

· 工程应用 ·

18 106-III

电荷耦合器件的自适应电路

Charge Coupled Devices Self-adaptive Circuit

吴福杰

Wu Fujie

杨正才

Yang Zhengcai

侯振程

Hou Zhencheng

TN386.5

(重庆大学电气工程系, 重庆, 630044; 第一作者 32 岁, 男, 硕士)

A 摘要 介绍了电荷耦合器件 (CCD) 自适应电路的基本原理, 详细讨论了用可编程只读存储器 (EPROM) 循环寻址法设计该电路的方法, 并说明了这种方法的优越性。最后指出了自适应电路的应用。

关键词 电荷耦合器件 / 自适应电路; 可编程只读存储器

中国图书资料分类法分类号 TN27; TN386.5

ABSTRACT The basic principle of CCD self-adaptive circuit is presented. The EPROM circulating addressing method used in the design of this circuit is discussed in great detail and the superiority of this method is given. Finally, the application area of CCD self-adaptive circuit is shown.

KEYWORDS charge coupled devices / self-adaptive circuit; EPROM

0 引言

到目前为止, CCD (电荷耦合器件) 已广泛应用于宇航、遥感、自动控制、机器人等领域^[1]。同时, 由于 CCD 像敏元尺寸极小 (7~14 μm), 且位置十分准确, 用其对一维或二维的几何线性尺寸的测量, 已成为一门近几年发展起来的新的测量技术^[1,2]。对于 CCD 工作时所需时序电路的设计, 已有很多成熟的方案可资借鉴^[3~5]。但是, 所有这些电路中, CCD 的光积分周期比是固定的。对于光积分周期自动随被测物光的强弱而变化的 CCD 自适应电路, 目前在国内外刊物上尚未见有关的文章出现。笔者将在本文中讨论这个问题。

1 基本工作原理

所谓 CCD 自适应电路是指: CCD 工作时其光积分周期自动适应被测物光的强弱变化, 而最终使 CCD 输出信号的幅值, 无论被测物光的强弱与否, 皆保持一致, 不再波动的电路。其基本工作原理如下:

把 CCD 的输出信号经放大等处理后, 接在比较器的一端。比较器的另一端接比较电平

V_0 ，比较器的输出为 S_3 ，如图 1 所示。

这样 CCD 自适应电路就与 CCD 输出信号构成闭环回路。

设 CCD 自适应回路开始工作时光积分周期为 T 。当被测物光较强时，CCD 输出信号 S_2 的幅值大于比较电平 V_0 ，这时比较器输出一个正脉冲 S_3 ，CCD 自适应电路接收到 S_3 后，就使 CCD 的光积分周期减短一次，导致

CCD 的输出信号 S_2 的下限幅值上升一次。如此循环，一直到 S_2 的下限幅值等于 V_0 为止。此后 CCD 自适应电路中的光积分周期保持恒定。可见，恒定后的光积分周期小于恒定前的光积分周期。这样的结果，最终使得 CCD 的输出信号 S_2 无论被测物光的强弱与否，其幅值保持一定，不再波动。

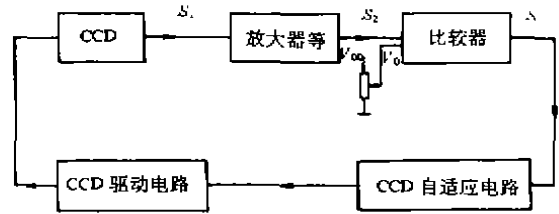


图 1 CCD 信号处理框图

2 实例分析

现以我们采用的松下 NM3660 型 2048 位二相线阵 CCD 为例进行分析。

2.1 EPROM 循环寻址法简介^[1,5]

EPROM 循环寻址法就是将所需要的脉冲波形变为对应的二进制数据依次写入 EPROM 存储单元中。利用初始地址为 0000H 开始计数脉冲，依次从 EPROM 中读出数据，当所有的数据读完后将计数器复位为 0，然后进行重新读出，如此循环，便可产生所需要的波形。

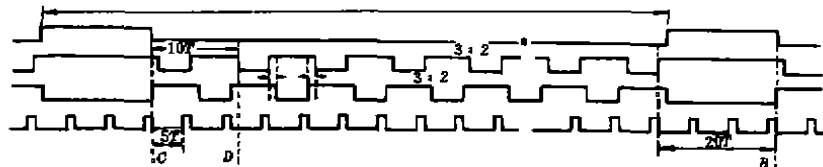


图 2 CCD 驱动脉冲时序图

2.2 CCD 时序分析

NM3660 型 CCD 像敏单元数为 2048，其像敏元尺寸为 $14\mu\text{m} \times 14\mu\text{m}$ ，在图 2 所示驱动脉冲的作用下工作。 ϕ_{sc} 的转移栅脉冲，其周期即为 CCD 光积分周期； ϕ_1 、 ϕ_2 为移位脉冲； ϕ_n 为复位脉冲； ϕ_{sc} 为高电平时，把光敏栅下势阱下的光生载流子经转移栅转到 ϕ_2 栅下势阱中，此时 ϕ_2 为高电平， ϕ_1 为低电平。 ϕ_{sc} 回到低电平后，夹断转移沟道，此后 ϕ_1 、 ϕ_2 交替变化，把光生载流子转移出去。 ϕ_n 是复位输出级的复位脉冲，复位一次输出一个光脉冲信号。

由图 2 可见，该波形具有如下特点： ϕ_1 、 ϕ_2 周期相同，等于 $10T$ ，占空比为 3:2。同时， ϕ_1 的下降沿与 ϕ_2 的上升沿、 ϕ_1 的上升沿与 ϕ_2 的下降沿交叠量为 T 。 ϕ_n 的周期为 $5T$ ，占空比为 1:4 且 ϕ_n 的平顶位于 ϕ_1 、 ϕ_2 平顶中心线偏后一个 T 。 ϕ_{sc} 的平顶时间为 $4T$ 。

利用 EPROM 双循环寻址法^[1]，产生 CCD 转移时序，把图 2 所示的波形分为二部分。

CD 段：这是内循环级。由于 CD 段的周期为 $10T$ ，所以它占用 EPROM 存储单元中的初始 10 个地址，其数据见图 3。从后面的设计可知，内循环部分实际上包含整数倍 CD 段。

AB 段：这是外循环段。由于其长度为 $20T$ ，故它占用了 EPROM 中的 20 个存储单元。每个

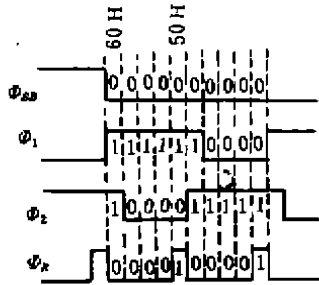


图 3 CD 段

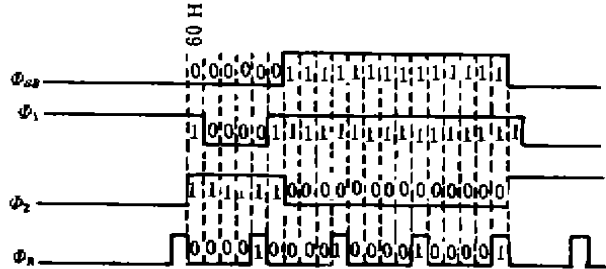


图 4 AB 段

存储单元的值见图 4.

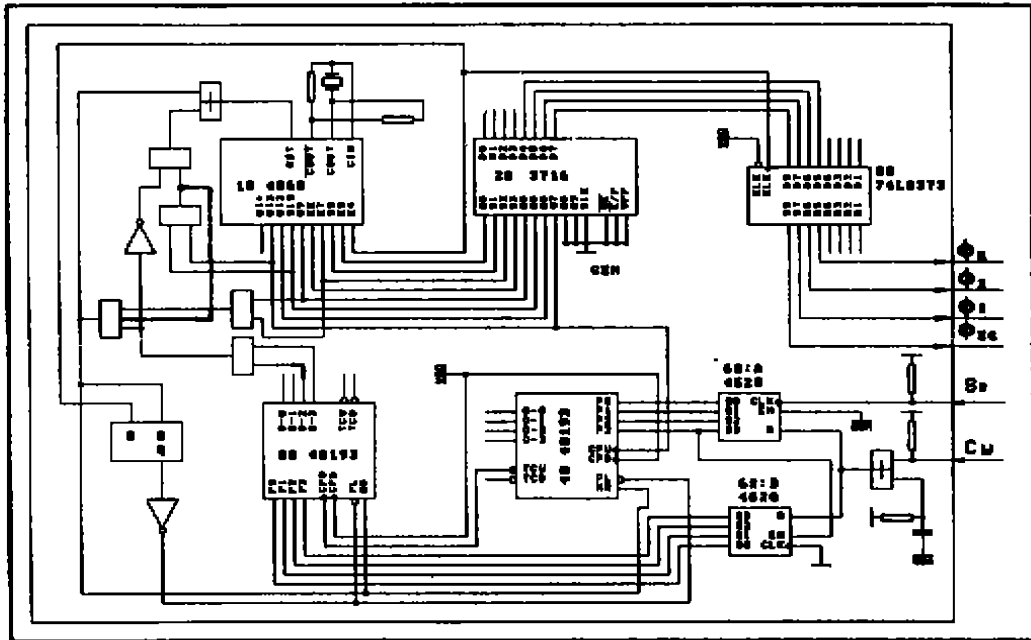


图 5 CCD 自适应电路原理图

2.3 电路实现

为了实现上述过程,设计电路如图 5 所示。当给出采样信号 CY 后(CY 为一脉冲),光积分周期随着 S_0 的输入而改变。当 CCD 的输入信号为 V_0 后, S_0 不再出现,此时光积分周期适应被测物的光强后恒定。具体过程如前面所述。

设计 CCD 自适应电路的步骤如下:

1) 确定可缩短的光积分周期的次数 m 以及每次的步长 NT ,明确可缩短的光积分周期范围。

设 ϕ_1, ϕ_2 的周期为 T_0 ,最小光积分周期为 T_{min} , NT 是 T_0 的整数倍,而 T_{min} 应是 NT 的整数倍。

在设计过程中,应遵循以下几个公式:

$$T_{min} \geq 1024 T_0 \tag{1}$$

$$T_{min} = y \cdot NT \tag{2}$$

式中 y 为整数。

$$(M - m) \cdot NT > 1024T_0 \quad (3)$$

式中 M 为 $4^n, 5^n$ 器件可计的最大数, 在图 5 中 M 为 256。

设可缩短的光积分周期的长度是 T_{min} 的 n 倍, 则有

$$m \cdot NT = n \cdot T_{min} \quad (4)$$

把(2)代入(4)得:

$$m \cdot NT = y \cdot n \cdot NT \quad \text{即} \quad m = ny \quad (5)$$

把(2), (1)代入(3)得:

$$m + ny < M \quad (6)$$

有了(5), (6), (1), (4)四式, 就可确定 m, n, NT 了。以图 5 为例, 说明设计过程如下:

如欲使可缩减的光积分时间为 T_{min} 的 2 倍, 则由(4)式有: $m \cdot NT = 2 \cdot T_{min}$, 考虑(5)式后为: $m = 2y$ 。

又由(6)式有: $m + y < M = 256$, 即: $3y < 256$, 所以 $y < 85.3$ 。

因为 y 取得越小, NT 就越大(由(12)式可知), 而 NT 是 T_0 的整数倍(一个 CD 段占一个 T_0 , 见图 3), 所以内循环中含的 CD 段越多, 占用的 EPROM 的存贮单元数就越多。同时光积分周期可缩减的次数就越少((3)式可知)。因此在满足 $y < 85.3$ 的前提下, y 取大一点为好。在图 5 中取 $y = 64$, 则 $m = 2 \cdot y = 128$ 。

又由(1)式有: $y \cdot NT \geq 1024T_0$ 。

把 $y = 64$ 代入得 $NT \geq 16T_0$, 取 $NT = 16T_0$ 。

2) 确定 EPROM 地址

因为 $NT = 16T_0$, 而 $T_0 = 10T$, 所以内循环占用 EPROM 初始 160 个存储单元。地址为: 00H - SFH。

外循环 AB 段为 $20T$, 地址为 A0 ~ B3H。

3) 确定器件的接法

有了 m, y, NT 以及存储单元内外循环的地址后, 器件的接法就十分容易(见图 5)。

2.4 电路特点分析

从以上分析可以看出, 本电路有以下特点。

1) 光积分周期的可变范围宽; 2) 设计容易。如用普通的组合逻辑设计, 电路会十分复杂; 3) 采用的器件少。从而减少了功耗和电路的体积, 增强了电路的可靠性。

2.5 实验结果分析

为了验证自适应电路的有效性, 我们做了以下的实验:

用光源箱作为被测物, 用调压器改变光源箱里光源的发光强度, 然后分别用含自适应电路与不含自适应电路的 CCD 摄像机对光源箱进行检测。结果如图 6(a), (b) 及图 7(a), (b) 所示。在图 6(a), 图 7(a) 中, 调压器电压为 90 V, 在图 6(b), 图 7(b) 中, 调压器的电压为 108 V。实验时, 示波器的扫描时间为 0.5 ms/格; 其中上面的波形为图 1 中的 S_2 信号, 此通道的示波器的电压挡为 0.2 V/格。下面的波形 S_1 为另一切割电压 V_c 切割后的二值比脉宽信号, 示波器此通道的电压挡为 0.5 V/格。

当光源箱的发光强度发生变化时(即调压器电压改变时), 从图 6, 图 7 可得出以下结论。

1) 图 6 由于采用了 CCD 自适应电路, CCD 输出信号 S_2 的下限幅值保持一致, 不随被检

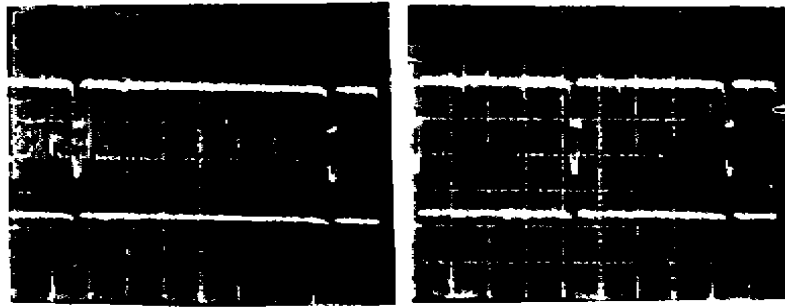


图 6 含自适应电路的 CCD 波形



图 7 不含自适应电路的 CCD 波形

测物的发光强度的改变而改变。而 CCD 的光积分时间则随被测物光强的增加而缩小。图 6(b) 中的 CCD 光积分时间远小于图 6(a) 中的 CCD 光积分时间。

2) 图 7(a), (b) 中没有使用自适应电路, CCD 的光积分时间不变, 但 CCD 输出信号 S_2 的下限幅值却随被测物的发光强度而改变。其中图 7(b) 的 CCD 输出信号已达到饱和。从此图中还可以明显地看出, CCD 已发生溢出, 其检测到的光源箱宽度(二值化脉宽信号)已明显大于图 6(a), (b), 图 7(a) 检测出的宽度。可见, 如无自适应电路, 用 CCD 摄像机对发光强度不定的物体进行几何线度尺寸的测量是不可能的。

3 应 用

近年来, CCD 测量技术得到了迅速的发展, 但是, 由于受转移效率等因素的影响, 使得 CCD 输出信号的上升沿和下降沿并非是垂直的。同时被测物光的强弱不定直接影响到 CCD 输出信号的幅值, 使得 CCD 输出信号的幅值是上下波动的(见图 8)。

图 8 中, AB 表示被测物光较弱的 CCD 输出信号; $A'B'$ 表示被测物光较强的 CCD 输出信

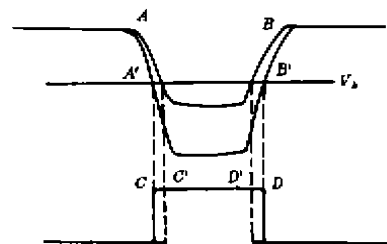


图 8 发光强度对 CCD 输出信号的影响

号; V_1 表示切割电平; $CD, C'D'$ 表示 $AB, A'B'$ 被 V_1 切割后的被测物尺寸信号。

从图 8 可以看出: $CD > C'D'$ 。所以, 当 CCD 输出信号的幅值不一致时, 测量结果缺乏一致性。这一直是制约 CCD 在测量领域发展应用的关键问题之一。特别是在被动式测量方式中(以被测物的自身光为光源, 如各钢铁公司的钢坯、带钢尺寸的测量), 如不解决这一问题, 被动式的测量方法是无法实现的。CCD 自适应电路很好地解决了这一难题。它使得被 V_1 切割后的 CCD 输出信号具有一致性, 同时减少了测量误差。

4 结束语

从 CCD 自适应电路的使用情况来看, 效果是令人满意的, 它已成为测量中关键的必不可少的电路。

参 考 文 献

- 1 刘贤德. CCD 及其应用原理. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990. 293
- 2 罗志勇. 用线列 CCD 测量钢板宽度和检测孔洞缺陷的信号处理. 半导体光电, 1991, 12(1): 37~41
- 3 陈家良. 新颖可编程 CCD 器件通用时序电路. 半导体光电, 1988, 9(2): 47~49
- 4 杨正才. 两相线阵 CCD 驱动电路的设计. 攀钢技术, 1988, (4): 60~62
- 5 向东. 利用 EPROM 循环寻址法产生 CCD 转移时序. 半导体光电, 1990, 11(4): 320~323

※ ※

《重庆大学学报》公告

在《重庆大学学报》1994 年第 17 卷第 5 期上以陈朝晖署名发表的“开环多刚体系统的四元数动力学方程”一文, 经校核, 该文第一作者应为殷学纲, 第二作者为陈朝晖, 特此公告。

《重庆大学学报》编辑部
1995-11-10