

# 面阵CCD摄像机物镜光轴与 传感器交点坐标的检测

贾 平

**摘要:** 本文以面阵CCD摄像机XC-77CE为例,介绍了其物镜光轴与CCD传感器交点坐标的检测方法。由于将视频信号相邻两场为一帧处理,使测试分辨率与CCD传感器本身的分辨率相当,水平方向上精度可达 $\pm 1.5$ 个象素,垂直方向上为 $\pm 0.5$ 个象素。

## 一、前 言

随着超大规模集成技术的迅速发展,CCD图像传感技术日趋成熟,其应用已遍及航天、遥感、工业、农业、天文及军事领域。面阵CCD摄像机在近几年的发展更快,美国、日本、法国、西德、英国等已相继推出适于各种用途的相应产品。例如,日本松下电器公司研制的WV-CD1,1/2in面阵彩色CCD摄像机,在工业上可用于检查印刷电路板成品,在医疗上适用于摄像及监视外科手术与治疗,其摄像镜头直径仅为2/3in,长度在2in以下,重量仅为20g,水平分辨率达到330电视行。

面阵CCD摄像机由物镜和CCD图像传感器及处理电路两个部分组成。在测量电视中,当物镜与CCD传感器进行装配时,要求物镜的光轴与CCD传感器的交点同传感器中心象元重合,以保证严格的坐标关系,便于图像的畸变修正及处理。为此,在进行装配时,用平行光管发出的平行于物镜光轴的平行光束投射到物镜上,通过对摄像机视频信号进行处理,检测出由物镜所成的象点在CCD传感器上的二维坐标,即光轴与传感器交点的坐标位置,调节CCD传感器的位置,使象点落在CCD传感器的中心象元上,达到物镜光轴与CCD传感器交点同中心象元重合的目的。

## 二、设计思想

由于物镜对平行光成像后落在CCD传感器上的象点的直径在几个象素以上,如图1所示,因此需要对边缘处理获得其中心所在的坐标位置。

显然,象点中心在与CCD传感器的行和列平行的直径 $AB$ 、 $CD$ 的交点上。只要将 $A$ 、 $B$ 两点所在的坐标位置记录下来,可以计算出中心的坐标位置。采用四个计数器,在一场扫描后,两个计数器将 $C$ 、 $D$ 两点所在的行数记录下来,在扫描过程中,用两个计数器将扫描行上象点边缘两点所在的列数记录下来,并存贮在RAM中。这样,一场扫描结束后,将 $C$ 、 $D$ 两点所在的行数相加被2除,得出直径 $AB$ 所在的行数,再将该行上边缘两点的列数取出,相加被2除,计算出中心所在的列数。

但是,由于我们采用的是隔行扫描的工作方式,CCD传感器将图像信号分为奇数场和偶数场向外传输,每场的信息是摄像机摄取的图像信息的一半,若仅对一场中的信息进行处

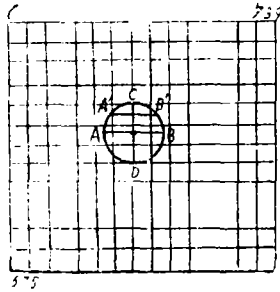


图1 平行光在CCD上的成像

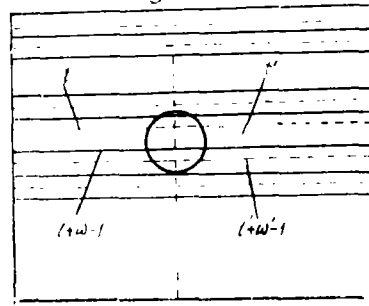


图2 帧扫描示意图

理, 所得结果在垂直方向上只是 CCD 传感器分辨率的一半, 因此需对相邻两场进行合并, 作为一帧处理, 才能使隔行扫描方式下的测试分辨率等同于 CCD 传感器本身的分辨率。下面提出了一种解决该问题的方法。

如图 2 所示, 一光点在 CCD 上的成像情况, 以电视扫描的方式表现出来, 实线和虚线分别代表相邻两场的扫描线。记录结果为  $l$ 、 $l'$ 、 $w$ 、 $w'$ ,  $l$ 、 $l'$  分别代表在本场中光点上沿所在的行数,  $w$ 、 $w'$  分别为在本场中光点在垂直方向上所占的扫描行数。

实线为偶数场扫描线时, 在一帧中偶数扫描行先扫描光点上沿, 可以证明  $l' > l$ ; 实线为奇数场扫描线时, 可得  $l = l'$ 。显然, 以上的结论是可逆的, 因此有如下结论:

当  $l = l'$  时, 光点上沿在帧中的行数为  $2l - 1$  或  $2l' - 1$ 。

当  $l > l'$  时, 光点上沿在帧中的行数为  $2l'$ 。

同理, 当  $l + w - 1 = l' + w' - 1$  时, 光点下沿在帧中的行数为  $2 \times (l + w - 1)$  或  $2 \times (l + w' - 1)$ 。

当  $l + w - 1 > l' + w' - 1$  时, 光点下沿在帧中的行数为  $2 \times (l + w - 1) - 1$ 。

这样, 通过对相邻两场的记录结果进行处理, 可以确定出光点上、下沿在帧中的行数, 相加除 2 就是光点中心在帧中的行数。而水平方向上光点中心的位置在场和帧的情况下是相同的, 不难计算出光点中心所在的列数。

### 三、软、硬件设计

#### 1. 摄像机 XC-77CE 简介

XC-77CE 是由日本索尼公司研制的一种高分辨率黑白面阵 CCD 摄像机, 它具有如下特点:

(1) 分辨率高,  $756(H) \times 581(V)$  像素 [ $560(H) \times 575(V)$  TVL]。(2) 高灵敏度和信噪比,  $400LUX/F4$  (带红外滤光片),  $50dB$ 。(3) 体积小、重量轻,  $44(w) \times 29(H) \times 107(D)mm^3$ ,  $190g$ 。(4) 内/外同步。(5) 帧/场积分。(6) 异步摄像。(7) 隔行/非隔行扫描。

摄像机 XC-77CE 所用的 CCD 传感器基本组成如图 3 所示。每行有 816 个像素, 每列为 606 个像素, 共 494, 496 个像素, 其中有效像素为  $756(H) \times 581(V)$  个像素。光传感器将入射光转换成与光强成正比的信号电荷, 然后读入到寄存器中, 串行地传送到输出部分。移位寄存器分为水平和垂直两种, 垂直移位寄存器有 816 列, 而水平移位寄存器仅有 1 行。光传

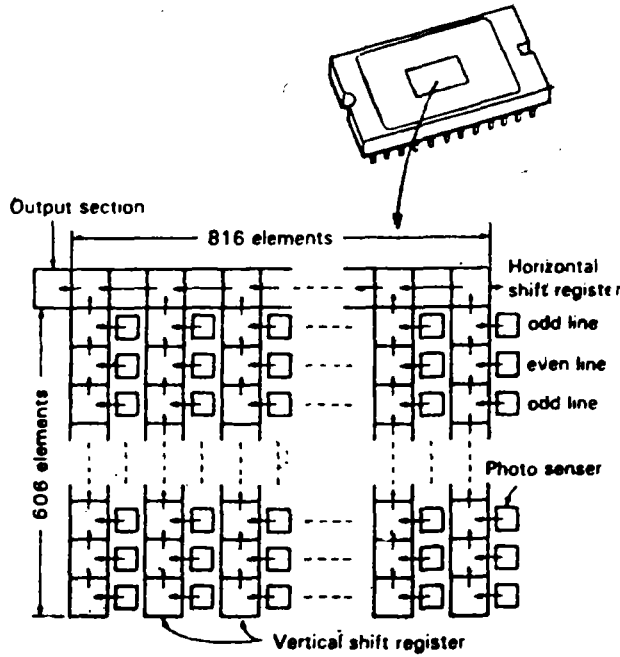


图3 CCD<sub>n</sub>传感器组成

传感器转换的电荷以场频传送到其对应的垂直移位寄存器中，然后在时钟 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$ (行扫描频率HD)的驱动下，串行地传送到水平移位寄存器中，水平移位寄存器在时钟 $H_1$ 、 $H_2$ 的驱动下，将电荷传送到输出部分，输出部分将电荷转换成电压进行输出。

在我们国家的电视体制中，采用隔行扫描的工作方式，摄像机XC—77CE输出的视频信号与CCD传感器象元分布的对应关系如图4所示。可以看出，虽然CCD传感器的有效象素为756个，但在视频信号中所对应的仅有739个，而奇数场和偶数场中，在视频信号中所对应的为287.5行，即一帧中对应CCD传感器象素中的575行。可见在视频信号的一帧中CCD中心象元在第287.5行，第369.5列上。

### 2. 电路原理

电路原理如框图5所示。整个系统由一片单片计算机MCS—51控制及进行数据处理，最终用六位数码显示管实时地将光点中心所在的行和列显示出来。

如图4可知，行同步信号HD的周期为 $64\mu s$ ，同步脉冲宽度为 $6.77\mu s$ ，因此，用于行计数的两个计数器可以使用单片机上提供的两个16位计数器。而用于列计数的两个计数器则不同，要求其计数时钟要与每个象素相对应，时钟周期为 $70.5ns$ ，只能通过硬件计数来完成。

程序存储器(EPROM)存储系统控制和数据处理程序，数据存储器(RAM)用于实时地存储两个列计数器的内容。可编程接口将单片机与显示器联接起来，译码器根据不同的地址选通不同的信号来控制数据的读取以及进行复位等操作。行、列控制寄存器控制行、列计数器的整个工作过程。数据寄存器暂存列计数器的结果，保证单片机控制列计数器以准确的时序工作，并及时将列计数器内容存储起来，解决了单片机速度跟不上的问题。

#### (1) 行计数部分

行计数是由行控制寄存器控制单片机上的两个计数器来完成的，行控制寄存器的输入信号有场同步VD、单片机控制信号 $P_{17}$ 和从视频信号中提取出来的图像脉冲信号VS。其输出与输入信号的逻辑关系为：

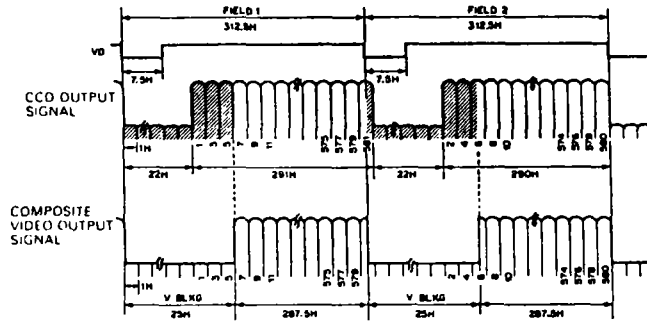
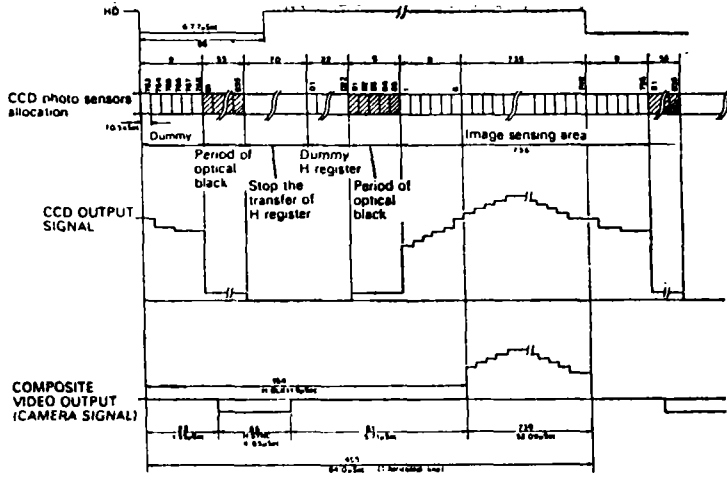


图4 视频信号与CCD象元分布

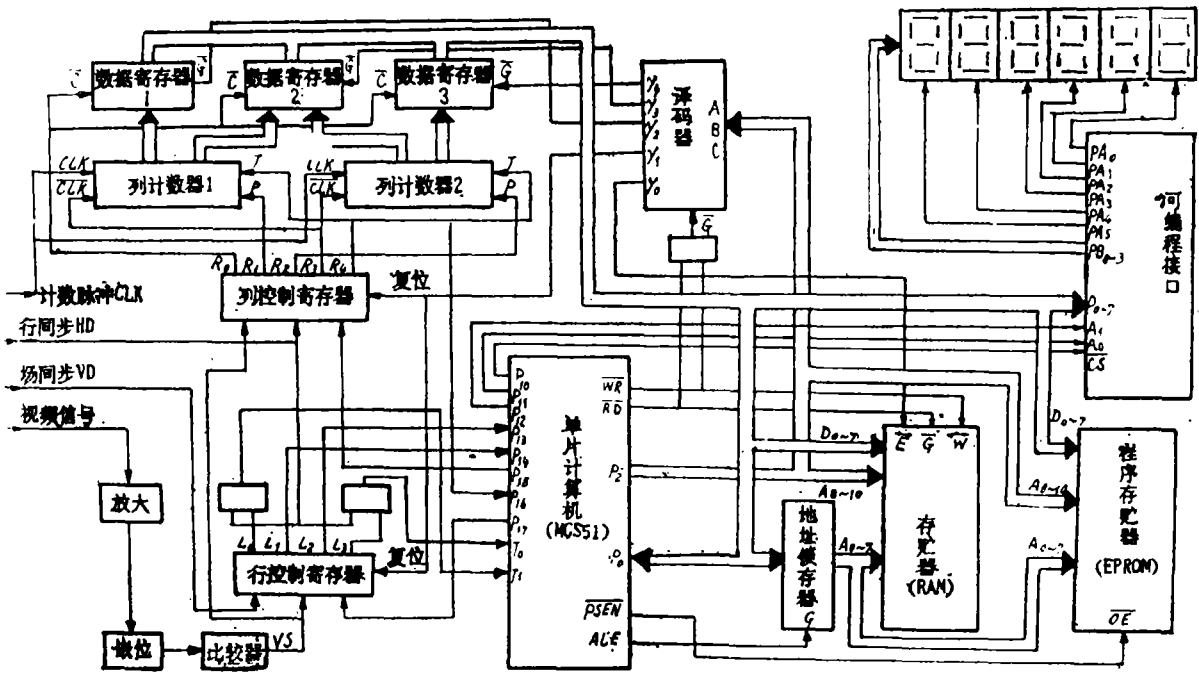


图5 电路原理框图

$L_0$ : 光点下沿计数控制位。当  $P_{17}$  的上升沿到来后的第一个场同步  $VD$  的上升沿到来时为高电平, 直到下一个场同步下降沿的到来, 否则为低电平。

$L_1$ : 场结束标志位。对某场计数时为低电平, 当下一场同步下降沿到来时为高电平, 表明一场计数结束。

$L_2$ : 计数状态标志位。高电平时表明正在计数, 否则未计数。

$L_3$ : 光点上沿计数控制位。当  $P_{17}$  的上升沿到来后的第一个场同步上升沿到来时为高电平, 直到光点图像脉冲信号  $VS$  的上沿到来, 否则为低电平。

在每次计数以前, 单片机发出复位信号, 使  $L_0L_1L_2L_3$  为 “0000”, 单片机  $P_{17}$  给出启动计数脉冲后的第一场, 行计数器便进入计数状态, 首先  $VD$  的上升沿一到,  $L_0$  和  $L_3$  输出高电平, 使  $T_0$  和  $T_1$  开始计数。  $T_0$ 、 $T_1$  以行同步作为计数脉冲, 当扫描到光点上沿时,  $L_3$  输出低电平,  $T_0$  停止计数, 下一场同步下降沿到来时,  $L_0$  输出低电平,  $T_1$  停止计数, 这时  $T_0$  的内容是光点上沿在该场中的行数,  $T_1$  的内容是光点在垂直方向上的直径所占的扫描行数, 由此可以计算出光点中心的行数。行计数部分的工作时序如图 6 所示。

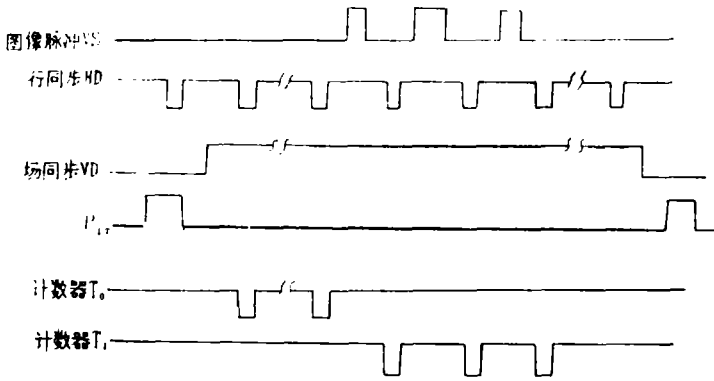


图 6 行计数工作时序

### (2) 列计数

两个列计数器实时地将光点在水平方向上的边缘两点所在的列数记录下来 (列计数器 1 记录先被扫描的点), 并存贮在 RAM 中, 用于最后的计算。两个列计数器在列控制寄存器控制下工作, 其输出与输入信号的逻辑关系如下:

$R_0$ : 数据锁存控制位。当  $P_{15}$  为高电平, 且行同步信号  $HD$  的下降沿到来时为高电平, 允许列计数器当前的内容锁存到数据寄存器中。当  $P_{15}$  下降沿到来时,  $R_0$  为低电平, 数据寄存器内容保持不变。

$R_1$ : 列计数器 1 允许计数位。当  $P_{15}$  为高电平时, 图像脉冲  $VS$  的上升沿置  $R_1$  为高电平, 允许列计数器 1 工作, 当  $P_{15}$  为低电平时,  $R_1$  为低电平, 禁止计数。

$R_2$ : 列计数器 2 允许计数位。当  $R_1$  为高电平且图像脉冲信号  $VS$  的下降沿到来时, 置  $R_2$  为高电平, 允许列计数器 2 工作, 当  $P_{15}$  为低电平时, 置  $R_2$  为低电平, 禁止计数。

$R_3$ : 清零位。当  $P_{15}$  为低电平时, 置  $R_3$  为低电平, 对列计数器 1 和 2 清零, 否则  $R_3$  为高电平

$R_4$ : 列计数器允许计数位。当  $P_{15}$  为低电平时,  $R_4$  为高电平, 允许列计数器 1 和 2 工作, 否则  $R_4$  为低电平, 禁止计数。

从第一行扫描开始，列计数器便开始工作，扫描行中若无图像信号，则两列计数器内容为零存贮到RAM中，当有图像信号时，在上一行的行同步结束时，将上一行列计数器1、2的内容锁存到三个数据寄存器中，然后清零列计数器1和2，直到图像脉冲信号的上沿到来

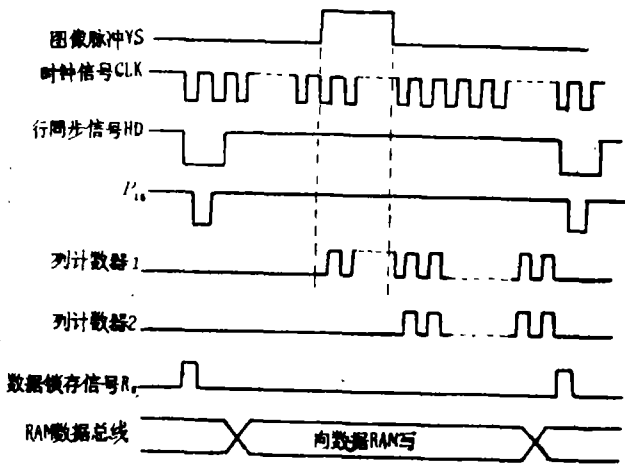


图7 列计数的工作时序

时，列计数器1开始计数，下沿到来时列计数器2开始计数，该行的行同步下降沿到来时，都停止计数。继续重复以上的过程，直到一场结束，一场中每行的列计数内容在下一行扫描过程中，存贮到RAM中。列计数器的工作过程可参照图7。

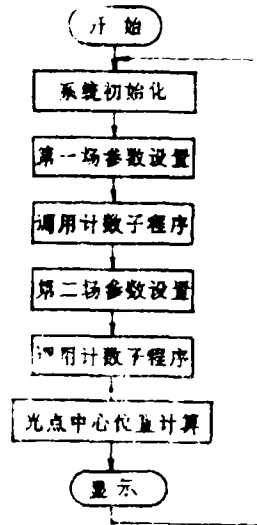
### 3. 软件设计

由于系统采用单片机控制，很大一部分工作由软件来完成，使电路大大简化，软件流程如图8所示。

由于摄像机以隔行扫描方式工作，为了保证测试精度，需记录相邻两场的内容，然后进行处理，得出光点在一帧中的中心位置，这样的处理与场处理相比垂直方向上的分辨率提高了一倍。在主程序中，场参数设置指列计数器内容存贮起始单元地址的设置。

在计数子程序中，系统复位将行、列控制寄存器置成准备工作状态，同时将行、列计数器清零，随后启动系统工作。场同步一到，行计数器开始工作，直到一场结束，列计数器将扫描行中光点边缘两点所在的列数记录下来，行扫描结束，由硬件逻辑将列计数器内容锁存到数据寄存器中，在下一行扫描过程中进行读取和存贮。为了保证下一行中列计数器正常工作，上一行刚结束，就要对列计数器清零，并启动工作，所有这些操作要在行同步脉冲时间 $6.7\mu s$ 内完成。数据寄存器的设置

主程序：



计数子程序：

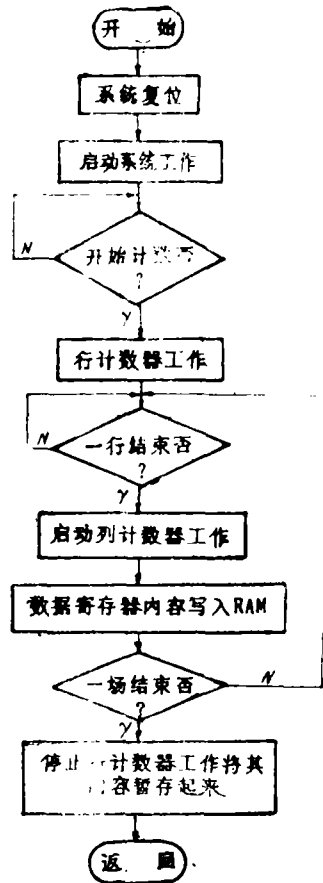


图8 软件流程图

使上一行列计数器内容的读取、存贮可在下一行完成，使列计数器的启动、读取及存贮操作分开，解决了单片机速度跟不上的问题。一场结束后将行计数器内容存贮到单片机内部RAM中，以便下一步的数据处理使用。

#### 四、结 束 语

通过以上分析可以看出，该测试系统可以实时地将成像在面阵 CCD 摄像机上的光点坐标位置进行输出显示。由于采用了单片机控制使电路简化，在进行摄像机物镜光轴与 CCD 传感器交点坐标位置的检测时，将相邻两场合并成一帧处理，测试分辨率等同于 CCD 传感器本身的分辨率。影响测试精度的主要因素是光点图像脉冲信号的上、下沿宽度，由于在电路中采用特殊的芯片和处理方法，将其上下沿宽度控制在一个象素对应的时钟脉冲之内，使精度提高。实验结果表明，水平方向上的测量精度可达 $\pm 1.5$ 个象素，垂直方向上为 $\pm 0.5$ 个象素。

#### The Coordinate Measurement of Crossing Point Between the Optical Axis of Area CCD Camera Lens and Sensor

Jia Ping

#### Abstract

This paper introduces a coordinate measurement method of crossing point between the optical axis of its lens and CCD sensor using a XC-77CE CCD camera as an example. Because the two fields in video signals are processed in frame, the measurement resolution is equal to that of the CCD sensor. Horizontal measurement accuracy is  $\pm 1.5$  elements and vertical is  $\pm 0.5$  elements.