

基于 DMA 技术单片机数字摄像头图像采集系统设计

乔 亮¹, 王建军²

(1. 中国人民解放军 94362 部队, 山东 青岛 266100; 2. 昆明理工大学机电工程学院, 云南 昆明 650500)

Digital Camera Image Acquisition System Design Based on DMA Technology

QIAO Liang¹, WANG Jianjun²

(1. Chinese PLA 94362 Army, Qingdao 266100, China; 2. Faculty of Mechanical and Electrical

Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

摘要:针对数字摄像头图像采集时由于数据量过大、信号输出过快而导致的采集问题,提出一种基于飞思卡尔 MK60DN512ZVLQ10 单片机 DMA 模块的图像采集方法,在 IAR 环境下编制图像采集程序,成功地实现了数字摄像头 OV7620 的图像采集,通过串口将采集到的图像发送给 PC 上位机,通过上位机清晰地观测到摄像头采集到的图像信号。

关键词: DMA; 数字摄像头; 飞思卡尔; OV7620

中图分类号: TP274.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-2257(2015)09-0040-04

Abstract: The paper mainly analyses the difficulties of digital cameras in image acquisition for large amounts of data and fast signal output, and puts forward an image acquisition method based on DMA module of Freescale MK60's image acquisition method. Image acquisition of the digital camera OV7620 in IAR environment is achieved and the image data is sent to host PC by UART module, where image are clearly observed.

Key words: DMA; digital camera; Freescale; OV7620

0 引言

摄像头作为一种图像采集传感器,被广泛运用在工业机器人、车载导航仪等智能仪器上面,控制系统通过其采集周围环境的图像信号以便于控制系统控制仪器做出相应的判断。摄像头分为模拟摄像头和数字摄像头 2 种。由于数字摄像头数据量过大,单片

机用传统方法采集会占用大量的 CPU 资源,这将导致单片机的控制效果大为减弱。此外,数字摄像头图像信号输出非常快,单片机在处理过程中采集很有可能丢失数据,从而影响整个控制系统的性能。

DMA(direct memory access)技术是指一种高速的数据传输操作,允许在外部设备和存储器之间直接读写数据,既不通过 CPU,也不需要 CPU 干预。整个数据传输操作在 DMA 控制器的控制下进行。CPU 只需在开始时刻配置 DMA 内部寄存器参数,且在每次数据传输开始和结束时做一点处理,而在传输过程中不用 CPU 干预。因此,利用 DMA 技术直接将图像数据写入单片机内存空间,CPU 需要图像信息时只需从内存空间中调用。这样将大大地解放 CPU 资源,单片机 CPU 可以有更多的时间处理其他外部事件。从而极大地提高了控制系统的工作效率。

1 采集过程

1.1 MK60 DMA 模块

MK60 的 DMA 模块主要由通道复用管理模块和 DMA 控制模块组成,通道复用管理模块主要负责将 MK60 的 16 个 DMA 通道分配给 63 个 DMA 请求源^[1-3];DMA 管理模块主要负责属性配置和一些基本功能的管理。MK60 的 DMA 模块有 63 个 DMA 请求源。当 DMA 模块被使能之后,只要 1 个 DMA 请求信号产生,DMA 模块就不断地从源地址内存空间中取出数据,将其送入目的地址内存空间。要将数据准确地送入预期的地址,就需要对 DMA 模块进行正确的初始化配置。DMA 模块配置过程主要对 DMA 通道选择、DMA 请求源、DMA 周期触发功能、每次读入字节数、源地址数据宽度、目的地址数据宽度、目的地址、源地址、主循环计数、副循环计数、源

《机械与电子》2015(9)

收稿日期:2015-06-11

• 40 •

地址偏移、目的地址偏移以及 DMA 中断等进行相关配置^[1]。DMA 通道选择主要是从 16 个 DMA 通道中选择 1 个作为当前数据的传输通道;DMA 请求源是为当前所选 DMA 通道配置请求源,即当所配置的请求信号(上升沿或下降沿)产生时开始传输数据;DMA 周期触发功能主要是决定 DMA 传输是定时触发还是外部事件触发;每次读入字节是配置 DMA 每次传输的字节数;源地址数据宽度是指源地址内存中所存储的数据宽度(8 位、16 位、32 位等);目的地址数据宽度是指目的地址内存中所存储的数据宽度(8 位、16 位、32 位等);目的地址是指数据要被传入的内存地址;源地址是指数据取出的内存地址;主循环计数和副循环计数相当于 2 层循环嵌套,其每执行 1 次循环体完成 1 次 DMA 传输;源地址偏移和目的地址偏移每完成 1 次 DMA 传输后,源地址和目的地址的偏移量^[2]。

1.2 OV7620 时序分析

对于 OV7620 摄像头采集只需要关注场中断信号 VSYN、行中断信号 HREF 和像素中断信号 PCLK。OV7620 同步信号时序图如图 1 所示。像素同步信号 PCLK 为读取有效像素值提供同步信号,高电平时输出有效图像数据,若当前图像窗口大小为 320×240 ,则在 VSYN 2 个正脉冲之间有 240 个 HREF 的正脉冲,即 240 行;在每个 HREF 正脉冲期间有 320 个 PCLK 正脉冲,每个 PCLK 正脉冲下对应 1 个点的图像数据,即每行 320 个像素。这就是 VSYN、HREF、PCLK 3 个同步信号之间的关系。

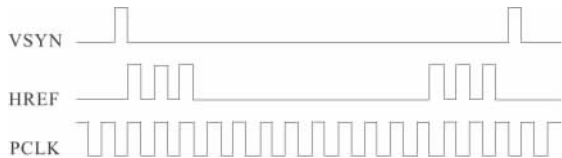


图 1 OV7620 时序图

2 MK60 采集图像

2.1 MK60 的 DMA 初始化配置

MK60 与 OV7620 摄像头接线如图 2 所示。由图 2 可知,使用 MK60 的 PORTA19 作为场开始信号 VSYN 的检测端口,使用 PORTB6 作为行开始信号的检测端口,采用 PORTE0 作为像素同步信号的检测端口。PORTD0~PORTD7 作为 8 位图像灰度数据接收端口。根据 1.2 节所述,要采

集 1 场完整的图像,就必须从检测到场信号开始读取图像数据,而 1 场图像是由多行组成且每行又有多个像素点,要正确采集 1 场图像,就必须要将采集到的数据对齐,但是 DMA 只负责数据的传输^[3],因此,必须根据摄像头的特征对 DMA 进行正确的初始化后,才能够采集到正确的图像。一种可以实现图像采集的 DMA 初始化过程如图 3 所示。



图 2 MK60 与 OV7620 摄像头接线图

由图 3 可知,DMA 模块通道选择为 CH0^[4],摄像头的像素同步信号 PCLK 与 PORTE 连接,当 1 个像素点数据产生后,PCLK 产生上升沿跳变被 PORTE 捕捉到之后产生 DMA 请求,DMA 得到请求之后开始传输当前像素点的灰度数据。由于 DMA 采集像素点由 PCLK 产生信号,因此禁止其周期触发功能而采用外部触发功能^[4-5]。

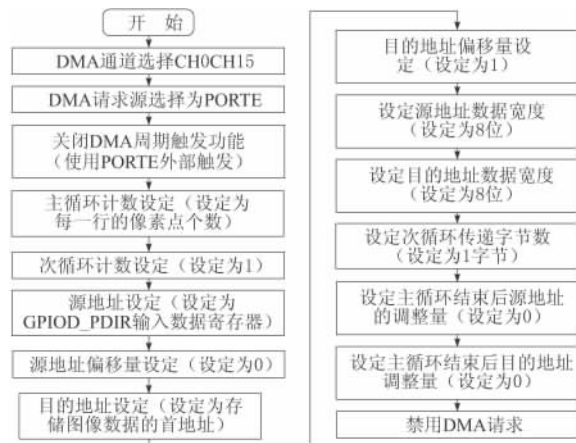


图 3 DMA 初始化流程

设定主循环计数为每 1 行的像素点个数,即当行中断产生之后 DMA 通道要传输的数据个数,因此要设定为摄像头每 1 行的数据点个数。次循环计数设为 1,由于 1 个像素点数据为 8 位的数据宽度,DMA 1 次可以传输完毕,不需要多次次循环。由于摄像头的每 1 个灰度数据都从 Y0~Y7 接口送入 MK60 的 GPIO_PDIP 寄存器^[6],每次读取源地址不变,所以设定源地址为 GPIO_PDIP 寄存器的首地址、源地址偏移量设定为 0。目的地

址为存储图像数据数组的首地址,由于 1 幅图像有多个像素点组成的二维图像,要采集到 1 场图像,就要将每 1 个像素点的数据存入到 1 个数组里面,因此在每个像素点数据通过 DMA 传输完成之后,源地址必须偏移。而对于 OV7620 来说,1 个像素点数据为 8 位数据宽度,因此源地址偏移量设定为 1 个字节^[4]。

2.2 MK60 的端口初始化

由图 1 可知,场开始信号 VSYN 的下降沿与行开始信号 HERF 更接近,捕捉 VSYN 的下降沿更便于图像对齐。而对于 OV7620 来说,每 1 个有效像素点是像素同步信号 PCLK 高电平时的数据,而行开始信号 HERF 的上升沿与像素同步信号 PCLK 的上升沿对齐,因此捕捉 HERF 的上升沿便于图像对齐,捕捉 PCLK 的上升沿之后,才能够产生 DMA 请求来传输数据。所以根据图 2 的接线图来初始化 MK60 的端口, MK60 端口初始化流程如图 4 所示。其初始化过程为:使能 PORTA 端口时钟,将其引脚功能定为 GPIO 功能,由于 PORTA19 用来捕捉 VSYN 的下降沿跳变,因此初始化为输入、高电平状态;使能 PORTB 端口时钟,将其引脚复用功能定义为 GPIO 功能,由于 PORTB6 用于捕捉 HERF 上升沿信号,因此初始化为输入、低电平状态;使能 PORTE 端口时钟,将其引脚复用功能定义为 GPIO 功能,由于 PORTE0 用来捕捉 PCLK 上升沿信号,因此初始化为输入、高电平状态。由于 PORTD0~PORTD7 用来采集摄像头的的数据,因此初始化为 GPIO 功能、输入,初始化为低电平^[7]。



图 4 端口初始化流程

2.3 中断服务函数

为了能够准确地捕捉到场开始信号 VSYN 和行开始信号 HREF,采用外部事件触发端口中断方式, PORTA19 采集到 VSYN 产生的中断信号之后,进入 PORTA 中断服务函数。PORTA 中断服务函数流程如图 5 所示。PORTA 中断产生后,在

PORTA 中断服务函数中要重新加载 DMA 目的地址(图像数组首地址),使摄像头的第 1 个数据存入图像数组第 1 个元素。由于当 PORTA 中断产生之后代表场开始信号,而 1 场图像有很多行组成,紧随 PORTA 产生中断之后产生的行开始信号 HREF 为该场图像的第 1 行,因此要在程序进入场中断之后立马使能 PORTB 中断,来捕捉行开始信号,此后每 1 个行开始信号都会进入 PORTB 中断服务函数。

PORTB 中断服务函数流程如图 6 所示。由于每 1 行有很多个像素点,在行开始信号 HERF 产生(进入行中断)之后,代表此后每 1 个 PCLK 高电平时输出的数据为该行相应点的像素数据,因此,在进入 PORTB 中断服务函数之后立即使能 DMA 通道 CH0 请求,即每产生 1 个 PCLK(PORTE0)上升沿信号 DMA 都进行 1 次数据传输,将相应点的灰度数据送入到与之对应的图像数组元素中存储。每 1 行采集完之后行采集计数自增 1,当采集行数为 1 场图像行数时,将场采集完成标志位置 1,场中断回到主函数将采集到的图像通过 UART 串口模块^[8]发送给上位机显示,当串口发完 1 场图像之后开 PORTA 中断,开始采集新的 1 场图像数据。



图 5 PORTA 中断服务流程

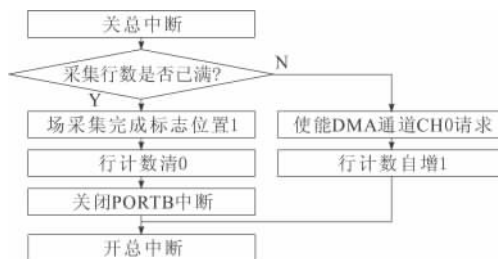


图 6 PORTB 中断服务流程

2.4 主要采集过程

主函数流程如图 7 所示。在 MK60 系统上电之后关闭系统总中断,对端口进行初始化配置、对 DMA 模块初始化配置,开 PORTA 中断,开总中断之后进入死循环函数,等待图像采集完成标志位置 1,如果标志位置 1 说明 1 场图像采集完成。为了避免下 1 场图像对当前图像产生干扰,要暂时关闭 PORTA 中断,调用 UART 串口将采集到的图像发送给上位机。当前图形发送完成之后,开 PORTA 中断采集新的图像数据。

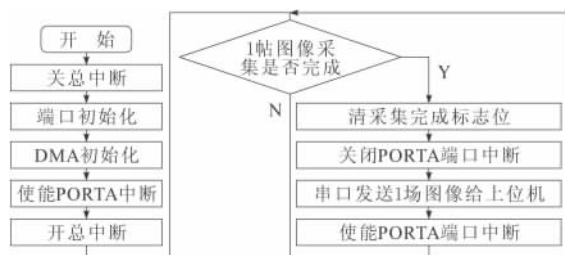


图7 摄像头数据采集系统流程

3 图像采集实验验证

MK60 通过其内嵌的 DMA 模块采集到的数据,通过串口将数据发送上位机,获得的图像如图 8 所示。图像效果较好,验证了采集过程的正确性。



图8 MK60 采集到的图像

4 结束语

摄像头是一种应用非常广泛的传感器,其图像采集在工程测试、环境监控等方面有着重要的意义。通过内嵌有 DMA 模块的 MK60 单片机,设计了一种

DMA 图像采集系统,该系统 CPU 基本不用干预就能完成摄像头的图像采集,使得 CPU 有更多时间去处理其他外部事件,从而极大地提高了单片机的工作能力和效率,对于工业应用有一定应用前景。

参考文献:

- [1] Freescale. K60 sub-family reference manual——K60 P144M100SF2V2RM rev. 2 [Z]. 2012.
- [2] ARM. Cortex-M4 technical reference manual revision r0p0[Z]. 2011.
- [3] Freescale. K60 sub-family data sheet rev. 6[Z]. 2011.
- [4] Freescale. Kinetis peripheral module quick reference rev. 0 [Z]. 2010.
- [5] Freescale. K60 sub-family reference manual rev. 6 [Z]. 2011.
- [6] Yiu J. ARM Cortex-M3 权威指南[M]. 宋岩,译. 北京:北京航空航天大学出版社,2009.
- [7] 王宜怀,吴瑾,蒋银珍. 嵌入式系统原理与实践——ARM Cortex-M4 Kinetis 微控制器[M]. 北京:电子工业出版社,2012.
- [8] 杨东轩,王嵩. ARM Cortex-M4 自学笔记——基于 Kinetis K60[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2013.

作者简介:乔亮 (1980—),男,山西临汾人,助理工程师,从事机械电子研究。

(上接第 39 页)

对于其他模块,检测程序流程基本相同,唯有模块参数设置不同。对于开关量模块设置“通”、“断”2 个参数。热电偶模块设置 100℃、300℃、500℃ 3 个参数;脉冲量设置 100 r/min、300 r/min、500 r/min 3 个参数;模拟量模块设置 1 V、2 V、3 V 3 个参数。

4 结束语

从船舶监控系统故障诊断的实际需求出发,深入分析诊断仪的功能需求,提出了船舶动力装置数监控系统诊断仪的设计方案,并最终完成诊断仪的设计。测试表明,诊断仪的设计达到了预期的效果。诊断仪运行可靠、操作简单、能快速并准确地对数据采集模块的短路、断路等故障进行诊断;结构紧凑,体积小,携带方便,能很好地适应船舶现场复杂的工作环境。

《机械与电子》2015(9)

参考文献:

- [1] 陈晓明,吴家明,孔庆福,等. 舰船动力装置现代监测与诊断平台的构建设计[J]. 船海工程,2006(3):90-92.
- [2] 张小玉,柴春红. 一种空空导弹发射装置故障诊断仪设计[J]. 计算机测量与控制,2007,15(4):493-495.
- [3] 张立忠. 基于 CAN 总线的船舶机电设备监控系统的设计与实现[D]. 大连:大连海事大学,2010.
- [4] 刘易. 船用柴油机监控系统 CAN 总线协议设计与研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2010.
- [5] 李吉林. 常用热电偶、热电阻分度表:90 国际温标[M]. 北京:中国计量出版,1998.
- [6] 张苑农. LM331 及其应用[J]. 十堰职业技术学院学报,2004,17(2):76-77.
- [7] 黄桂梅,刘永立,陈孝伟. 单电源信号转换电路设计与实践[J]. 仪器仪表与分析监测,2010(3):18-19.

作者简介:朱增辉 (1988—),男,湖南长沙人,硕士研究生,主要从事船舶机械故障诊断研究。