

应用技术

线阵 CCD 技术在测量植物生长量方面的应用

魏军利^{1,2}, 宋良图¹

(1. 中国科学院合肥智能机械研究所, 安徽合肥 230031; 2. 中国科学技术大学, 安徽合肥 230026)

摘要: 为了能够自动测量植物生长增量, 采用了一种基于激光准直光源加线阵电荷耦合器件(CCD)的光路结构, 提出了一种用数字电位器来控制二值化电路的方法。基本原理是将被测物体投影在线阵 CCD 上, 通过分析和比较 CCD 视频输出信号, 将 CCD 像元的空间序列转换成电压的时间序列。由此得到感光像元的个数, 进而计算投影尺寸得到被测物体的高度。实验结果验证了该系统可靠且实用。

关键词: 电荷耦合器件; 二值化; 数字电位器; 浮动阈值

中图分类号: TP216 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-9787(2006)12-0073-03

Application in measuring plant growth increment with a linear CCD technology

WEI Jun-li^{1,2}, SONG Liang-tu¹

(1. Hefei Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China;

2. University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: For automatic measuring the plant growth increment, a optical architectonics based on laser collimating light source and linear CCD is adopted. A method of controlling binarization circuit with digital potentiometer is proposed. The main is projecting the object on linear CCD and transforming the spacial series of CCD pixels into the time series of corresponding voltages by analyzing and comparing the output signals of CCD video. The number of the sensitized CCD pixels is got, the height of the object is obtained by calculating the size of projection. The experimental results demonstrate the availability and practicability of this system.

Key words: charge coupled device(CCD); binarization; digital potentiometer; fluctuated threshold value

0 引言

近年来, 各种线阵 CCD 测量系统大量出现, 并广泛应用于非接触式检测、光谱探测以及高速检测等领域。由于 CCD 传感器具有自扫描、高灵敏、低噪声、长寿命、低功耗和高可靠等优点, 因而, 一直受到人们的高度重视, 发展十分迅速^[1]。

本文要讨论的是非接触式检测植物生长增量, 将这个参数作为整个农业信息采集系统的一路信息^[2], 也即用线阵 CCD 作为检测植物生长增量的传感器。由数据采集系统将植物的生长信息传递给农业信息数据库, 为农业专家系统提供有效可靠的数据。其中, 在整个系统中起关键性的是对 CCD 视频信号处理中比较器阈值的设计, 本文提出了一种用数字电位器来控制浮动阈值的方法, 这种方法操作简单、易于实现, 取得了较好的效果。

1 测量原理及系统构成

1.1 基本原理

基本原理是用平行光源来照射植物, 使其投影在 CCD

上, 倘若平行光准直度很理想, 阴影的尺寸就代表了待测目标的尺寸^[3]。在植物边缘处由于强烈的明暗对比而使 CCD 感应出差度很大的电荷, 从而表现出不同的电压幅值, 然后, 用一阈值和 CCD 的输出比较, 将感光 and 没有感光的像元划分成不同的逻辑电平, 从而可以检测出感光像元的个数, 由此可以测量被测物体的高度。每隔一定的时间测量一次, 相邻两次测量值之差就是植物在这段时间间隔内的生长增量。

1.2 系统构成

整个系统由平行光路、线阵 CCD 及驱动电路、二值化与计数显示电路和 D/A 转换电路等组成, 最后, 可以得到标准的 0~5V 的模拟信号输出。系统框图如图 1 所示。

1.2.1 CCD 和光源

用 650 nm 固体激光器产生的激光作为系统的平行光源来照射植物使其投影在 CCD 上。为了屏蔽掉自然光等杂光的影响和提高系统的抗干扰能力, 需要用到带宽较窄的带通滤波器, 同时, 激光的强度远远超过 CCD 饱和时所

达到的照度值,而 CCD 不能工作在饱和状态,因此,也需要用到衰减片来降低照射到 CCD 像元上的光强度,使 CCD 工作在合适的区域。CCD 采用东芝公司的 TCD1251UD,该器件是一种高灵敏度、低暗电流、2700 像元的线阵 CCD 图像传感器,像元间距为 11 μm(相邻像元中心距为 11 μm),它把光强的空间分布转换成电压的时序信号。

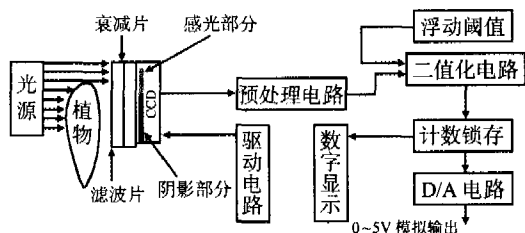


图 1 系统框图

Fig 1 System block diagram

1.2.2 电路

CCD 所需要的驱动电路可以用 8MHz 的脉冲源经过分频和触发等电路来产生,包括像元同步脉冲(CCD 的驱动频率)和行同步脉冲(CCD 的积分时间)。预处理电路就是将 CCD 信号放大、滤波、以及消除噪声干扰等电路。CCD 输出的信号基本上分为两类,较高的电压和较低的电压,对应着感光 and 没有感光的像元,二值化电路就是用一个阈值和 CCD 的输出比较来确定感光像元的个数,采用浮动阈值来作为比较器的输入端,浮动阈值使电压比较器的阈值电压随测量系统的光源或随 CCD 输出视频信号的幅值浮动^[4]。这样,当光源强度变化引起 CCD 的视频信号起伏变化时,可以通过电路将光源的变化反馈到阈值上,从而保证测量的精度。比较器输出的高电平是 CCD 感光像元个数在时间上的反映,对这段时间以驱动频率计数,这样,计数器输出的就是感光像元的个数,将得到的数据送到数字显示电路,就可以知道有多少个像元被感光了。图 2 和图 3 分别表示浮动阈值和二值化电路图与波形图。

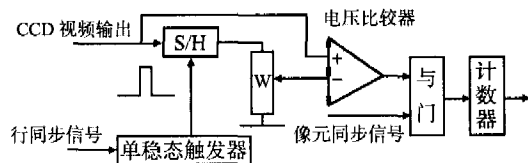


图 2 浮动阈值和二值化电路原理

Fig 2 Principle diagram of fluctuated threshold value and circuit of binarization

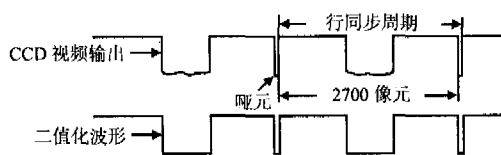


图 3 二值化波形图

Fig 3 Binarization wave curves

比较器的阈值设计在整个系统中占有比较重要的地

位,因此,选择 W 为按键式数字电位器,取代传统的机械式电位器,具有按钮控制、线性输出、调节准确和方便等特点,电位器的滑动臂位置由按键决定,且其位置数据可保持在非易失性的 EEPROM 中,并且,按键可以装在仪器面板上,这样可以方便地调节和调试比较器的反相输入端,在使用过程中,可对不同的使用情况进行相应的调节,为了控制输入信号的抖动和噪声影响,在数字电位器的控制端加上触发器,按键由不可重复触发的单稳态触发器来锁存,以防止由于按键抖动和重复动作等问题引起的按键次数及输出值与预测值不符的情况发生。由于数字电位器有分辨力限制,用一个数字电位器调节其分辨力达不到要求,可以用 2 个数字电位器级联来组合成一个高分辨力的电位器,按键锁存和电位器级联原理见图 4。

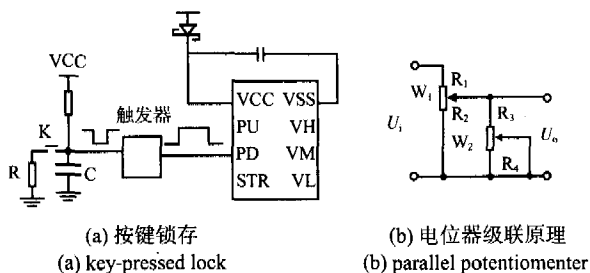


图 4 按键锁存和电位器级联原理

Fig 4 Key-pressed lock and parallel potentiometer

电路采用 D/A 转换得到 0 ~ 5 V 标准信号。在本系统中,没有将计数器输出的数据以数字量直接与计算机相连接而是将其转换成标准的模拟量输出,有 2 个原因:一是所得到的数据是整个信息采集系统的一部分,而且,每隔相当长的一段时间(植物生长的速度比较慢,需要一定的时间传感器才能分辨出来)测量一次,将其作为传感器是合适的,这样,可以将它适用于任何能支持标准形式的数据采集系统中,而不占用整个系统的通道;二是由于被测量物体是植物,很多时候测量点在田间,受地理条件的限制,不便与计算机连接。这样做的缺点是将本来是数字量的输出结果经过 D/A,然后,再经过采集系统的 A/D 还原,虽然理论上只要要求采集系统的 A/D 转换的分辨力大于或等于 D/A 转换的分辨力,经过 D/A 和 A/D 后输出应该是一样的,但实际上存在各种干扰和不定因素,会使最后的测量结果与先前的有一定的误差,可以用多次测量求平均值来减少误差。由于 CCD 有 2700 个像元,所以,至少需要选择 12 位的计数器,D/A 的位数和计数器的一样,都选择 12 位的芯片(CD4040 和 AD7541),需要将输出转变为标准的 0 ~ 5 V 信号,即当计数器输出为 0 时,D/A 输出为 0 V,当计数器输出为 2700 时,D/A 输出为 5 V,由于 D/A 转换受其参考输入端控制,需要计算参考端的电压,当计数器输出全部为高电平时,D/A 输出参考电压值 V_{REF} ,可得

$$V_{REF} = (4096/2700) \times 5 = 7.585 V$$

2 软件设计

由采集系统将 0 ~ 5 V 的模拟信号转换成数字量,再折

算成对应感光像元的个数,用 2700 减去感光像元个数,就是没有感光像元的个数,用它乘以每个像元的宽度 ($11\ \mu\text{m}$),就得到被测物体的高度,以一定的时间间隔(如几个小时)来测量植物,这样,前后 2 次测量的差值就是这个间隔内植物的生长量。设 CCD 输出的高电平持续时间是 T ,每个像元宽度是 A ,像元同步信号的频率是 F ,感光像敏元的个数是 M ,CCD 总的像元个数是 R ,待测植物的高度所对应的像元个数是 H ,可以用如下的公式来表示为

$$M = T \cdot F, \quad (1)$$

$$H = R - M. \quad (2)$$

若以 $t_k = t_0 + k\Delta t$ 表示测量时间序列; t_0 为初始测量时刻;可赋值为 0,在每个时间点上进行测量,令 $H(t)$ 为在 t 时刻的测量值,则

$$\Delta H_m^n = H(t_n) - H(t_m), \quad (3)$$

可表示在 $(n-m)\Delta t$ 时间间隔内植物生长所对应的像元个数,由于每个像元的宽度是 A ,则在 $(n-m)\Delta t$ 时间段内植物的生长量为 $A\Delta H_m^n$ 。

实验表明:被测目标的实际尺寸 L_x 和对应的像元数 N_x 间满足下列关系^[5]

$$L_x = K \cdot N_x + b, \quad (4)$$

式中 b 为测量中的系统误差,通过 2 次标定就可以确定 K 和 b 值。在被测位置上放已知尺寸为 L_1 和 L_2 的标准块,通过采集系统测得相应的 CCD 像元数 N_1 和 N_2 ,则由式(4)可得

$$L_1 = K \cdot N_1 + b, \quad (5)$$

$$L_2 = K \cdot N_2 + b. \quad (6)$$

由式(5)和式(6)可推算出 K 和 b 为

$$K = (L_2 - L_1) / (N_2 - N_1),$$

如果 $N_2 > N_1$,则

$$b = L_1 - K \cdot N_1.$$

当测得被测物体像元数为 N_x 时,被测尺寸 L_x 为

$$L_x = K(N_x - N_1) + L_1. \quad (7)$$

采用二次标定法可以消除系统误差的影响。

3 实验结果及需要讨论的问题

3.1 实验结果

在普通光环境中,3 个标准的物体测量数据如表 1。

表 1 实验数据

Tab 1 Data of experiment

标准值(mm)	测量值(mm)	误差(mm)
10.000	9.944	0.056
7.560	7.513	0.047
3.120	3.179	0.059

由实验结果表明:该系统可以用来测量植物生长增量且满足要求。

图 5 是在实验过程中由示波器观测到的 CCD 视频输出经过二值化处理前后的对比图。(a)中低电压值部分表

示没有感光或者微弱感光的像元所对应的电压值,这些值不为零,它们包括由暗电流和噪声等干扰所造成的影响,从高电压部分到低电压部分虽然很陡峭,但不是一个突变的过程,是一个连续的模拟曲线;(b)是二值化后的 CCD 视频输出,它只有 2 种取值:高电平和低电平,由高电平到低电平的变化是一个突变的过程,而且,(a)中低电压值部分被处理为零,这样,高电平部分代表感光像元,低电平部分代表没有感光的像元。

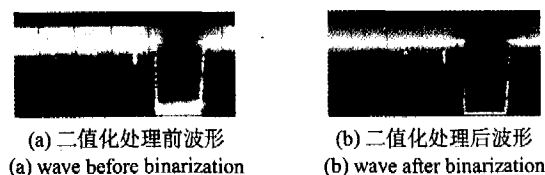


图 5 波形图

Fig 5 The wave before and after binarization

3.2 讨论

影响系统精度的因素主要有以下几个方面:(1)平行光源的准直度,由于使用半导体激光器做准直光源,这里的误差将很小;(2)CCD 和光源的距离,虽然采用激光作为准直光源,但也存在一定的发散角,因此,在测量时,尽量将植物与 CCD 接近,可以降低误差;(3)滤波片的半带宽越小,杂光干扰越小;(4)比较器阈值的选择,通过实验在系统标定时调节阈值,使上述的 b 最小;(5)D/A 转换所带来的误差。

由于被测量是植物的生长增量,植物生长虽然较慢,但其高度总是增加的,总有机会超过 CCD 的高度,为了适应这种变化,需要一种动力机构来抬升 CCD,使植物的最高端总是在 CCD 的测量范围之内。

4 结论

论述了采用 CCD 技术进行非接触动态测量植物生长的方法,使该系统作为整个采集系统的一个传感器。本系统具有硬件简单、成本较低、可靠实用等特点,在农作物信息采集系统中有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] LI Kai-ming. Study on measuring instant taneous planar motion of rigid body with a linear CCD[J]. SPIE,2000,(3558);345-346.
- [2] 裘正军. 基于 GPS, GIS 及虚拟仪器的精细农业信息采集与处理技术的研究[D]. 杭州:浙江大学,2003. 52-54.
- [3] 蔡文贵. CCD 技术及应用[M]. 北京:电子工业出版社,1992. 42-46.
- [4] 王庆有. CCD 应用技术[M]. 天津:天津大学出版社,2000. 120-122.
- [5] 王伟,邵德奇. CCD 信号处理技术及其在长度测量中的应用[J]. 光电工程,1999,(6);56-58.

作者简介:

魏军利(1980-),男,内蒙古鄂尔多斯人,硕士研究生,主要研究方向为农业信息采集与检测,嵌入式系统开发。