

基于 FPGA 的行间转移面阵 CCD 驱动电路设计

A Design of Array CCD of Interline Transfer Driving Circuit Based on FPGA Technique

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;
2.中国科学院研究生院) 李 余^{1,2} 刘金国¹ 张明宇^{1,2} 宋 丹^{1,2} 庞双德^{1,2}
LI Yu LIU Jin-guo ZHANG Ming-yu SONG Dan PANG Shuang-de

摘要: 针对 Kodak 公司的前照明行间转移型面阵 CCD KAI-0340,对其驱动要求进行详细的分析,设计满足 CCD 所需偏置电压的供电模块;搭建 CCD 时序脉冲驱动器电路;利用 Xilinx 公司的可编程逻辑器件 XC2S150 来设计 CCD 的驱动时序。实验表明,设计的 CCD 驱动电路可以满足 CCD KAI-0340 的各项驱动要求。
关键词: 行间转移 CCD; 驱动电路; 驱动时序; 现场可编程门阵列(FPGA)
中图分类号: TP202 文献标识码: A

Abstract: According to the progressive scan interline CCD KAI-0340 produced by Kodak Company, analyzing the requirement of the driving circuit of the CCD KAI-0340. A power block was designed to be fit for bias voltages of the CCD. The CCD driving timing circuits was completed. The programmable logical device (FPGA) XC2S150 of Xilinx Company was used for designing CCD driving timing sequences. Experiments show that the design of the CCD driving circuit can meet demand of the CCD KAI-0340.
Key words: Interline Transfer CCD; driving circuit; driving timing sequence; FPGA

技术创新

1 引言

电荷耦合器件(CCD)是一种光电转换式图像传感器,它将图像信号直接转换成电信号。由于 CCD 具有集成度高、低功耗、低噪声、测量精度高、寿命长等诸多优点,因此在精密测量、非接触无损检测、文件扫描与航空遥感等领域中得到了广泛的应用。面阵列 CCD 成像器件分为全帧转移(Full Frame)CCD、帧转移(Frame Transfer)CCD、行间转移(Interline Transfer)CCD 三种类型。行间转移 CCD 中的成像区与存储区呈列交错,因此不需要机械快门,速度最快且能连续成像;同时在真正的成品中,会在每个像素上加微透镜从而弥补了填充因子小的缺点。典型的消费级的相机,一般用的都是行间转移 CCD。

CCD 器件需要驱动脉冲信号才能正常工作,而驱动电路就为 CCD 提供所需的时序逻辑和相关的电压信号,所以驱动电路的研制就显得十分重要。CCD 的驱动电路主要由供电模块、驱动器电路和驱动时序产生电路三部分组成。常用的几种 CCD 驱动时序产生方法包括:中小规模数字逻辑电路驱动方法、使用只读存储器方法、微处理器或数字信号处理器(DSP)、使用可编程逻辑器件 CPLD 或 FPGA 等。本文中驱动时序采用第三种方法可编程逻辑器件 FPGA 来实现。

2 Kodak CCD KAI-0340 简介

KAI-0340 是 Kodak 公司生产的一款行间转移型面阵 CCD,单(双)通道输出可选择(本文中选用单通道输出模式)。主要的性能参数如下:

- 最大工作频率 40 MHz
- 有效像素 640 (H) x 480 (V) =307,200
- 像素尺寸 7.4 μm (H) x 7.4 μm (V)
- 最高量子效率 55%
- 输出灵敏度 30 μV/e
- 电转移效率 >0.99999

具有以下特征:

- 水平、垂直均为两相驱动,其中一相垂直转移时钟为三电平
- 电子快门
- 低暗电流、高灵敏度
- 每行左右两端各有 24 个暗像元,可以作为暗电平参考

3 CCD 供电模块

为了保证 CCD KAI-0340S 正常工作,需要的驱动电压和直流偏置电压具体要求如表 1 所示。

说明	符号	最小值	典型值	最大值	单位
V2 时钟高电平	V2H	9.5	+10.0	10.5	V
V1、V2 时钟中间值电平	V1M,V2M	-0.2	+0.0	+0.2	V
V1、V2 时钟低电平	V1L,V2L	-9.5	-9.0	-8.5	V
H1、H2 时钟高电平	H1H,H2H	-0.5	+0.0	+0.5	V
H1、H2 时钟低电平	H1L,H2L	-5.5	-5.0	-4.5	V
R 高电平	RH	+1.5	+2.0	+2.5	V
R 低电平	RL	-3.5	-3.0	-2.5	V
电子快门电压	VES	44	48	52	V
FD 高电平	FDH	+4.0	+5.0	+5.5	V
FD 低电平	FDL	-9.5	-9.0	-8.5	V
输出放大器电源电压	VDD	14.75	15.0	15.25	V
衬底电压	SUB	8.0	VAB	15.0	V
静电保护	ESD	-9.25	-9.0	-8.75	V

表 1 KAI-0340 驱动电压和直流偏置电压

对表 1 进行分析可知:只需+15V 和-9V 两组电压就可实现 CCD 的基本偏置,H1、H2 水平移位驱动工作电压峰峰值为 5V (-5V~0V),R 复位驱动的工作电压峰峰值也为 5V (-3V~+2V),因此取+5V 作为水平和复位驱动时钟的工作电压;V1 垂直转移的工作电压 9V (-9V~0V),V2 为三电平(-9V、0V、+9V),从而取±9V 作为垂直驱动时钟的工作电压,电子快门脉冲电压为 VAB~VAB+40V (峰峰值为 40V),需要±20V 电路来实现。同时结合整个 CCD 成像系统供电需求,得出所需电压电平种类为:±3.3V,±5V,±9V,±10V,±15V,±20V。为了提高系统的电源效率,设定整个供电系统的外部输入电压为三种:±5V,±10V,±15V。+9V、+10V 和 +3.3V 电压通过集成稳压器 LT

李 余: 硕士

1764EQ 和 LT 1764EQ-3.3 来实现 $\pm 9V$ 通过 $-10V$ 电压分压得到 ;产生电子快门高压脉冲所需 $\pm 20V$ 电源采用 $\pm 10V$ 脉冲倍压电路实现 ,具体电路的原理图如图 1 所示。经实际应用表明 ,电源模块满足各功能电路所需电压及功耗。

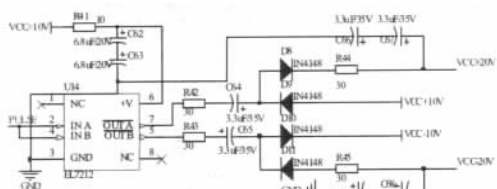


图 1 电子快门脉冲所需供电原理图

4 驱动器电路

面阵 CCD KAI-0340S 的驱动时钟分为水平移位时钟、复位时钟、垂直转移时钟、电子快门时钟四种 ,需要的驱动电压具体要求见表 1。

CCD 在单端输出模式下 ,水平移位时钟对应图像传感器的管脚连接如下 :H1=H1S(5)+H1BL(4)+H2BR(9); H2=H2S(7)+H2BL(3)+H1BL(8)。H1 ,H2 R 共用一片 74AC04 驱动器 ,每个时钟使用两个门驱动 ,再配合滤波电容和钳位电路便可以实现对面阵 CCD 的水平和复位驱动。

垂直转移需要 V1、V2 两相驱动时钟 ,其中 V2 为三电平 ,因为 FPGA 产生的信号只有 '0' 和 '1' 两种状态 ,所以需要将信号 V2 分解成 V2HM 和 V2ML 两个信号。V1 通过一片 EL7212 进行驱动 ,配合滤波电容和钳位电路实现。V2 驱动器选用一片 MAX4426 ,通过 V2HM 控制其电源端 (将 V2HM 反向)。当 V2HM 为高的时候 ,MAX4426 产生峰峰值 9V 的输出信号 ,当 V2HM 由高变低时 ,MAX4426 的电源端被升到 18V ,从而产生出满足要求的三电平信号 V2。

电子快门脉冲电压为 $V_{AB} \sim V_{AB} + 40V$ (峰峰值为 40V) ,使用分立元件产生 ,具体电路的原理图如图 2 所示。

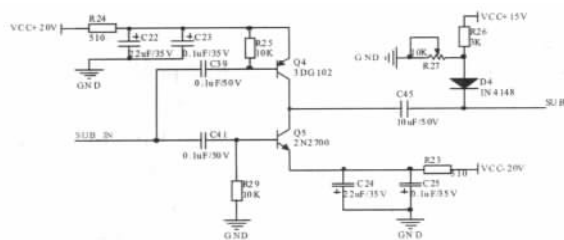


图 2 电子快门驱动电路原理图

5 CCD 驱动时序设计

KAI-0340S 工作需要 6 路驱动信号 :分别是两相水平移位寄存器时钟 H1、H2 ;复位脉冲时钟 RL ;两相垂直转移时钟 V1、V2(分解成 V2HM 和 V2ML) ;电子快门时钟 SUB。CCD 成像的一个工作周期分三个阶段 :曝光阶段 ,行间转移阶段和水平移位阶段。CCD 工作时 ,首先底层出现电子快门脉冲将光敏区的电荷清除 ,电子快门脉冲之后开始图像信号积分阶段 ,积分完成后 V2 上的高电平把光敏区的包含图像信息的电荷包转移到挡光的垂直 CCD 上 ,接下来通过 V1 和 V2 的互补时钟逐行把垂直 CCD 中的电荷包转移到水平 CCD 上 ,再通过 H1 和 H2 的互补时钟逐个把水平 CCD 上的电荷包转移到浮置扩散输出节点 ,进行电荷测量供后续电路处理 ,同时 CCD 又可进行下一帧图像的曝光。KAI-0340S 的详细驱动时序关系参见其使用说明书。其中实现 H1 和 H2 部分程序如下 :

```
HHH:process(counter,clk)
```

```
begin
```

```
if counter>=43720 then
```

```
if (clk'event and clk='1') then
```

```
if coun2=7129 then
```

```
coun2<=0;
```

```
htemp<='0';
```

```
else
```

```
coun2<=coun2+1;
```

```
if(coun2>=7115 and coun2<7129) or coun2<35 then
```

```
htemp<='0';
```

```
else
```

```
if coun3=4 then
```

```
coun3<=0;
```

```
htemp<=not htemp;
```

```
else
```

```
coun3<=coun3+1;
```

```
end if;
```

```
end if;
```

```
end if;
```

```
end if;
```

```
else
```

```
htemp<='0';
```

```
end if;
```

```
end process;
```

```
h2<=htemp;
```

```
h1<=not htemp;
```

本文选用的 FPGA 是 Xilinx 公司的 XC2S150 ,一共有 150 000 个逻辑门 ,满足整个系统的所有需求 ,采用硬件描述语言 VHDL 进行逻辑设计 ,用 ModelSim 仿真 ,关键部分的波形见图 3。

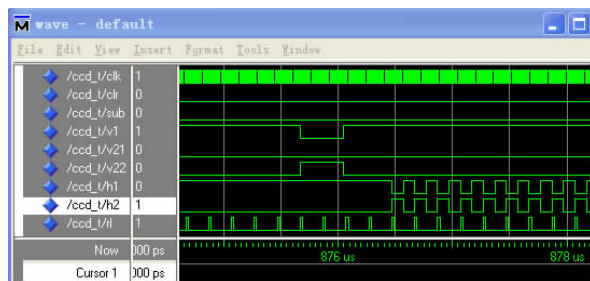


图 3 ModelSim 仿真波形

6 结论

本文的创新是 :先将 V2 三电平进行分解 ,之后巧妙地利用两个驱动器和钳位电路来实现三电平阶梯波形的时序驱动 ;采用 FPGA 器件来设计行间转移面阵 CCD 驱动时序。系统设计完成后 ,由示波器测试各路输出的驱动信号 ,所显示的波形与仿真波形一致 ,得到令人满意的结果。因此本文的驱动电路设计方案能够满足的 KAI-0340 的性能要求 ,可以用来驱动行间转移型面阵 CCD KAI-0340S。

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 ,2006 :30-60.
- [2]康华光.电子技术基础模拟部分(第四版)[M].高等教育出版社 ,1999:443-470.

(下转第 305 页)

[3]Dallas Semiconductor. Application Note 27: Understanding Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor iButton™ Products [Z]. Dallas Semiconductor Co, 1999.

[4]林炜岚,仇洪冰.基于 CSMA/CA 协议的 UWB 系统性能研究[J].微计算机信息, 2008, 1-3 :115-117.

[5]IEEE 802.11 Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical layer (PHY) Specifications [S], 1999.

[6]TB/T2226-2002. 铁道客车用集中轴温报警器技术条件[S].
作者简介: 孙志林(1978.6),男,江苏南京人,南京工业大学信息科学与工程学院,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式微处理器系统研究与设计;包亚萍(1965.10),女,南京工业大学信息科学与工程学院,副教授;孙杰(1974.4),男,江苏南京人,南京东南大学计算机科学与工程学院,硕士研究生,主要研究方向:软件工程。

Biography: SUN Zhi-lin(1978.6), Male, Nanjing, Jiangsu, College of Information Science and Engineering, Nanjing University of Technology.

(210009 江苏省南京市 南京工业大学信息科学与工程学院) 孙志林 包亚萍

(210096 江苏省南京市东南大学计算机科学与工程学院) 孙杰 (College of Information Science and Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing Jiangsu 210009, China)

SUN Zhi-lin BAO Ya-ping

(College of Computer Science and Technology, Southeast University, Nanjing Jiangsu 210096, China) SUN Jie

通讯地址: (210009 南京市新模范马路 5 号南京工业大学丁家桥校区 213 信箱) 孙杰

(收稿日期:2009.04.03)(修稿日期:2009.05.05)

(上接第 273 页)

5 实验总结

通过对 10 人的实验结果表明,本文研制的这种新型的穿戴式无线呼吸检测模块能够较好地检测到完整的呼吸波形,通过软件分析可以实时计算出呼吸频率,并能根据一定时间内呼吸波形的变化对用户呼吸系统的健康状况做出评估。本模块对呼吸的变化具有较高的灵敏性,具有结构简单、成本低、功耗低、易使用等优点。本模块还可以实现与心电检测共用电极,使得心肺监护在使用尽可能少的电极下同时进行。由于没有比较标准的呼吸波形作为参考,阻抗法呼吸检测波形的定标工作以及呼吸参数的相关推导是进一步研究和开发的重点。

本文作者的创新观点包括:采用 CC2430 产生高频激励脉冲,方便了用户的穿戴式监护,利用 ZigBee 技术,实现了呼吸信号的无线传输。

项目经济效益(3000 万元)。

参考文献

[1]http://www.sina.com.cn.news.sina.com.cn/c/2004-10-10/12403868702. 2004-10-10

[2]龚茜玲.人体解剖生理学[M].北京:人民卫生出版社,2003:193-201

[3]曹细武,邓亲恺,罗丽辉.阻抗式呼吸监护系统的研制[J].中国医学物理学杂志,2000,10,17,4:213

[4]吴凯,吴效明.多生理参数远程虚拟检测仪的设计与实现[J].微计算机信息,2006,1-1:145

[5]甘素榕,邹涛,翁哲.基于 CC2430 的 ZigBee 无线通信设计[J].

科技资讯,2007,22:92

作者简介:陈延慧(1984-),女(汉族),山东泰安人,华南理工大学生物医学工程系研究生,硕士,主要研究方向为生物医学信号检测及传感器设计;吴效明(1950-),男(汉族),华南理工大学生物医学工程系教授、博士生导师,博士,主要研究方向为医学仪器、医学图像及生物力学等;岑人经(1937-),男(汉族),华南理工大学生物医学工程系教授、博士生导师,硕士,主要研究方向为医学仪器、生物力学等。

Biography: CHEN Yan-hui (1984-), Female (Han), Shandong, Master of biomedical engineering, Orientation of study is biomedical signal monitoring and medical sensor design. Orientation of study is medical instruments design.

(510006 广东广州 华南理工大学生物医学工程系) 陈延慧

吴效明 赵麒 岑人经

(Department of Biomedical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, China, 510006) CHEN Yan-hui WU Xiao-ming ZHAO Qi CEN Ren-jing

通讯地址: (510006 广州番禺区大学城华南理工大学生物科学与工程学院生物医学工程专业 06 级研究生) 陈延慧

(收稿日期:2009.04.03)(修稿日期:2009.05.05)

(上接第 275 页)

[3]王诚,薛小刚,钟信潮.FPGA/CPLD 设计工具:Xilinx ISE 使用详解[M].北京:人民邮电出版社,2005.1

[4]Peter J.Ashenden (美),葛红,黄河,吴继明(译).VHDL 设计指南(原书第二版)[M].北京:机械工业出版社,2005.6

[5]KODAK Company.KAI-0340 imager datasheet revision2.0 [R]. KODAK Company, 2006

[6]李云飞,李敏杰,司国良等.基于 FPGA 的科学级 CCD 相机时序发生器的设计[J].微计算机信息,2007

[7]盛翠霞,张涛,纪晶等.高分辨率 CCD 芯片 FTF4052M 的驱动系统设计[J].光学精密工程,2007.4

作者简介:李余(1983-),女,湖南邵阳人,中科院长春光学精密机械与物理研究所硕士研究生,主要从事 CCD 成像系统电路设计及应用技术方面的研究;刘金国(1968-),男,吉林人,中科院长春光学精密机械与物理研究所研究员,长期从事空间立体测绘相机领域的研究工作,取得显著成就,历获国家科学技术二等奖,国防科工委一等奖,全军武器装备一等奖。

Biography: LI Yu (1983-), female, Hunan, studying in Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, postgraduate, Optics Engineer, major in dealing with design of circuit of CCD imaging system and the technique of application.

(130039 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 李余 刘金国 张明宇 宋丹 庞双德

(100039 北京 中国科学院研究生院) 李余 张明宇 宋丹 庞双德 (Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China) LI Yu LIU Jin-guo ZHANG Ming-yu SONG Dan PANG Shuang-de (Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China) LI Yu ZHANG Ming-yu SONG Dan PANG Shuang-de

通讯地址: (130033 吉林省长春市营口路 20 号长春光机所研究生公寓 D 座 617 室) 李余

(收稿日期:2009.04.03)(修稿日期:2009.05.05)