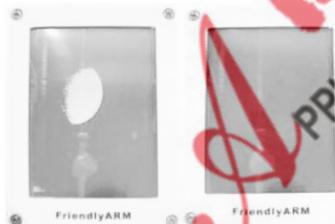


图 8 灰度图像的背景差分法获得的图像二值化结果(左)及灰度图像的背景差分法获得的图像(右)

如图 8(右)所示,由于灰度图像的背景差分法获得的像素值普遍较低,因而屏幕亮度较暗,在室内光线中 LCD 屏幕显示很不清晰;图 8(左)为进行二值化后背景差分法的图像,也仅能够得到小球的部分区域,效果不够理想。于是本文针对彩色图像提出了基于颜色通道的背景差分法,可以获得理想的效果。设  $P$  为颜色通道(这里红色通道取值为  $0x\text{F800}$ ),则基于颜色通道的背景差分法用如下公式计算:

$$\begin{cases} f(i,j) = f(i,j) \& P \\ B(i,j) = B(i,j) \& P \end{cases}$$

背景差为:  $fB(i,j) = f(i,j) - B(i,j)$ 。若取阈值  $T$  则:  $fB(i,j) = fB(i,j) - T$ 。获得的差分图像分别在红色通道中显示和二值化所得的结果如图 9 所示。可见图 9 左图二值化后可

获得乒乓球的圆形轮廓,十分清晰;而且在红色通道中的图像显示轮廓明亮,说明数值强度大抗干扰能力强。在获得图像后并自动计算出形心位置,在横轴和纵轴以白色直线显示中心位置,在以  $240 \times 320$  分辨率输出时,平均速率达 30 帧/s,实现了对运动目标中心的实时检测,如图 9 右图所示。实验结果表明,此基于 Micro2440 的视觉处理平台上能够很好地进行图像及视频的显示及处理。

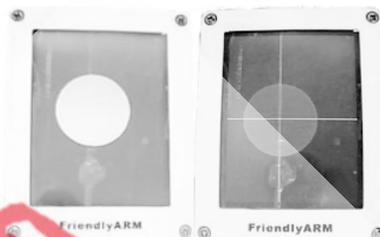


图 9 颜色通道的背景差分法获得的图像二值化结果(左)及颜色通道的背景差分法获得的图像(右)

本文基于 Micro2440 的视觉处理平台具有以下特点:

(1)Micro2440 平台提供了丰富的外围接口,方便功能扩展,S3C2440A 自带 CAMIF (Camera Inter-face) 模块,无需接口转化电路,核心板与底板分离可以进一步缩小体积;(2)CPU 工作频率 400 MHz,处理速度较快,OV9650 高达 130 万像素,分辨率高。

在每完成一帧的视频采集后,能够及时地进行图像处理,并且图像处理的结果能够在 LCD 上同步显示;同时轻松转换便可以方便地得到标准 24 位 BMP 图像,为进一步数字图像处理提供了良好的平台。

## 参考文献

- [1] 黄勇亮.基于嵌入式 S3C2440 的船舶导航系统设计[J].微计算机信息,2008,24(11):135-154.
- [2] OV9650 Color CMOS SXGA (1.3 MegaPixel) VarioPixel CAMERA-CHIP. OmniVision Technologies, Version 1.0[M].2004.5:10.
- [3] S3C2440A 32-BIT RISC MICROPROCESSOR USER'S MANUAL PRELIMINARY Revision 0.14 [M]. Samsung Electronics Company. 2004.7:10.
- [4] 武云,王永皎,罗威.基于嵌入式 Linux 的摄像头驱动程序设计与实现[J].计算机工程与科学,2009,31(5):129-136.
- [5] OmniVision Serial Camera Control Bus (SCCB) Functional Specification. OmniVision Technologies, Version: 2.1[M].2003.
- [6] 阮越广,赵伟胜.基于 WLAN 的家用安全监控系统的硬件设计[J].计算机工程,2008,34(10):250-252.
- [7] 李宁,黄山,张先震,等.基于背景差分的人体运动检测[J].微计算机信息,2009,25(7-3):257-282.

(收稿日期:2009-09-18)

## 作者简介:

李红岩,男,1980 年生,硕士,主要研究方向:嵌入式系统。

邱联奎,男,1974 年生,副教授,主要研究方向:机器视觉。