

跟踪测量电视的自动调光系统

王 岚 于惠珠

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130021)

摘要 介绍了一个实际应用的跟踪测量电视系统的自动调光部分。它采用视频信号的峰值加背景的混合信号调光方式, 在单片机控制下, 驱动步进电机带动密度盘进行调光。详细地叙述了自动调光系统的工作原理和电路的结构。

关键词: 自动光量控制系统; 电视跟踪器; 光量; 可调密度盘

1 引 言

自60年代以来, 我国研制的各种型号的靶场电影经纬仪, 均有自动调光系统。但当时采用的自动调光方法是把光敏电阻放在光学系统的光路中。把光敏电阻接收到的光信号转换成电信号, 与标准电压进行比较, 用得到的差值信号去控制电机带动密度盘转动。使摄影机得到较为合适的通光量。从70年代中期开始, 靶场光测仪器开始装备跟踪测量电视系统。实现了自动跟踪和实时测量。电视系统对自动调光的要求比摄影系统更高了, 用原来的光敏电阻方法很难将图像调到最佳。因为光敏电阻的光电转换精度有限, 动态性能差, 并且这种方式是开环的局部的背景调光, 不能把电视摄像机输出的视频信号调到最佳, 这就要影响电视跟踪系统的作用距离。另外, 过去的调光都是采用分立元件, 模拟信号经过放大驱动直流电机转动, 很难保证电视调光的精度要求。现在的跟踪测量电视自动调光系统淘汰了光敏电阻的调光方式, 从视频信号中提取控制信号, 把模拟信号进行数字化处理, 用单片机作为控制运算核心, 用步进机作为执行元件, 来达到自动调光的目的。

电视电影经纬仪在对空中飞行目标进行电视跟踪测量的过程中, 目标的姿态和背景不断地发生变化, 电视摄像机靶面的照度也随之变化。如果飞行目标的背景光很强, 则会造成视频信号的背景电平太高, 使采集到的电视图像发白, 图像对比度很差, 严重时还会因背景光太强而损坏摄像机靶面。如果背景光较弱时, 摄像机靶面的背景较暗, 采集到的电视图像就发黑、模糊不易被识别。因此没有电视调光系统是不可能保证跟踪测量电视系统正常工作的, 更谈不上电视跟踪测量的精度。电视实时跟踪运动目标时, 为了增加电视跟踪的动态范围, 保证测量精度和跟踪的可靠性, 跟踪测量电视系统必须要有一个精密的自动调光系统来保证摄

像机靶面的照度恒定，不受目标姿态和背景变化的影响。从而提高电视图像的清晰度和对比度。也就提高了有效的作用距离。

通常，跟踪测量电视的自动调光系统中采用了一对中性可变密度盘，来自动调节像机靶面的背景照度，中性可变密度盘实质上就是放在摄像机系统光路中的一对滤光片，这对滤光片的透过率是随转角按一定函数关系连续变化的，变化范围为 $2^\circ \sim 2^\circ 5'$ 倍，其透过率转角关系（见图 1）。

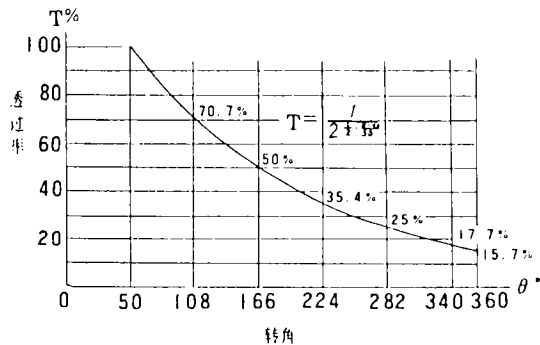


图 1 中性可变密度盘透过率曲线

跟踪测量电视的自动调光方法大致分为三种：

(1) 背景调光

从视频信号中提取背景电平，或把光电元件放置在光路中，这种方法比较简单，但是调光精度不够。

(2) 峰值调光

从视频信号中把被跟踪目标的信号提取出来用它的峰值电压进行调光。该信号能随物体的姿态变化而变化，但随着目标的姿

态、位置变化，目标背景也是不断变化的，所以单纯用峰值信号调光，背景光的变化不调，也达不到自动调光的精度要求。

(3) 混合信号调光

从视频信号中把被跟踪目标的特征信号和背景电平都提取出来。该混合信号能随物体的姿态变化，也能随目标的背景光变化，用这种混合信号调光是比较完善的。

2 跟踪测量电视的自动调光系统

(1) 系统的构成

自动调光系统由两部分构成，安装在摄像机靶面前边的光学机械部分，和安装在经纬仪托座侧面的自动调光的电器部分。

光学机械部分的中性可变密度盘通过齿轮与步进电机相连。其控制手钮装在自动调光操纵板上，中间通过联轴节与中性可变密度盘相连接。

电器部分包括，视频信号处理电路、多路开关转换电路、采样保持电路、A/D 模数转换电路、单片计算机控制电路、步进机驱动电路、太阳快门控制电路等。

(2) 系统工作原理

自动调光系统工作原理（见图 2），其中电压 U_0 为基准电压，它表示摄像机靶面的标准照度。另一电压为摄像机靶面的照度值采样电压 U_1 ，它是通过对全视频信号进行处理的电路获得的， U_1 与靶面照度成正比。

模拟电压 U_0 、 U_1 经过多路开关，按地址分时送到采样保持电路，由 A/D 模数转换器转换成数字量，读入单片机中进行运算，根据 $U_0 - U_1 = \Delta U$ ，计算出照度值误差 ΔU ，再根据 ΔU

的极性,由单片机送出单相六拍相序的步进机驱动脉冲,经功率放大驱动步进机,通过机械传动带动密度盘,向减少误差电压 ΔU 方向转动,来调整摄像机靶面照度,直到使靶面照度与给定的标准照度相一致。即: $U_0-U_1 \approx 0$,此时单片机送出全零信号,中性可变密度盘也处于静止状态。如果目标的姿态或背景光不断的变化,此调整过程也不断地进行,于是靶面的照度总是不断地被调整,以达到自动调光的目地。

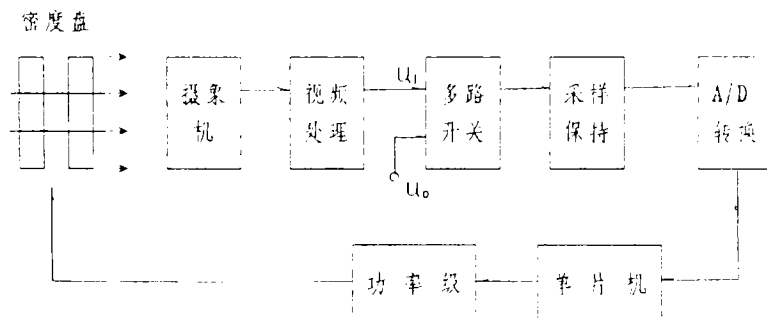


图2 自动调光系统方框原理图

电视调光的反应速度:要求在背景光亮度突然产生一个光圈的变化时,应在不大于1.2秒的时间内调整完毕。

3 部分电路的分析

对于电视调光,其关键问题是如何从视频信号中提取被测物体的特征信息和被测物体的背景信息,进行必要的处理,变换成我们所需要的数据。下面结合我们已经正式移交用户使用的电视调光系统,对部分电路进行分析。

(1) 视频信号处理电路

全视频信号含有幅度固定的同步脉冲,它在调光中属于没有用的信号,但它影响视频亮度信号的平均电压。因此,将全视频信号放大后,在输入到平均值检波器之前要作脉冲顶部箝位,用限幅器切除同步脉冲。由于电视摄取图像,必需取得目标与背景一定的反差亮度,才能识别与提取。故引入了对比度的概念。

$$C = (L_0 - L_B) / L_B$$

式中 L_0 —景物的亮度, L_B —背景的亮度。

视频处理可根据目标与背景反差程度规定门限电平 U ,将低于该电平的噪声信号切除掉。实验结果表明提取视频信号为0.5~0.7V较宜,不致于信号过弱或过饱和。状态设计起着重要作用,如为了增强对比度,往往需要切割一部分背景电平,突出目标信息,究竟保留多少背景电平合适,需因地制宜(如:经纬仪在沙漠地带测量或在海边测量背景电平是不一样的。需要通过实验来定)。这样就获得了有用的目标特征信号和背景电平信号。(见图3)一直流电压随背景光的起伏和目标姿态的变化而引起整幅画面的亮度变化。

目标特征信号和背景电平信号经过滤波网络后,求出信号的平均值,即直流电压。平均值检测实际上是一个低通滤波器,时间常数 $T = 0.15$ 秒,这因为本自动调光系统采用计算机

运算，控制变密度盘电机的转向、转速，所以对视频信号的平均值采用数字处理方法，即将模拟量转换成数字量。



图 3 视频信号处理电路

(2) 多路开关转换电路

从图 2 可知输入电压为两路。即视频信号平均值电压，和基准曝光量电压，它们共用一个模数转换电路。因此对两路电压进行转换时就有分时占用模数转换电路的问题，所以采用多路开关轮流切换输入电压与模数转换电路间的通道。

(3) 采样保持电路

A/D 模数变换中，采样保持电路对系统的精度起着决定性的影响，在模数转换过程中，需要一定的变换时间 τ ，也就是在 τ 时间内，应保证采样点的函数值不变，才能保证精度。(见图 4)

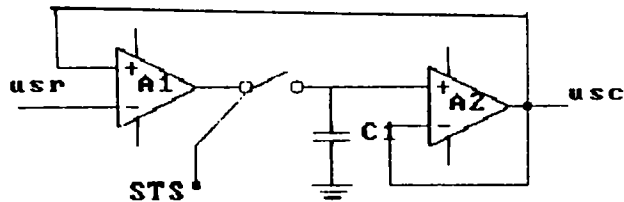


图 4 采样保持电路

采样保持电路通常由保持电容器、输出输入缓冲放大器、输入控制开关等构成。采样控制信号由 A/D 模数转换电路的 STS 端提供。

① 采样期间 STS 输出为高电

平，开关是闭合的， A_1 是高增益放大器，它通过开关给电容 C_1 快速充电。输出随输入变化， $U_{sc} = U_{sr}$ (采样)。

② 保持期间 STS 输出为低电平，开关断开，A/D 模数转换电路开始变换，由于 A_2 运算放大器输入阻抗很高，电容器将保持充电时的最终值。使 U_{sr} 记忆在电容上。

③ 经过 τ 时间，A/D 转换结束，STS 升高，又进行下一个采样周期。

保持时间大于转换时间，在保持模式中，采样保持电路的输出将保持在保持命令发出时的输入值。

4 A/D 模数转换电路

采用十二位并行 A/D 变换器，A/D 模数转换电路将模拟量转换成数字量，A/D 与单片机相连接，并由单片机给出 A/D 模数转换电路所需的控制信号。控制端 CS 用作地址输入，以便选择特定的器件。R/C 是选读和变换功能。CE 用作定时。(见图 5)

① 输入电压 0~10V。

② 由于是计算机控制，变换开始的标准操作应先置读变换 $R/C=0$ ，(来自 R/W 线)。用 $CS=0$ 选址，然后加正的脉冲到 CE。可以读时，置 $R/C=1$ ，其它控制与上面相同。(见

功能表)

- ③. 变换开始时 STS 变高, 可以读时 STS 自动置 0。STS 作为采样保持电路的采控端。
- ④. 因 80C39 单片机是八位机, 对于八位的数据总线 12/8 端接低电平。
- ⑤. 输出 12 位 (最低位为 2.44mv), A₀ 是字节选择端, 首先将 A₀ 置低电平, 高八位数据读入单片机内存, 再将 A₀ 置高, 读低四位数据。

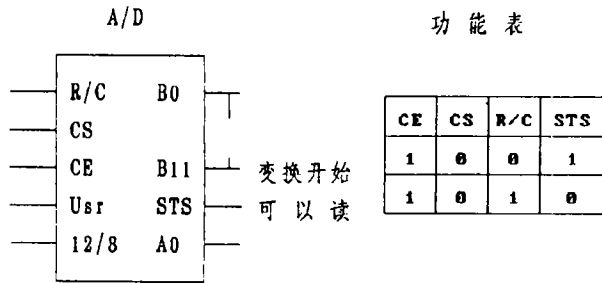


图 5 A/D 转换电路框图及其功能表

A/D 模数转换电路完成了将模拟量 U₀、U₁ 转换成并行的 12 位数字量, 送到单片计算机中。

5 单片微型计算机控制电路

单片微型计算机在跟踪测量仪器中得到广泛的应用, 是自动调光系统中的核心电路。它包括了硬件设计和软件两个方面, 视频信号与基准曝光量经过数字化后, 送到单片机进行处理及运算。对于不同的接口方式, 数据传送的方式也不同, 这里采用无条件传送方式, 在传送数据时, 已知外部设备是准备好的, 所以不需查询外设的状态, 在输入时直接用输入指令。

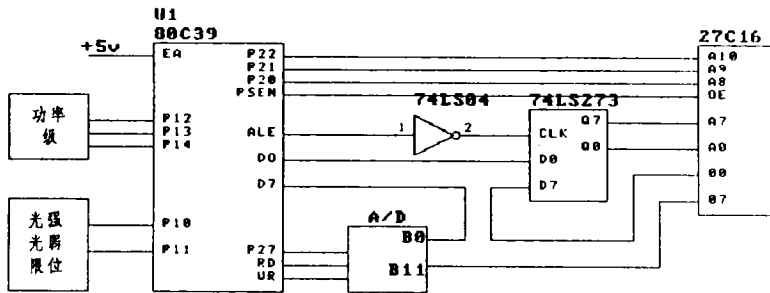


图 6 单片机控制电路

采用的单片机 80C39, CMOS 电路, 耗电低, 温度特性好。40 管脚封装双列直插式集成电路元件。它包括: 8 位 CPU。128×8RAM—数据存储器。27 根 I/O 接口引线。一个 8 位的定时/计数器。地址总线 (兼用 P₂₀—P₂₃ 和 BUS 总线), 数据总线兼用 BUS 总线 (D_{B0}—D_{B7})。控制线为 (ALE、PSEN、RD、WR、EA)。单片机参考频率采用 9M 晶振。

80C39 单片机没有内部 ROM, 而必需外接程序存储器, 这里选用 27C16 作程序存储器,

存储地址为 2K, 用 PSEN 选通。P₂₀、P₂₁、P₂₂ 作为高位地址线, 分别接 27C16 的 A₈、A₉、A₁₀ 点。EA 线接 +5V (因全部使用外部 ROM)。(见图 6)

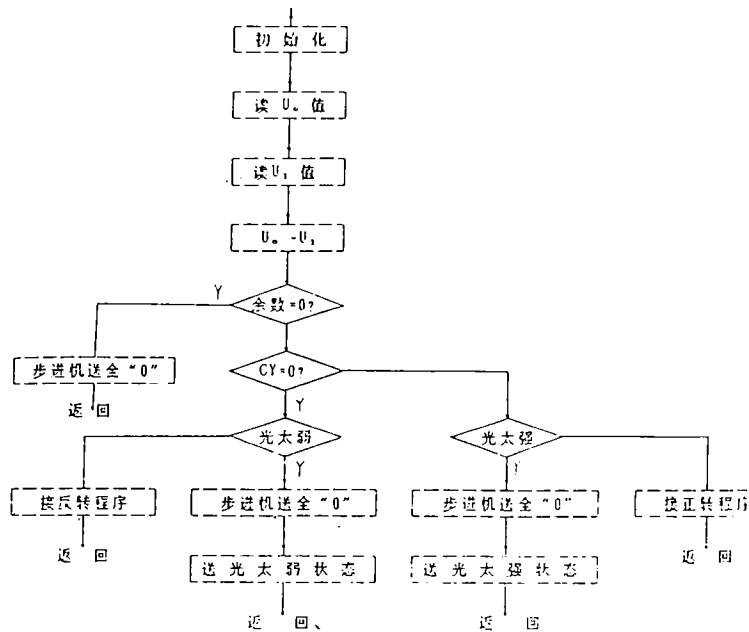
图中所用的地址锁存器为 74LS273, 由于该片上升沿触发, 因此 ALE 信号反相后, 输入其时钟输入端, 以保证在 ALE 下降沿 (反相后为上升沿) 时, 把总线上的地址锁存到 74LS273 中。如果用下降沿触发的锁存器则反相器可以省掉。

RD、WR 读写信号, 经过整理做为 A/D 模数转换器的控制信号。P₂₇ 读入采样保持电路的采控状态, P₁₀、P₁₁ 作为光强光弱限位输出。P₁₂、P₁₃、P₁₄ 输出单相六拍相序的步进机驱动脉冲。

在上述硬件电路设计的基础上, 配以应用软件, 实现以下功能:

- ① 单片机提供了所有硬件电路的控制信号。
- ② 完成了 $U_0 - U_1 = \Delta U$ 的运算。
- ③ 当 $\Delta U \neq 0$ 时送出步进机正转 (或反转) 相序。
- ④ 当 $\Delta U = 0$ 时, 步进机送全 "0"。
- ⑤ 当密度盘低密度限位时送光弱指示。
- ⑥ 当密度盘高密度限位时送光强指示。

6 自动调光程序流程图



7 太阳快门电路

为了保护摄像机,还设计了太阳快门自动保护电路。在晴空条件下,摄像机与太阳高角夹角小于 40° 时太阳快门自动关闭。从而保护了测量电视摄像机免受强烈太阳光直射而烧毁。

综上所述,跟踪测量电视自动调光是集光、机、电、微型计算机为一体的系统,它是移动式光电跟踪扑获系统不可缺少的一部分。本系统经过多年野外工作验证,系统工作稳定可靠,精度高,操作简便,用户给予了较高的评价。

参 考 文 献

- [1] 陈伟人编著,单片微型计算机原理及其应用. 清华大学出版社,1987
- [2] 侯伯文编著, MCS-48 单片微型计算机. 北京工业大学微型计算机研究开发应用中心,1984

An Automatical Light Control System of a TV Tracker

Wang Lan Yu Huizhu

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences,
Changchun 130021)

Abstract

An applied automatical light control system of a TV tracker including its working principle and structure is presented in this paper. The light quantity is controlled by a mixed signal composed of the peak value and the background level of a video signal. A single chip computer is used to control a stepping motor driving a variable-density plate.

Key Words: Automatical light control system, TV tracker, Light quantity, Variable density plate