

基于 ATmega128 单片机的图像采集硬件系统

丁 曼¹, 张代远^{1,2,3}

- (1. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;
2. 江苏省无线传感网高技术研究重点实验室, 江苏 南京 210003;
3. 南京邮电大学 计算机技术研究所, 江苏 南京 210003)

摘 要: ATmega128 系列单片机具有处理速度快, 内部功能模块丰富等优点, 其数据吞吐率可高达 1MIPS/MHz, 能够很好地缓解系统在功耗与处理速度上的矛盾。而 OV6620 作为一种数字摄像头, 避免了传统模拟摄像头的消耗 MCU 资源、功耗大等缺点。文中正是基于这些特点, 采用 ATmega128 单片机, 将软件程序通过 ISP 下载到 AVR 单片机后, 按照原理图连接好电路板及实物, 通过 OV6620 摄像头采集一幅图像, 传输到 AVR 单片机, 再对图形进行一定的处理。实验证明所设计的硬件系统能够实现图像的采集、处理以及通信的功能, 提高了图像采集与通信的速率, 并保持了较好的图像稳定度。

关键词: AVR 单片机; 图像采集; OV6620; Protel99SE; PCB 电路图

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)07-0215-04

Image Acquisition Hardware System Based on ATmega128 MCU

DING Man¹, ZHANG Dai-yuan^{1,2,3}

- (1. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;
2. Jiangsu High Technology Research Key Laboratory for Wireless Sensor Networks, Nanjing 210003, China;
3. Institute of Computer Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Considering ATmega128 MCU has advantages of good processing speed and rich internal function, and its data throughput rates can be as high as 1MIPS/MHz, it can alleviate the contradiction of system's power consumption and processing speed well. OV6620, as a digital camera, can avoid the shortcomings of traditional analog camera such as MCU resource consumption needing large power. It is based on these characteristics, uses the ATmega128 MCU, after downloads the software program to the AVR via ISP, connects the physical circuit board following the schematic to capture an image by OV6620 camera and transmit to the AVR microcontroller, and then does a certain treatment to the graphics. Experiments show that the design of the hardware systems can realize the image acquisition, processing and communications. This method improves the rates of image acquisition and communication as much as possible, and has a better image stability.

Key words: AVR microcontroller; image acquisition; OV6620; Protel99SE; PCB circuit diagrams

0 引言

AVR 单片机是 RISC 精简指令集的高速 8 位单片机, 具有 I/O 口和 A/D 转换功能, 高速、低耗、保密性, 并且有功能强大的定时器/计数器及通讯接口^[1]。基于 ATmega128 单片机设计图像采集硬件系统, 将软件程序通过 ISP 下载到 AVR 单片机后, 在摄像头 OV6620 与电脑之间建立接口, 实现串行通信, 便可达到图像采集、处理及通信的目的, 而且能够提高图像采

集与通信的速率, 保持很好的图像稳定度。

AVR 内部所有的寄存器都直接和算术逻辑单元连接, 极大地提高了代码的效率^[2]。Atmega128 具有 128K 字节的可编程 Flash, 所有器件均以高密度非易失性技术生产, 使得许多嵌入式控制程序既灵活而且低成本^[3]。同时文中使用 PROTEL99SE 来设计电路原理图及逻辑器件。按照系统功能来划分, Protel99se 主要包含两大部分和 6 个功能模块^[4]。电路工程设计部分: 电路原理图设计部分 (Advanced Schematic 99)、印刷电路板设计系统 (Advanced PCB 99)、自动布线系统 (Advanced Route 99)。电路仿真与 PLD 部分: 电路模拟仿真系统 (Advanced SIM 99)、可编程逻辑设计系统 (Advanced PLD 99)、高级信号完整性分析系统 (Advanced Integrity 99)。

收稿日期: 2011-12-15; 修回日期: 2012-03-18

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程资助项目 (yx002001)

作者简介: 丁 曼 (1988-), 女, 硕士研究生, 研究方向为智能计算技术与应用; 张代远, 教授, 硕士生导师, 研究方向为智能计算理论、方法与应用, 计算机体系结构, 计算机在通信中的应用。

1 核心板模块介绍

文中设计系统是在 EasyAVRM128SK 核心板的基础上进行电路的连接,核心板上资源主要有:Atmega128 芯片,其中内带 128-Kbyte Flash,4-Kbyte SRAM,4-Kbyte EEPROM,8 路 10 位 AD 转换,2 个 USART, TWI, SPI, 多个定时器及 PWM 口;自带 5V、3V 双路电源稳压,反接保护电路;JTAG 仿真接口;ISP 编程接口;RS232-TTL 转换电路;晶振电路,两路可选;复位电路等,极大地简化了设计的复杂度。

1.1 核心芯片 ATmega128

该芯片在本系统外接电路中所用到的引脚及其所对应的功能有:端口 A (PA7...PA0) 与 OV6620 的 Y0...Y7 口相连,传送图像的亮度信号。端口 C 与 OV6620 的 UV0...UV7 口相连,传送图像的色彩度信号^[5]。端口 D 的 PD0 和 PD1 口与 OV6620 的 SDA 和 SCL 口相连,用作串行 I2C 总线。I2C 总线是一种串行数据总线,只有二根信号线,一根是双向的数据线 SDA,另一根是时钟线 SCL。在文中硬件系统中通过 I2C 总线控制 AVR 与 OV6620 之间图像的通信。端口 D 的 PD2 和 PD3 口与 OV6620 的 PCLK 和 HREF 相连,用来控制图像传输的像素同步和行同步。端口 B 的 PB6 与 OV6620 的 VSYN 相连,用来控制图像传输的场同步。端口 B 还用到 PB0...PB3 的第二功能。

1.2 可选晶振接口、ISP 编程接口

出厂时进行时钟源设置的 AVR,其时钟源使用的是内部 RC 震荡,一般情况使用的是 1M 频率。通过对熔丝位的设置,可以设置 MCU 的内部 RC 震荡频率^[6]。不过,内置 RC 震荡在一致性方面存在差异,亦与温度等因素有较大的相关性。所以,在一些对时钟要求较高的场合,如:精确定时,RS232 通信等,建议使用外部的晶振线路。故本系统采用 16MHz 的外部晶振。外部晶振连接在 XTAL1 与 XTAL2 引脚之间,两个 20PF 的电容也连在引脚上然后接地,所以在上述核心板上选择外部晶振。

系统板都需要设计下载线路,对 AVR 进行编程。在有集成 ISP 口的核心板上,可通过 ISP 接口进行编程。可以通过 ISP 下载线或者 STK500 把程序下载到单片机中。ISP 下载线成本低廉,制作简单,一个并口 ISP 下载线只需几十元即可得到。开发工具成本低也是 AVR 单片机的优势之一。

2 硬件系统的连接

2.1 单片机与 PC 机串行通信

大部分的 AVR 芯片都含有一个硬件串行通信接口 UART,利用该接口可以实现控制系统与 PC 的通信构成 RS-232 的网络^[7],AVR 系统输出图像就可以在

PC 机的屏幕上显示。本系统中两端设备的串口只连接接收、发、地三根线,三线方式即可满足要求。单片机串行口的 TXD、RXD 和 GND 经电平转换分别与计算机的 RXD、TXD 和 SG 相连,进行全双工通信,具体实现电路如图 1 所示:

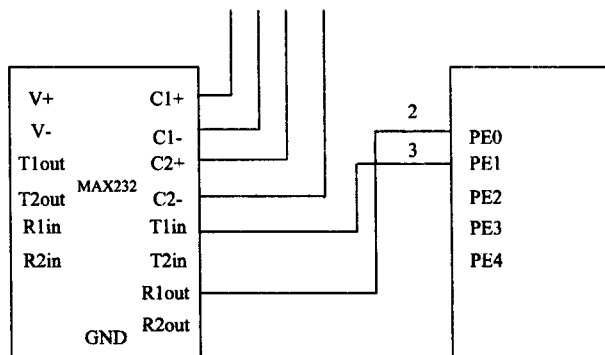


图 1 ATmega128 与 MAX232 的连接

2.2 OV6620 与 AVR 之间的通信

由于所使用的 AVR 单片机的频率较低,而数字摄像头 OV6620 的图像输出速率一般至少有 13.5MHz (以 30 万像素为例),每个像素的信号保持时间不到 75ns^[8],若使用单片机直接采集图像传感器输出的数字信号,则会受到其时钟频率的影响,难以将信号完整地采集进系统。

有两种解决方案:

1. 使用附加的硬件读取和存储图像;
2. 通过往寄存器写入 0x11 来减小 PCLK 的频率。

文中使用第二种方案。

2.3 图像的采集与处理

本系统采集彩色图像,所以需要将图像的亮度信号 Y 和色度信号 UV 通过摄像头采集,然后传输到 AVR 单片机。因 OV6620 已经将提取的模拟图像转换为数字图像,这是因为在其内部就有 A/D 转换器,使输出图像的图像信号已经变为可以直接传到单片机上的数字信号。同时为了保证传输的实时性,还要特别注意图像同步信号的传输。然后在 I2C 总线的控制下,进行单片机与摄像头之间的全双工通信。

图片的像素是 356×292,图片发送到进行大多数信号处理的模块进行模拟处理^[9]。这个模块包括进行色彩分离的电路,矩阵化,自动增益控制,图像校正,颜色校正,颜色平衡,黑电平校准,“膝”平滑,孔径校正,图像亮度、色度,平滑滤波。模拟视频信号基于公式: $Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$, 其中 R、G、B 相当于每一像素中的颜色成分 0.59G + 0.31R + 0.11B。模数转换数据流是以数字格式为条件的。处理后的信号通过视频多路复用器传递到数字视频端口,视频多路复用器发送用户选择 16、8 或 4 位视频数据的正确的输出引脚。8 位的模数转换器工作频率高达 9MHz,与像素

率完全同步。实际转换率设定为一个函数的帧速率。

电子曝光控制的算法是基于完整图像的亮度。普通场景的曝光优化都是假定背景相对明亮。在图片不是很亮的情况下,自动曝光控制、白/黑率应该调节适应应用的需要。附加的芯片上的功能包含自动增益控制,它提供的增益高达 24dB。白平衡控制使能够设置恰当的颜色温度,并且能够自动编程或者手动操作。分离饱和度、亮度、对比度,调整锐度有助于图片的微调。OV6620 图像传感器为了增加或者减少图像场准备了白色平衡率的控制。传感器提供了一个默认设置,它足够大。

在 OV6620 中,Y/UV 输出字节的 MSB(最高有效位)和 LSB(最低有效位)能够反向排列。Y7 到 Y0 默认顺序设置是 Y7 如 MSB、Y0 如 LSB。设计一种倒序配置,设置 Y7 到 LSB,Y0 到 MSB,Y2 到 Y6 适当的颠倒顺序。当在 RGB CCIR656 格式,输出为 8bit。HREF 的开始与结束插入 SAV 和 EAV,它们用来使获得的 Vsync 和 Hsync 同步。在这种格式,或许用到一个 8bit 的数据总线配置(没有 VSYNC 与 CHSYNC)。只有在 8bit 模式,Y/UV 变换是有效的。Y 信道输出顺序是 Y U Y V...,在 YUV 格式,U/V 变换意味着 UV 信道输出顺序变换。

本系统采用默认 RGB 双线输出模式:Y 信道输出 G0 R1 G4 R5 G8 R9...;UV 信道输出 B0 G1 B4 G5 B8 G9...;在一帧中,输出所有行(144 行),并且每行只输出一半的数据(176 像素)。

2.4 SD 卡

为了使图像采集更为便捷,在设计中设置了 SD 卡。其 SPI 接口是在 CPU 和外围低速器件之间进行同步串行数据传输,在主器件的移位脉冲下,数据按位传输,数据传输速度总体来说比 I2C 总线要快^[10]。在点对点的通信中,SPI 接口不需要进行寻址操作,且为全双工通信,显得简单高效。SPI 接口在内部硬件实际上是两个简单的移位寄存器,传输的数据为 8 位,在主器件产生的从器件使能信号和移位脉冲下,按位传输,高位在前,低位在后。因此其与 ATmega128 的连接电路图如图 2 所示:

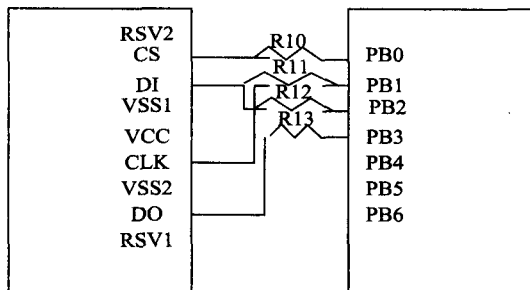


图 2 SD 和 ATmega128 的连接

3 总体设计实现

3.1 电路原理图设计

通过 Protel99SE,按照图 3 所示的流程完成电路原理图设计,包括电路图编辑器(简称 SCH 编辑器)、电路图零件库编辑器(简称 Schlib 编辑器)和各种文本编辑器。

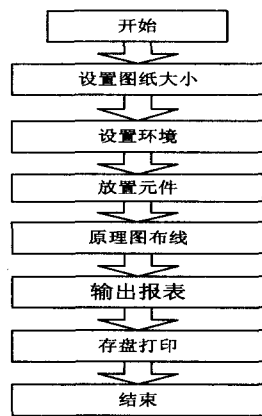


图 3 原理图设计流程图

本实验用到的元件主要有电阻、电容、电源、接地、插槽、OV6620 摄像头、Atmega128、MAX232、开关等。Protel99SE 中已经有一些自带的元件库,AVR 单片机的元件库可以从外网上下载,也需要加载。电路核心模块是 ATmega128 与 OV6620 的连接。为了得到实时图像必须保证图像的同步,它们分别是像素同步、时钟同步和场同步,控制同步要用到中断,通过对 AVR 单片机中断程序的编程,将 OV6620 三个控制同步的信号与单片机的中断源相连。图像的信号由亮度 Y 和色度信号 UV 组成,通过通信协议和同步的控制,它们是数据信号的传输,所有 AVR I/O 端口都具有真正的读-修改-写功能,每个端口都有三个 I/O 存储器地址:数据寄存器 PORTx、数据方向寄存器 DDRx 和端口输入引脚 PINx^[11]。通过对 AVR 的初始化编程,能实现将 OV6620 采集的数据信号传输到单片机端口寄存器中。

另一个关键是 ATmega128 的用法,几乎所需用的功能都已经集成在开发板上,不需要具体事物的连接,但是需要知道它们内部的连接方式。由于 AVR 单片机的使用,得完成了用于 JTAG 仿真的 JTAG 接口和 ATmega128 的连接。同时考虑到通信对频率稳定性要求较高,本系统采用 16MHz 的外部晶振,最终将各部分整合便可以得到完整的电路原理图。

3.2 PCB 电路板设计

印刷电路板的设计过程可分为如下几个步骤:导入网络表和元器件的封装;排列元器件;布线;检查存盘输出。设计好原理图,在进行了 ERC 电气规则检查正确无误后,生成网络表。元器件封装是指元器件实

际焊接到电路板上所指示的外观和焊点的位置。导入网络表生成 PCB 图后,进行手动连线,设置布线参数。本系统做的是双面板,在 Top layer 层中,走线设置为水平的,在 Bottom layer 层中,走线设置为垂直的,这样避免了两个层面连线的平行,减少耦合。

3.3 实物连接

制作好 PCB 板,并检测电路可以正常工作后进行实物的连接。先大致布局好核心板和 OV6620 的排放位置,然后焊接插座。焊好后,根据核心板各管脚的位置和 OV6620 管脚的布置,用导线将相应管脚连接。主要是 OV6620 的 Y0 ~ Y7 连接到核心板上的 PA0 ~ PA7;UV0 ~ UV7 连接到核心板上的 PC0 到 PC7;SDA 连接到核心板上的 PD1;SCL 连到 PD0;HREF 连到 PD3;PCLK 连到 PD2;VSYN 连到 PB6。另外,将核心板上集成的 MAX232 引出的 RXD, TXD 和 GND 连到接电脑的 10 口插座上。全部连好之后,用万用表检测各个管脚的电气特性。可先用 ISP 下载线,对单片机进行初始化,然后将软件程序下载到芯片,使软硬件正常工作。

4 结束语

ATmega128 单片机是目前最新的单片机系列之一,其突出特点在于速度高、片内硬件资源丰富。文中基于这些优点,设计了一种基于 Atmega128 及数字摄像头 OV6620 完成图像的采集和处理的硬件系统,很好地解决了 AVR 单片机的频率与摄像头图像采集频率不一致的问题,而且数字摄像头避免了模拟的缺点,

数字图像比较稳定。

参考文献:

- [1] 李晓峰. AVR 单片机原理与应用[M]. 北京:北京理工大学出版社,2010.
- [2] 王振煜,葛万成. 嵌入式高分辨率图像采集系统的设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2008,18(2):167-169.
- [3] 金钟夫. AVR ATmega128 单片机 C 程序设计与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [4] 槐创峰. Protel 99 SE 电路设计基础与典型范例[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [5] Fryza T. Basic C Code Implementations for AVR Microcontrollers[C]//2007 14th International Workshop on Systems, Signals and Image Processing and 6th EURASIP Conference Focused on Speech and Image Processing, Multimedia Communications and Services. [s. l.]:[s. n.], 2007:434-437.
- [6] 赵国锋,邱作雨,张毅. 基于单片机的嵌入式 TCP/IP 协议栈的设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2009,19(3):137-140.
- [7] 何永泰,李莹. AVR 单片机 Atmega128 在 FPGA 配置中的运用[J]. 微处理机,2006,4(2):5-6.
- [8] 汤剑锋. ATmega128 单片机仿真系统设计及实现[J]. 荆楚理工学院学报,2009,24(7):25-31.
- [9] O'Cull L. Embedded C Programming and the Atmel AVR [M]. Beijing:Tsinghua University Press,2003:208-284.
- [10] 田佩,王磊,陆敏. 基于 ATmega128 的调光控制器方案设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2010(10):62-64.
- [11] Korbel S, Janes V. Interesting applications of Atmel AVR microcontrollers[C]//Euromicro Symposium on Digital System Design. Rennes, France:[s. n.], 2004:499-506.

(上接第 214 页)

参考文献:

- [1] 弓乐,曹康,吴森. 金属材料超声探伤缺陷分类辅助系统的研究[J]. 仪器仪表学报,2005,26(10):1085-1088.
- [2] 马宏伟,黄良兵,杜功儒. 超声检测虚拟仪器研究[J]. 仪器仪表学报,2005,26(8):436-438.
- [3] 刘静. 超声检测信号的频谱分析与软件设计[D]. 西安:西北工业大学,2002.
- [4] 程乃平,席有猷,赵阳. 基于 LabWindows/CVI 的虚拟频谱分析仪设计[J]. 电子测量技术,2009,32(7):109-111.
- [5] 张宏群,蔡国英. 基于虚拟仪器技术的信号测量分析仪的设计[J]. 计算机技术与发展,2008,18(2):244-246.
- [6] 岳若蒙,张海南. 基于 LabWindows/CVI 的虚拟数字滤波器设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2010,20(8):65-68.
- [7] 张梦麟,李念强,王正生. 基于 LabWindows/CVI 网络虚拟仪器实验平台设计[J]. 计算机技术与发展,2008,18(2):211-214.
- [8] 孙晓云,郭立炜,孙会琴. 基于 LabWindows/CVI 的虚拟仪器设计与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2005:1-6.
- [9] 王建新,杨世凤,隋美丽. LabWindows/CVI 测试技术及工程应用[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [10] Yuan Qichuan, Kang Jianbin, Yuan Ye, et al. Design for Axis-angle Virtual Instrument Based on LabWindows/CVI Platform [C]//Proc of Third International Conference on Information and Computing. [s. l.]:[s. n.], 2010:241-243.
- [11] Iizuka Y, Komiya Y, Nakazawa S, et al. Real time digital signal processing of on-line ultrasonic flaw detection[C]//Proc of the 1995 IEEE IECON 21st International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation. Orlando, FL, USA:[s. n.], 1995:867-871.
- [12] Lita I, Visan D A. Virtual Instrumentation Application for Vibration Analysis in Electrical Equipments Testing[C]//2010 33rd International Spring Seminar on Electronics Technology. Warsaw:[s. n.], 2010:216-219.
- [13] 蒋志峰. 超声检测频域分析对缺陷识别应用研究[D]. 杭州:浙江大学,2004.