

基于 51 单片机的线阵 CCD 驱动设计

唐亚军^{1,2}, 郭喜庆¹, 杨敬娴^{1,2}, 解官宝^{1,2}, 韩文钦^{1,2}, 朱涵^{1,2}

(1.中国科学院 光电研究院, 北京 100094;

2.中国科学院大学, 北京 100090)

摘要: 通过 STC89C52 单片机平台, 以 4 路驱动信号的 TCD1208AP 和 6 路驱动信号的 TCD1501D 为例, 采用分割法对驱动信号进行了分析与编码。根据线阵 CCD 驱动信号数量的不同, 分别采用单周期和双周期指令完成了驱动时序的编程实现和实验验证。该方法应用高执行效率的 51 汇编指令, 驱动信号频率高、稳定性好, 充分发挥了单片机和线阵 CCD 的综合性能。

关键词: 线阵 CCD; 单片机驱动; 分割法; STC89C52; TCD1208AP; TCD1501D

中图分类号: TH744

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2013)12-0073-04

Design of linear CCD driver based on 51 single-chip processor

Tang Yajun^{1,2}, Guo Xiqing¹, Yang Jingxian^{1,2}, Xie Guanbao^{1,2}, Han Wenqin^{1,2}, Zhu Han^{1,2}

(1. Academy of Optical-Electric, Chinese Academy of Science, Beijing 100094, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100090, China)

Abstract: Through the single-chip platform STC89C52, taking the 4 driving signals TCD1208AP and 6 driving signals TCD1501D for example, the segmentation method is adopted to analyze the driving signals and to code. The programming and experimental verification of linear CCD are completed using single cycle and double cycle instructions according to the number of driving signal. The method can achieve high signal frequency and steady signal using high efficient 51 assembler instructions, fully develop the comprehensive performance of single-chip and linear CCD.

Key words: linear CCD; single-chip driver; segmentation method; STC89C52; TCD1208AP; TCD1501D

近年来, 随着半导体技术和大规模集成电路的发展, CCD 图像传感器在功耗、分辨率和动态范围等方面取得了巨大的进步。目前, CCD 图像传感器非接触式测量技术已广泛应用于尺寸测量、图像传感、机器视觉、文字扫描等领域^[1]。

线阵 CCD 驱动信号是一组关系复杂的周期性脉冲信号, 它是决定信号积分时间、信噪比的关键因素。目前, 线阵 CCD 的驱动电路主要包括专用集成电路驱动、EPROM 驱动、可编程逻辑器件驱动、单片机驱动等^[2]。基于单片机的线阵 CCD 驱动扩展性强、功耗小、应用成本低, 应用前景广阔。单片机驱动设计中, 难免要使用转移指令, 但是由于单片机的转移指令、位操作和端口赋值指令的指令周期不同及驱动信号的复杂性, 如果驱动时序设计不当, 将难以满足 CCD 驱动时序的高频率和稳定性要求。因此, 关于单片机线阵 CCD 驱动时序分析和设计方法的研究具有深刻的意义。

1 线阵 CCD 驱动设计

51 系列单片机具有低功耗、扩展灵活、控制稳定等特点, 是目前应用最广泛的单片机。因此, 本文将利用 STC89C52 单片机进行线阵 CCD 驱动设计的研究。

CCD 图像传感器采用光电效应, 以感应电荷为信号, 在特定驱动脉冲作用下, 实现信号电荷的存储和定向转移^[3]。线阵 CCD 驱动设计中, 所采用指令的指令周期决定了线阵 CCD 的驱动频率的大小。具体采用单周期指令还是多周期指令取决于线阵 CCD 驱动信号的路数和驱动信号间的关系。

1.1 线阵 CCD 的驱动信号

线阵 CCD 在驱动时序作用下完成了信号电荷的存储、转移和输出。线阵 CCD 的驱动信号包括转移脉冲(SH)、时钟脉冲(Q1, Q2)、复位脉冲(RS), 部分线阵 CCD 还包括采样保持脉冲(SP)和门限脉冲(CP)。本文以东芝 4 驱动 TCD1208AP 和 6 驱动 TCD1501D 线阵 CCD 为例, 研究基

技术与方法 Technique and Method

于 51 单片机的线阵 CCD 的驱动设计。

1.2 硬件电路

东芝系列线阵 CCD 驱动信号基于 TTL 电平,与 51 单片机 I/O 电平兼容,高电平 $>4.5\text{V}$,低电平 $<0.5\text{V}$,因此可直接将单片机 I/O 口与 CCD 驱动接口相连,如图 1 所示。当电平不能兼容时,需设计电平转换电路。实际应用中,可加入反相器或上拉电阻以提高单片机驱动能力。

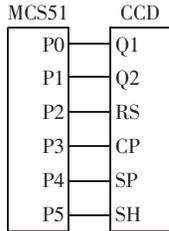


图 1 线阵 CCD 接口电路

1.3 软件设计

单片机线阵 CCD 驱动设计难点在于单片机指令周期不同,如指令使用不当将使驱动信号频率波动,无法满足 CCD 驱动信号稳定性要求。51 汇编指令执行效率高,为实现驱动信号精确控制,CCD 驱动设计中采用了 51 汇编指令。

1.3.1 4 驱动 TCD1208AP 时序设计

TCD1208AP 是一种高灵敏度、低暗电流、2 160 像元的线阵 CCD。驱动信号包括行转移脉冲、时钟脉冲、复位脉冲 4 路信号。SH 为高电平时,信号电荷转移到 CCD 模拟移位寄存器。时钟脉冲 Q1 和 Q2 驱动信号电荷不断输出,复位脉冲 RS 将末端移位寄存器中剩余信号电荷去除。时序关系如图 2 所示^[4]。

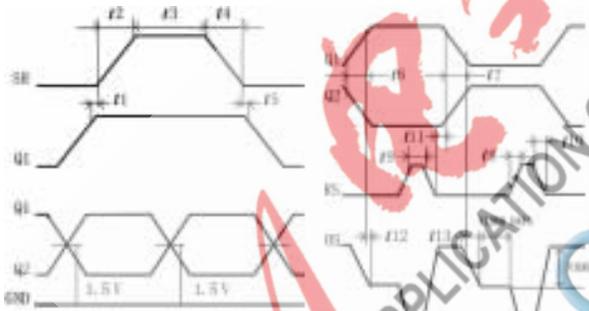


图 2 TCD1208AP 驱动信号时序

驱动时序设计需分析各信号之间的关系。由图 2 可知,复位脉冲 RS 的频率是时钟脉冲 Q1、Q2 频率的 2 倍,在满足复位信号 RS 占空比为 1:4 的情况下^[5],将驱动信号进行 8 等分分割,得到驱动信号之间的时序关系如图 3 所示。

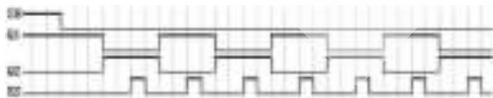


图 3 TCD1208AP 驱动信号关系图

TCD1208AP 采用帧输出方式,每帧信号对应 1 106 个时钟脉冲。利用 51 单片机计数器对时钟脉冲 Q2 的下降沿计数,当计数达到 1 106 时,利用中断方式产生转移脉冲 SH。单片机与 TCD1208AP 间的接口关系如图 1 所示。图 4 是 TCD1208AP 4 路驱动信号的状态转换图。

由图 4 可知,除去 SH 中断状态外,TCD1208AP 驱动

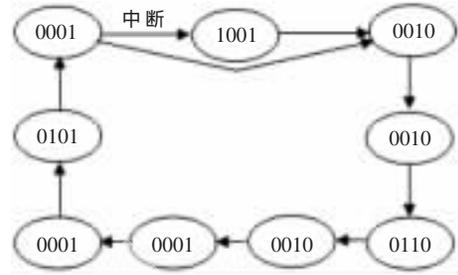


图 4 TCD1208AP 驱动信号状态转换图

信号共有 8 种状态。Q1 和 Q2 相位相反,周期是 RS 的 2 倍,SH 由计数中断产生。程序设计中,采用位操作指令和自加自减指令实现信号间转换;驱动信号的周期切换采用 JBC 跳转指令通过 RS 信号的检测实现循环。JBC 指令寻址位为 1 转移,选择 RS 为检测位,需对状态转移图中的信号编码进行取反操作。这样实现了驱动信号的转换均在单周期指令操作,与双周期指令相比,驱动频率提高了一倍。核心程序如下:

```
MOV P1,#0xFA ;驱动信号的初始状态
LOOP: ;驱动信号 8 状态间的循环程序段
SETB P1^2
DEC P1
NOP
CLR P1^2
SETB P1^2
INC P1
JBC P1^2,LOOP
CT0: ;转移脉冲 SH 中断处理程序
CLR P1^3
MOV TH0,#0xFB ;TH0=(65536-2538)/256
MOV TL0,#0xAE ;TL0=(65536-2538)%256
SETB P1^3
RETI
```

1.3.2 6 驱动 TCD1501D 时序设计

TCD1501D 是一种高灵敏度、低暗电流、5 000 像元的线阵 CCD。与 TCD1208AP 相比,增加了采样保持脉冲 \overline{CP} 、门限脉冲 \overline{SP} 两路信号。时序关系如图 5 所示^[6]。

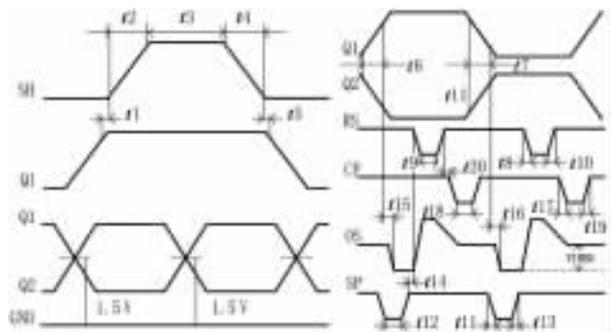


图 5 TCD1501D 驱动信号时序

TCD1501D 驱动信号设计中,采用分割法,在保持 RS 占空比为 1:4 的条件下,8 等分分割 TCD1501 的电荷转移脉冲信号 Q1 和 Q2,形成驱动信号间的关系如图 6 所示。

技术与方法 Technique and Method

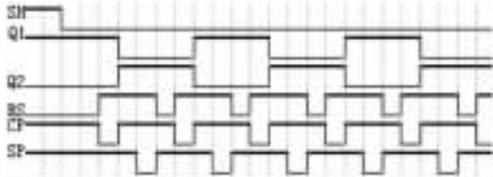


图6 TCD1501D 驱动信号关系图

与TCD1208AP类似,TCD1501D利用帧输出方式完成信号输出,每帧信号对应2538个时钟脉冲。SH在计数中断中产生。时钟脉冲Q2的下降沿计数满2538时,产生转移脉冲SH。TCD1501D与51单片机间接口情况如图1所示。图7是TCD1501D 6路驱动信号的状态转换图。

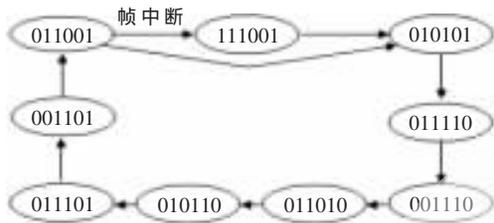


图7 TCD1501D 驱动信号状态转换图

由图7可知,TCD1501D增加了两路信号 \overline{CP} 和 \overline{SP} ,驱动信号间的变换至少包含两路信号的变换,无法再仅采用单周期自加自减指令和位操作指令控制单片机I/O口产生驱动信号,只能选择双周期的I/O端口数据传送指令进行TCD1501D驱动设计,核心程序如下:

LOOP: ;驱动信号8状态间的循环程序段

```
MOV P1,0xD9
MOV P1,0xD5
MOV P1,0xDE
MOV P1,0xCE
MOV P1,0xDA
MOV P1,0xD6
MOV P1,0xDD
JBC P1^4,LOOP
```

CT0: ;转移脉冲SH中断处理程序

```
SETB P1^5
MOV TH0,#0xF6 ;TH0=(65536-2538)/256
MOV TL0,#0x14 ;TL0=(65536-2538)%256
CLR P1^5
RETI
```

当晶振频率相同时,与TCD1208AP相比,TCD1501D的驱动频率降低一半,但这不影响多数非接触式测量的应用要求。由上述两例驱动设计过程可知,根据CCD驱动信号数量的不同和驱动信号的时序关系设计驱动程序,能最大限度地提高信号的驱动频率,充分发挥单片机驱动的优势。

2 实验结果分析

STC89C52是51单片机中性价比极高的一款单片机,最高工作频率为35MHz,6T/12T双工模式可选,作

为线阵CCD驱动,其能满足应用对象对高速度、低功耗的要求。

本文选择STC89C52单片机作为试验平台,采用keil C51平台验证所设计的时序的正确性。试验中,采用24MHz晶振作为STC89C52外部晶振,选用6T双倍速工作模式,内部机器周期0.25 μ s。该条件下,TCD1208AP和TCD1501D的时钟脉冲频率分别达到了0.5MHz和0.25MHz的正常工作要求。图8和图9是实际测量的时序图。

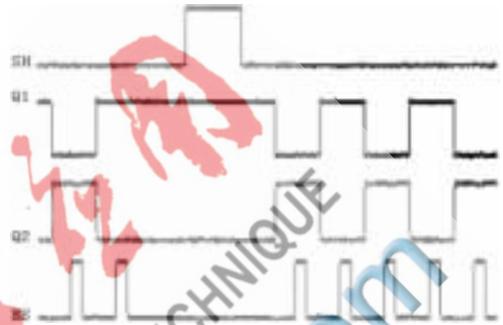


图8 TCD1208AP 实测驱动时序图

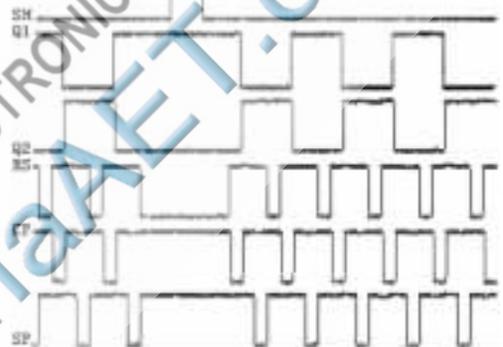


图9 TCD1501D 实测驱动时序图

由图8和图9可知,当转移脉冲计数发生中断时,转移脉冲SH发生跳变,说明采集完一帧图像数据。注意,SH的高电平保持时间必须小于Q1高电平保持时间。实际应用中,CCD各信号需满足特定的时间参数要求。表1和表2是TCD1208AP和TCD1501D理论时间参数和实验测量参数的对照表,表中时间符号分别与图2和图5中的时间符号相对应。

可以看出,实测参数均满足理论值要求。TCD1501D

表1 TCD1208AP 实测时序参数对照表

名称	符号	最小值	实测值	最大值
SH与Q1建立时间/ns	t1	0	2000	-
	t5	0	750	-
SH脉冲上升时间/ns	t2	0	21	-
SH脉冲宽度/ns	t3	500	1235	-
Q1、Q2上升时间/ns	t6	0	9	100
RS上升时间/ns	t8	0	22	-
RS脉冲宽度/ns	t9	40	227	-
Q1与RS脉冲间隔/ns	t11	230	228	-

技术与方法 Technique and Method

表 2 TCD1501D 实测时序参数对照表

名称	符号	最小值	实测值	最大值
SH 与 Q1 建立时间/ns	t_1	100	2 235	-
	t_5	100	1 454	-
SH 脉冲宽度/ns	t_3	500	1 229	-
RS 脉冲宽度/ns	t_9	20	468	-
SP 脉冲宽度/ns	t_{12}	20	479	-
CP 脉冲宽度/ns	t_{18}	20	480	-
SH 脉冲上升时间/ns	t_2	0	40	-
Q1、Q2 上升时间/ns	t_6	0	18	-
RS 下降时间/ns	t_8	0	28	-
SP 下降时间/ns	t_{11}	0	20	-
CP 下降时间/ns	t_{17}	0	18	-

的 RS 脉冲宽度是 TCD1208AP 的 RS 脉冲宽度的 2 倍,充分说明驱动信号单周期指令运行速度是双周期指令的 2 倍。因此,根据线阵 CCD 驱动信号数量的不同和驱动信号的关系,合理采用分割法对信号进行分析和编码,科学选择单周期指令和双周期指令,能充分发挥单片机和线阵 CCD 的综合性能,提高驱动信号的频率和稳定性。目前该设计方法在某型号精密位置校正装置的 CCD 模块中得到成功应用。

本文采用 51 单片机作为线阵 CCD 的驱动控制器,很好地满足了 CCD 驱动强扩展性、高速度、低功耗的应用要求。设计中,根据线阵 CCD 驱动信号数量和信号关系的不同,采用分割法对驱动时序进行了分析和编码,利用 51 汇编指令完成驱动时序的科学编程,完成线阵

CCD 驱动时序的设计。利用 STC89C52 单片机,以 4 路和 6 路线阵 CCD 驱动设计为例,提出了多路驱动信号线阵 CCD 驱动设计的具体方法。本文对驱动时序进行了测试,验证了实测参数的正确性。该方法得到的驱动时序频率很好地满足了线阵 CCD 的工作要求,稳定性好,为后续 CCD 驱动开发指明了方向。

参考文献

- [1] 王庆有.图像传感器应用技术[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [2] 曾维友,赵江,罗时军,等.基于 C51 的线阵 CCD 驱动设计[J].湖北汽车工业学院学报,2009,23(1):62-64.
- [3] 卢阳.TDI/CCD 图像传感器脉冲驱动电路研究及小型可见光 CCD 摄像机组件设计[D].重庆:重庆交通大学,2006.
- [4] TOSHIBA 公司.TCD1208AP 数据手册[S].东京:TOSHIBA 公司,2001.
- [5] 崔岩,吴国兴,殷美琳,等.基于 FPGA 的线阵驱动设计[J].现代电子技术,2011,34(10):206-210.
- [6] TOSHIBA 公司.TCD1501D 数据手册[S].东京:TOSHIBA 公司,2001.

(收稿日期:2013-02-20)

作者简介:

唐亚军,男,1989 年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式图像采集处理系统。

郭喜庆,男,1972 年生,博士,高级工程师,主要研究方向:精密仪器光机电一体化。