

文章编号: 1672-8785(2015)12-0037-04

光学成像系统自动调光技术研究

郭会娜

(中国电子科技集团公司第二十七研究所, 河南 郑州 450047)

摘 要: 自动调光技术是光学成像系统中的关键技术。为了提高成像质量, 提出了基于带电位计的可变光阑和通过外部触发脉冲设置快门时间的全自动调光方法。与单独采用光阑或内同步设置快门时间的调光方法相比, 该方法可实现光阑的闭环控制和电子快门的连续调整。在硬件上, 由于采用 TMS320C28X 系列 DSP 作为主处理芯片, 时钟周期可达 6.67 ns。其自带 Flash 和丰富的片内外围设备, 能产生光阑电机的驱动脉冲和电位计 AD 转换, 可汇编和用 C 语言编写。在软件上, 采用的调光周期为 20 ms, 给出了自动调光流程图。经验证, 全自动调光方法的动态调光范围大、可靠性高, 具有快速响应的特性和广泛的适用性, 能够满足工程上对自动调光的需要。

关键词: 自动调光; 光阑; 电子快门; 外部触发脉冲; 电位计

中图分类号: TB853 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2015.12.007

Research on Automatic Light Adjusting Techniques of Optical Imaging System

GUO Hui-na

(The 27th Research Institute, China Electronics Technology
Group Corporation, Zhengzhou 450047, China)

Abstract: Automatic light adjusting techniques are critical in optical imaging systems. To improve the imaging quality of an optical imaging system, an automatic light adjusting method is put forward. The method is based on the iris with a potentiometer and uses external trigger pulses to set shutter speed. Compared with the light adjusting method which sets shutter speed by using stop alone or by internal synchronization, the closed-loop control of iris and the continuous adjustment of shutter can be realized by using this method. For the hardware, because the DSP in TMS320C28X series is used as the main processing chip, its clock cycle is up to 6.67 ns. With the built-in flash and rich peripherals, the driving pulse for iris motor, the AD conversion of potentiometer, the compilation and the C language programming can be realized. For the software, the light adjusting cycle of 20 ms is used and the flow chart of automatic light adjusting is given. It is verified that this automatic light adjusting method has the features of large dynamic light adjusting range, high reliability, fast response and wide applicability. It can meet the needs of automatic light adjusting in the project.

Key words: automatic light adjusting; iris; electronic shutter; exterior trigger pulse; potentiometer

收稿日期: 2015-11-09

作者简介: 郭会娜 (1981-), 女, 河南郑州人, 硕士, 工程师, 主要从事光电跟踪研究。

E-mail: guohuina2006@126.com

0 引言

光学成像系统的功能是通过 CCD 成像探测器将光学信号转换为电信号, 最终通过显示设备为使用人员提供效果良好的图像信息。目前, 采用高灵敏度 CCD 相机的光学成像系统已广泛应用于测量和跟踪领域, 并在遥感、自动控制和军用设备等领域有很好的应用前景。在不同的季节、天气和景物特征等因素的影响下, 摄像机的入射光强度变化很大, 摄制的图像特别容易饱和或偏暗。测量和跟踪成像系统不仅要求调光速度快, 而且要求调光的动态范围大、适应性强、灵活稳定。因此, 没有好的自动调光策略, 光学成像系统很难满足工程要求。

1 光学成像系统

光学成像系统主要由光学镜头、CCD 相机、

接口与控制电路、显示器和上位机等组成, 如图 1 所示。光学镜头一般由变焦装置、聚焦装置和光阑装置等组成; CCD 相机一般是高灵敏度相机; 接口与控制电路主要是对采样的视频信号进行放大、滤波、AD 转换和行场同步分离, 并将放大滤波后的视频信号送到显示器上显示, 将分离后的行场同步信号送到 CCD 触发电子快门。外界景物的入射光, 经过光学镜头在 CCD 靶面上成像。在控制电路的控制下, 可变光阑和电子快门结合起来组成一个全自动的调光系统。通过自动调光, 可使 CCD 相机在从亮到暗的大动态范围照度下始终处于最佳工作状态, 获得清晰的图像。

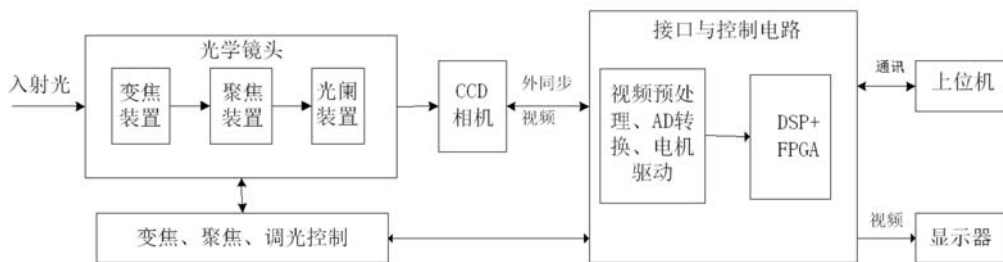


图 1 光学成像系统的组成

1.1 调光原理

1.1.1 光阑

光阑是改变通光量大小的装置。通过改变光阑的大小, 可改变照射到 CCD 相机靶面的照度。像面的光照度表示为^[1]

$$E = \frac{\pi}{4} BK \left(\frac{d}{f} \right)^2 \times 10^4 \quad (1)$$

式中, d 为光学系统的通光口径, K 为光学系统的透过率, B 为外界景物的亮度, f 为光学系统的焦距。改变光阑孔径的大小, 就能改变入射光孔径的大小, 相当于改变了光学系统的通光口径。因此, 可通过改变光阑孔径的大小来改变入射到 CCD 靶面上的照度。光阑的孔径越大, 照射到 CCD 靶面上的照度就越大, 反之则越小。传统的光阑控制都采用开环控制, 比较简单, 缺

点是没有光阑位置的反馈, 无法对光阑进行闭环控制, 只能控制光阑孔径向大或小的方向改变。本文采用线性度较高的电位计实时反馈光阑凸轮的移动位置, 再对电位计的值进行 AD 转换, 从而得到光阑位置的 AD 值。光阑在最大位置和最小位置上有到位信号, 其主要作用有两个: 一是保护光阑电机, 到位就断开光阑电机; 二是反馈光阑的最大和最小位置, 利于控制光阑电机。光阑的控制原理如图 2 所示。

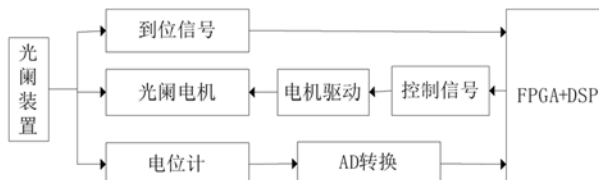


图 2 光阑的控制原理图

1.1.2 电子快门

电子快门的工作原理是改变 CCD 相机的光积分时间 (曝光时间)。积分时间越长, CCD 靶面上的光的照度就越大, 反之则越小。CCD 相机输出的视频信号幅值与电子快门的曝光时间成正比。改变曝光时间, 也就改变了视频信号的幅值, 从而达到调光的目的。电子快门的控制方法通常分为内同步和外同步两种。外同步需要外部触发脉冲, 内同步不需要外部触发脉冲, 可

通过拨码开关或跳线设置。内同步时, 电子快门的控制比较简单, 缺点是快门时间的选择只有几档, 无法连续调整快门时间, 调光能力的适应性差。因此, 本文采用外同步触发电子快门, 外触发脉冲的宽度时间范围是从 $2\ \mu\text{s}$ 到 $1/4\ \text{s}$, 曝光时间是触发脉冲的宽度加上一个常数。CCD 电子快门可采用每场调整一次快门值的方法, 这样就能实现快门时间的连续调整。电子快门的控制原理如图 3 所示。

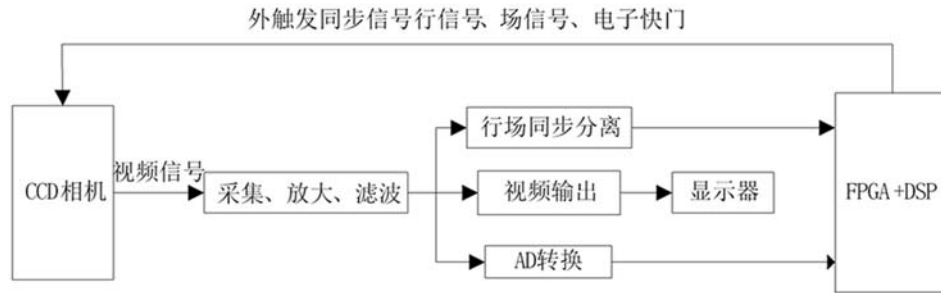


图 3 电子快门的控制原理图

1.2 调光方法

自动调光通常基于直方图灰度调光。自动调光时, 主处理器芯片 DSP 一方面通过给出调光信号来控制光阑电机或电子快门, 另一方面通过接口与控制电路对输入的视频信号进行采样、放大、滤波和 AD 转换, 统计出每场的灰度均值, 并与 DSP 所设的灰度均值区间比较; 一旦出现灰度均值不在区间范围内的情况, DSP 重新给出控制信号, 进行实时修正, 其调整周期为 $20\ \text{ms}$ 。若所比较的灰度均值为一定值, 则很容易导致光学成像系统需要频繁调光, 从而影响成像的质量。因此, 将所比较的灰度均值设为一个区间, 在该区间范围内不调光, 而在该区间范围外调光。这样就能增强成像的稳定性, 从而提高成像质量。灰度均值的计算如下^[2]:

$$r_A = \frac{\sum_{j=0}^k n_j \times r_j}{\sum_{j=0}^k n_j} \quad (k = 0, 1, 2, \dots, 255) \quad (2)$$

式中, r_j 是图像第 j 级灰度, n_j 是 r_j 的数量。由此公式可统计出每场图像的灰度均值, 然后

将灰度均值和灰度区间进行比较, 在该区间范围内不调光, 而在该区间范围外就调光。

1.3 调光的软件实现

以数字信号处理器 TMS320C28X 系列 DSP 作为主处理器芯片, 其运行速度为 $150\ \text{MHz}$ (时钟周期 $6.67\ \text{ns}$), 具有强大的事件管理能力, 而且片内外围设备丰富, 自带 $8\ \text{K} \times 16$ 位 Flash、模数转换器 (Analog to Digital Converter, ADC) 和串行通信接口 (Serial Communications Interface, SCI), 可汇编和用 C 语言编写。事件管理器可通过产生驱动脉冲控制光阑电机转动, Flash 可烧写程序, ADC 可实现光阑电位计 AD 转换, SCI 可实现和上位机的通讯等。自动调光的软件设计主要包括初始化子程序、光阑电位计 AD 转换子程序、直方图灰度均值统计子程序、调光增强子程序和调光减弱子程序, 调光周期为 $20\ \text{ms}$ 。自动调光流程如图 4 所示, 调光增强子程序的流程如图 5 所示, 调光减弱子程序的流程如图 6 所示。在调光增强子程序的流程中, 先使用光阑调光, 若光阑开到最大时仍不满足要求, 再使用电子快门调光。在调光减弱子程序的流程中, 先使

用电子快门调光,若电子快门曝光时间最小时不满足要求,再使用光阑调光。使用这种方法调光,能避免在调光过程中光阑和电子快门频繁切换,保证调光过程的平稳性。

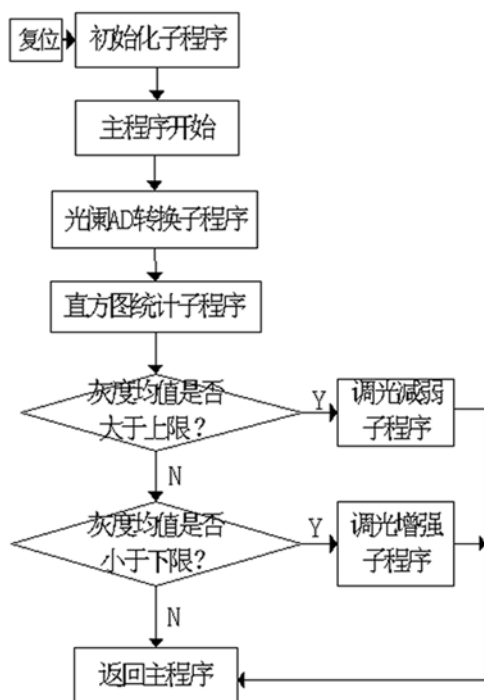


图4 自动调光的流程图

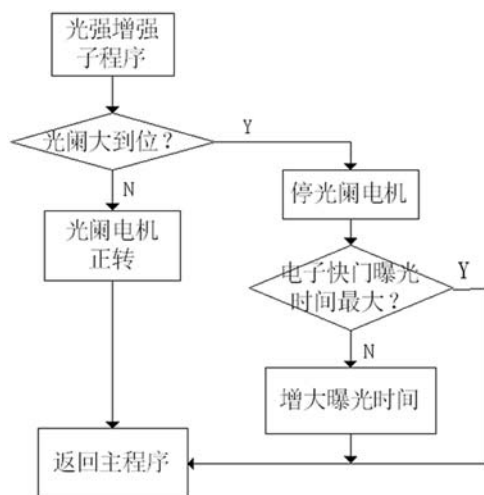


图5 调光增强子程序的流程图

2 结束语

采用了基于带电位计的可变光阑和外部触发脉冲设置快门时间的全自动调光方法。与单独采用光阑或内同步设置快门时间的调光方法相比,该方法灵活方便,动态调光范围大,可靠性高,具有快速响应的特性和广泛的适用性。经实际使用验证,此种调光方法经能取得较好的效果,能满足工程上对可见光光学成像系统自动调光的需要。

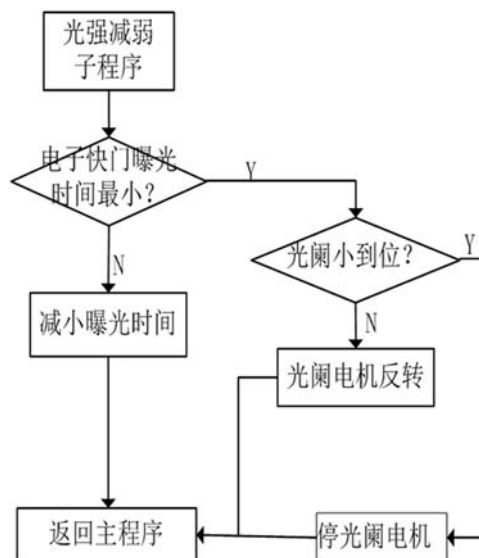


图6 调光减弱子程序的流程图

参考文献

- [1] 黄成斋. 跟踪测量电视全自动调光系统 [J]. 光电工程, 1999, 26(3): 17-19.
- [2] 关澈, 王延杰. CCD 相机实时自动调光系统 [J]. 光学精密工程, 2008, 16(2): 358-366.
- [3] 任瑞治, 郭树旭. CCD 相机图像自动稳光技术的研究 [J]. 长春理工大学学报, 2007, 30(2): 33-35.
- [4] 金龙旭, 吕增明, 熊经武. CCD 摄像机全自动调光系统 [J]. 光学精密工程, 2002, 10(6): 588-591.
- [5] 苏宏武, 杨小君. 基于平均和峰值灰度加权的自动调光系统 [J]. 光子学报, 2006, 35(1): 158-160.
- [6] 凌丽青. 采用外触发方式实现 CCD 摄像机的全自动调光控制及图像效果评估研究 [D]. 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 2008.