

单片机智能控制摄影自动调光系统

于惠珠 王 岚

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 叙述了一种用光电三极管为检测元件, A/D转换器将模拟信号转换成数字量, 单片机为控制运算核心, 两个步进电机分别带动可变密度盘和快门开口角, 由程序指令进行两个变参数控制的智能型自动调光方法。

关键词: 单片机; 自动调光; 控制系统; 曝光量; 变密度盘

1 引言

自我国研制出第一台大型经纬仪以来, 摄影一直是电影经纬仪用于对飞行器(导弹, 火箭, 人造卫星, 宇宙飞船)的主测量记录手段。摄影胶片记录的内容有目标、十字丝和数据点阵。摄影胶片记录的内容在判读时能否被发现, 与目标相对背景的对比度有极重要的关系。调光的目的在于使胶片的曝光量保持在胶片感光特性曲线的直线段所规定的范围之内, 即 $\Delta D \leq \pm 0.1r$ (r 为底片反差系数), 而不受外界背景亮度变化的影响。

以前经纬仪传统的摄影调光是采用变换平衡电桥参数的方法来控制像面照度, 检测元件为光敏电阻。为了适应胶片感光度、摄影频率和天空背景亮度等各种摄影条件。就要由操作人员来装定数种不同, 并按一定关系排列的背景照度值。每次摄影时, 预先用照度计测出天空背景照度值, 还要查曝光列线表, 选择合适的电阻装定在检测电桥的一个臂上, 用来设定背景照度值。模拟信号经过伺服放大驱动直流电机带动密度盘转动, 实现自动调光。这样的系统, 调光精度差, 不稳定环节多, 调整方法复杂。很难满足现代高速宽范围摄影系统调光要求。

八十年代中期, 针对 1~200 帧/秒, 高速宽范围摄影系统的要求, 研制一种新型调光系统。仍然采用变密度盘调节像面照度, 同时可连续地 $7.5^\circ \sim 120^\circ$ 调节旋转式快门的开口角, 精确控制曝光时间。系统中应用了单片微型计算机, 实现智能型自动控制, 只要将摄影频率, 胶片感光度给定, 单片机就代替操作人员自动选择背景照度, 同时根据计算和逻辑判断准确控制照度值和曝光时间, 从而达到摄影全自动调光目的。

2 调光系统的组成及工作原理

调光系统组成见图 1。包括步进机驱动的中性可变密度盘和旋转快门及电控系统。电控系统采用单片微型计算机为控制核心。由 A/D 模数转换器,模拟多路开关,采样保持器,并行接口电路和步进机功率驱动电路组成。

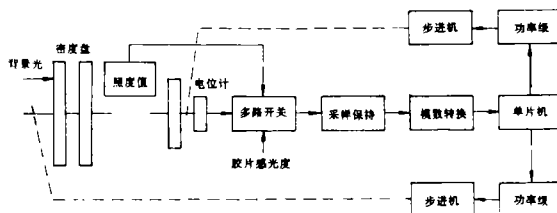


图 1 全自动调光系统原理框图

摄影胶片上的曝光量为

$$H = E \cdot T \quad (1)$$

其中: E 为像面照度

T 为曝光时间

像面照度的表达式为

$$E = \frac{\pi}{4} B_0 K_1 K_2 \tau \left(\frac{D}{F} \right)^2 \times 10^4 lx \quad (2)$$

其中: B_0 : 天空背景亮度

K_1 : 滤光片的滤光系数

K_2 : 中性滤光片的滤光系数

τ : 摄影物镜的透过率

$\frac{D}{F}$: 相对孔径

由(2)可见:当 K_1 、 K_2 、 τ 和 $\frac{D}{F}$ 的结构参数确定后,则像面照度随天空背景亮度而改变。曝光时间 T 与摄影频率 f ,快门开口角 α 的关系如下式:

$$T = \frac{\alpha}{360f}$$

由(3)可见,当摄影为任一频率时,曝光时间随快门开口角而改变。从系统原理框图可见,自动调光首先控制一对中性可变密度盘来控制像面照度,中性可变密度盘是装在望远物镜摄影系统会聚光路中的一对中性滤光片,这对滤光片的透过率是随其转角按一定函数关系连续变化的(图 2)其总的变化量相当于六级光圈 32 倍。光圈的示值刻在调光手钮上。调光手钮装在可拆卸的自动调光调焦操纵板上,中间通过联轴节与中性可变密度盘步进电机相连。像面照度的检测元件为光敏三极管,它置于摄影像面前视场的边缘。接收主光路进来的背景光,经像面照度值检测电路进行光电转换,得出像面照度。

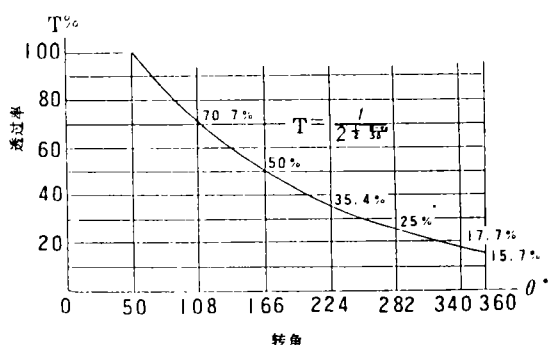


图 2 中性可变密度盘透过率曲线

像面照度的检测元件为光敏三极管,它置于摄影像面前视场的边缘。接收主光路进来的背景光,经像面照度值检测电路进行光电转换,得出像面照度。

快门开口角的检测元件为装在摄影机一侧与快门手钮相接一个电位计,电位计输出与快门开口角相对应的电压值。快门手钮又与步进电机相连。

控制面板上装有七档按键开关,设定胶片感光度。摄影频率由数据通讯接口送入单片机。胶片感光度和摄影频率作为调光系统的输入参数,像面照度值,开口角值,胶片感光度由多路开关按地址分时经过采样保持器由 A/D 模数转换器转换成数字量读入单片机内存。单片机根

据光敏三极管检测的照度值,快门开口角和摄影频率确定的曝光时间,实时计算出曝光量与输入参数设定的曝光标准量比较,得出曝量误差。单片机根据此误差量,最佳选择照度值和曝光时间两个控制量,由步进机带动中性可变密度盘和调节快门开口角,控制曝光量误差逐渐减少,直至误差趋近于零,步进机停止运转(图 5)。如背景光不断变化,此调整也不断进行。

本自动调光系统的快门开口角的自动调节,实质就是调快门的扇形角。理论分析扇形角可以从 $7.5^{\circ}\sim 120^{\circ}$ 连续可调,但是,大量实验表明,扇形角应从 15° 开始较适宜(取决于不同地理位置天空背景的亮度)。用比较短的曝光时间可以减少跟踪的不平稳性,仪器振动及外界条件的影响,提高摄影质量,也有利于作用距离的提高。

3 主要控制电路

3.1 像面照度检测电路

光敏三极管接收主光路射入的天空背景光,并转换成与天空的背景亮度成正比的电压值,输出 $0\sim 10V$ 直流电压。

3.2 多路开关和采样保持器

多路开关由程序指令轮流切换本系统三个被测回路与模数转换电路间的通路,以达到分时读取的目的。多路开关 AD7501 具有八路输入通道,一路公共输出。它由三条地址线 (A_0, A_1, A_2) 的状态及 EN 端来选择八个通道之中的任一路。采样保持器 AD583 用于数据采集与保持,使模数转换器在转换时维持在稳定状态。采样和保持受模数转换器工作状态线 STS 控制。

3.3 A/D 转换电路

模数转换电路分别将多路开关选通的三个模拟量转换成 12 位数字量,并行读入单片机内存。模数转换器 A/D574 具有三态缓冲电路,可直接与 8 位、12 位、16 位数据线相接口,有数据方式选择 $12/\bar{8}$, 片选 \overline{CS} , 字节选择 A_0 , 读/变换 R/\bar{C} 和片可能 CE 。用计算机控制,转换开始的标准操作,应是先置 $R/\bar{C} = 0$ (来自 $\overline{RD}/\overline{WE}$ 线) 用 $\overline{CS} = 0$ 选址,然后加正的脉冲到 CE 。数据读出时与上相同,只是 $R/\bar{C} = 1$ 。 A_0 和

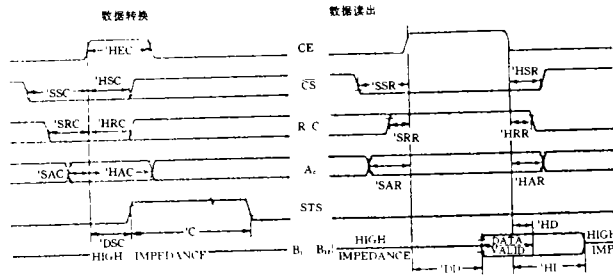


图 3 数据转换与数据读出控制时序

$12/\bar{8}$ 输入共同控制输出数据和变换周期。与 8 位单片机数据总线接口, $12/\bar{8}$ 控制信号必须接低电平。在这种方式下, A_0 取不同值, 在数据读周期, 数据是分两次读入单片机中。 A_0 为低, A/D 转换结果的高 8 位数据被送到数据总线上, A_0 为高, 低 4 位数据输出。以工作状态线 STS 与 P 27 相接(图 4) 作为与单片机的联络信号, 采用程序查询方式控制 A/D574 向单片机传送数据采用单极性输入方式, 模拟电压在 10V 范围输入最低位 $2.44mv$ 。启动转换与数据读出控制的时序(图 3)。

3.4 单片机控制电路

自动调光的控制核心电路为 INTEL 公司的 80C39 单片微型计算机。控制电路图 4 所示。80C39 是功能较强的 8 位机,在一个 40 管脚的芯片上集成了 8 位 CPU, 128 字节的数据储存单元, 27 根 I/O 接口, 一个 8 位的定时/计数器, 单一 5V 电源供电。有较丰富的指令, 其中 70% 为单一字节, 所有指令均为 1~2 周期。数据的传送主要采用总线的输入输出方式。作为输入方式, 由 \overline{RD} 信号, 将 A/D 转换的数字量无条件地读入单片机内存, 同时 \overline{RD} 信号与程序存储器的 Q_0 信号相或选择 74HC373, 将数控系统输出的六种摄影频率状态字(4 帧/秒、10 帧/秒、20 帧/秒、40 帧/秒、100 帧/秒、200 帧/秒)及密度盘限位状态由总线读入单片机, 摄影频率由本系统控制面板直接显示当前摄影频率, 光强光弱显示。作为输出方式, 由 \overline{RD} , \overline{WD} 读写信号, 经过整形作为 A/D 转换器的控制信号。P₁ 口的 P₁₄, P₁₅, P₁₆ 和 P₂ 口的 P₂₄, P₂₅, P₂₆ 输出驱动密度盘和快门步进电机三相六拍脉冲。

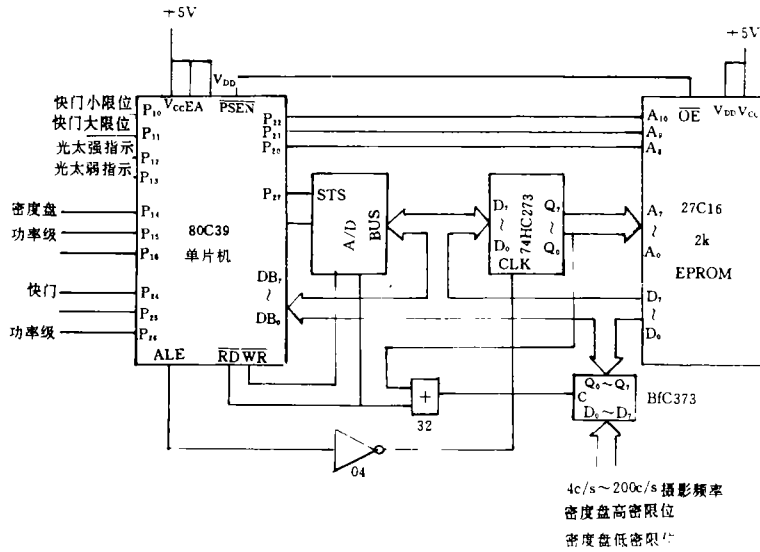


图 4 80C39 控制电路

80C39 没有片内程序存储器, 因而必须在片外扩展可编程只读程序存储器, 选用 27C162k 字节的 EPROM 和 74HC273 地址锁存器, 组成外接程序存储器, 此时, EA 必须接高电平, 由程序选通信号 \overline{PSEN} 选通。当单片机从片外读指令, 必须首先输出数据的地址。总线要输出地址, 又要输入/输出数据, 总线分时占用的选通信号为 ALE。这个信号为地址锁存允许信号。本系统所用地址锁存器是上升沿触发, 因此, ALE 信号反相后输入其时钟 CLK 端, 以保证下降沿(反相后为上升沿)时把总线上的地址锁存到 74HC273 中。P₁₀, P₁₁ 作为检测快门大、快门小限位输入口, P₁₂, P₁₃ 作为光强光弱指示的输出口。单片机参考频率 9M 晶振。

初始化
读快门角度
读快门限位
读标准曝光量
计算采样曝光量
计算曝光量误差

3.5 软件程序流程

摄影调光系统的软件是用 MCS-48 的指令编写的, 图 5 所示仅是主程序流程, 还编写了大量的模块化的子程序。如双精度乘法程序, 除法程序、双字节、单字节的加法和减法程序, 两个步进机脉冲驱动程序, 延时, 定时程序, 长短焦距的修正程序, (因每台仪器的长短焦距误差不同, 所

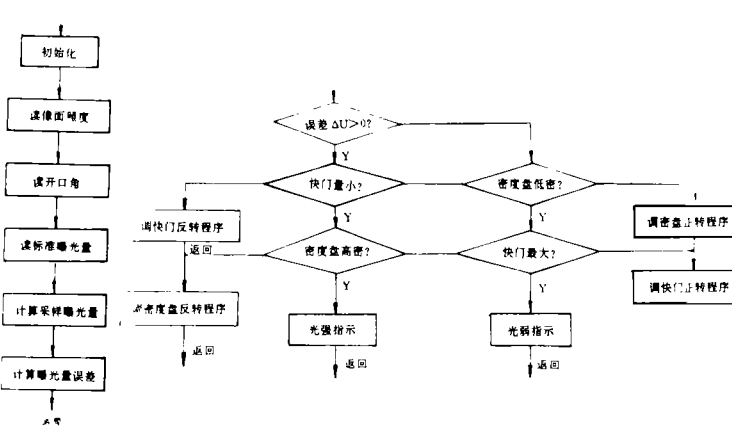


图 5 自动调光程序流程

以修正的值也不相同),系统误差修正程序,造成系统误差的因素如传动齿轮的间隙等。由于程序设计采用模块化,简化了主程序,使人机对话更为方便,就系统软件功能而言,通用性强,使系统控制更加灵活。

4 自动调光特点

整机接通电源,调光即可自动进行。因为曝光标准电压与胶片感光度及冲洗条件有关,当要求的密度值及冲洗条件确定后,曝光标准电压只与胶片感光度有关。胶片每差 $3DIN$,曝光量相差一倍。本调光系统不仅能补偿背景光的变化,也能补偿摄影频率的变化,即自动控制变密度盘又自动控制快门开口角的双重控制,使对背景光的自动补偿范围增加到 256 倍自动调光的调整精度,是以底片背景黑度值的变化量来衡量的。实测任务底片的密度值误差小于 10% 以下,(从低速到高速摄影或反之)。这种智能型调光不仅精度高,调整范围宽,而且简化了系统硬件结构增强控制功能增加了系统的稳定性,可靠性,并具有操作简便,温度特性好,抗干扰能力强等特点,本系统经过野外工作验证,一直稳定可靠,受到用户好评。

5 结束语

综上所述,摄影调光是集光、机、电、计算机为一体的自动控制系统。在国内同类型经纬仪的调光系统是比较先进的。

参考文献

[1]侯伯文等编著, *MCS-48 单片微型计算机*. 北京:北京工业大学微型计算机开发应用中心,1984

[2]王秀玲等编著, *微型计算机 A/D, D/A 转换接口技术及数据采集系统设计*. 北京:清华大学出版社,1984

Microprocessor Based Intelligent Automatic Light-tuning Control System for Camera in Cinetheodolite

Yu Huizhu, Wang Lan

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

This paper describes a kind of intelligent automatic Light-tuning system which is controlled by a single-chip microprocessor. In this paper, the A/D converter is used, two step motors are used to drive the variable density plate and shutter. The variable parameter control is realized by program instructions.

Key words: Single-chip microprocessor, Automatic light-tuning, Control system, Variable density plate