

# 基于单片机的线阵 CCD 驱动模块硬件设计与实现\*

迟涵文 朱礼尧 吴涛 赵志勇 邓士杰  
(杭州电子科技大学电子信息学院 杭州 310018)

**摘要:** 根据线阵 CCD 驱动时序的特点,给出一种线阵 CCD 驱动电路的设计方法。采用具有增强型内核的单片机产生 CCD 所需的驱动波形,能充分发挥单片机可编程的特点,为用户提供丰富的驱动信号接口,并实现了电子快门功能。首先介绍 CCD 驱动模块的基本工作原理、主要特点和驱动时序的设计思路,接着完成驱动模块软硬件的设计,最后通过大量实验验证该驱动模块的有效性。实验结果表明:该驱动模块所产生的驱动信号满足 CCD 的需要,当该驱动模块集成到其他无接触测量系统中时,该测量系统能正常稳定工作,测量结果准确,精度达到了  $\mu\text{m}$  级。

**关键词:** 线阵 CCD;驱动电路;驱动时序

**中图分类号:** TN710 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1010

## Design and implementation of linear CCD driver module hardware based on MCU

Chi Hanwen Zhu Liyao Wu Tao Zhao Zhiyong Deng Shijie  
(Electronic and Information School of Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** According to the characteristics of linear CCD drive timing, a design method of linear CCD driver circuit is given. A MCU with enhanced core is adopted to generate CCD needed drive pulse, which gives full play to programmable technical feature of the MCU and provides ample drive signal interface and the electronic shutter function is realized. Firstly, it is introduced about basic working principle, main features and timing drive design ideas of the MCU with enhanced core. Secondly, the software and hardware of the drive module are designed using above design ideas. Lastly, a lot of experiments are done to verify the effectiveness of the driving module, the test results show that the module can stably generate driving pulse that can meet the needs of linear CCD entirely. When integrated into other measurement systems, the measurement systems can work normally and stably. And it has a higher measuring accuracy.

**Keywords:** linear CCD; drive circuit; drive timing

### 1 引言

近几十年来,线阵 CCD 作为一种新型半导体集成光电器件得到飞速发展,广泛用于精密非接触自动测量和图像传感等领域<sup>[1-6]</sup>。由于不同生产商所设计的线阵 CCD 芯片,其驱动方式往往不同,因此线阵 CCD 驱动电路呈现多样化的态势,没有统一的规范。

由于不同生产商的线阵 CCD 所需要的驱动信号不同,这使得产生驱动信号的方法呈现多样化:对于复杂的驱动信号,往往选用专用 IC 驱动<sup>[7]</sup>;对于简单的驱动信号会选择 EPROM 驱动、CPLD 驱动<sup>[8]</sup>、FPGA 驱动<sup>[9-10]</sup>、单片机驱动等<sup>[11]</sup>。根据 TCD1304 的特点,采用单片机作为控制核心,简化了硬件而在软件控制部分进行分析设计,提出一种

简单、准确的一种线阵 CCD 驱动模块的设计方法。经过软件仿真验证及实际的电路测试,其测试结果表明该驱动电路模块具有很高的测量精度与很强的稳定性和灵活性。

### 2 线阵 CCD 驱动电路工作原理

#### 2.1 TCD1304 驱动电路的特点

TCD1304 是一款高灵敏度的线阵图像传感器,在环境监测、无接触尺寸测量、光谱分析等领域发挥了重要的作用<sup>[11]</sup>。在以往驱动电路的设计中,线阵 CCD 图像采集频率和光积分时间往往是固定不变的,用户不能根据实际需求进行调节,而且驱动电路不具有“同步”功能。设计的 TCD1304 驱动模块,实现了如下功能:光积分时间可调,即

收稿日期:2015-03

\* 基金项目:国家级大学生创新创业训练(GJ201410336005)、杭州电子科技大学科研启动基金(KYS045612035)项目

可调整一帧图像的采集时间;不同驱动模块间的驱动频率同步;提供多路同步驱动信号接口。

### 2.2 驱动电路的工作原理

图1是线阵CCD驱动电路各个功能模块原理。图2所采用单片机的最小系统电路。TCD1304驱动电路功能的设置包括光积分时间、驱动频率与内、外驱动信号同步的设置。通过预定义的拨动开关,设定采集一帧图像的时间或频率,同时还可以设定内或外同步信号(内同步为“1”,外同步为“0”)。

在选用内同步时,首先需设定积分时间,根据摄像机工作环境的实际需要,通过与单片机I/O口相连接的拨动开关KEY1和KEY2设定4档积分时间。为了提高驱动信号的驱动能力,单片机先产生所需驱动信号的反向信号,然后经反相器(74HC04)后,送给线阵CCD TCD1304对应的端口使其正常工作,同步信号经一路输出接口,为用户提供同步脉冲。最后,TCD1304的输出信号经过有源滤波器滤波、放大后,从输出端得到一维视频信号 $U_o$ 。

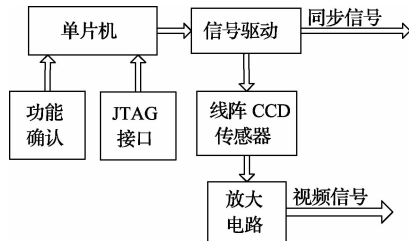


图1 TCD1304驱动电路原理

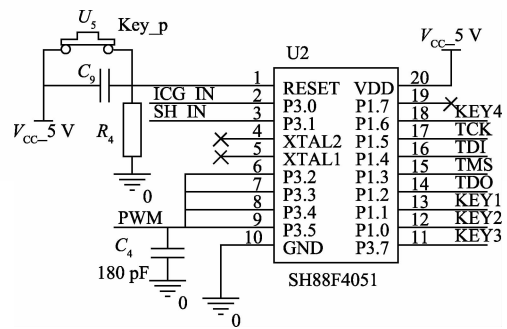


图2 控制器最小系统电路

## 3 TCD1304驱动电路的设计

### 3.1 驱动时序

图3为TCD1304的驱动脉冲相位关系图,为了确保TCD1304正常而稳定的工作,主时钟脉冲 $\phi M$ 、转移门脉冲SH和清除门脉冲ICG要满足严格的时序关系。SH、ICG和 $\phi M$ 的时序关系如图4所示,各个相位时间延时参考值如表1所示。转移门脉冲SH的周期为线阵CCD光积分时间,当清除门脉冲ICG由低电平跳变为高电平时,在主时钟脉冲 $\phi M$ 驱动下,开始输出图像信号。在电子快门模式下,光积分时间 $t_{INT}$ 大大减少,即减少曝光时间,可以采集高速运动物体的图像。

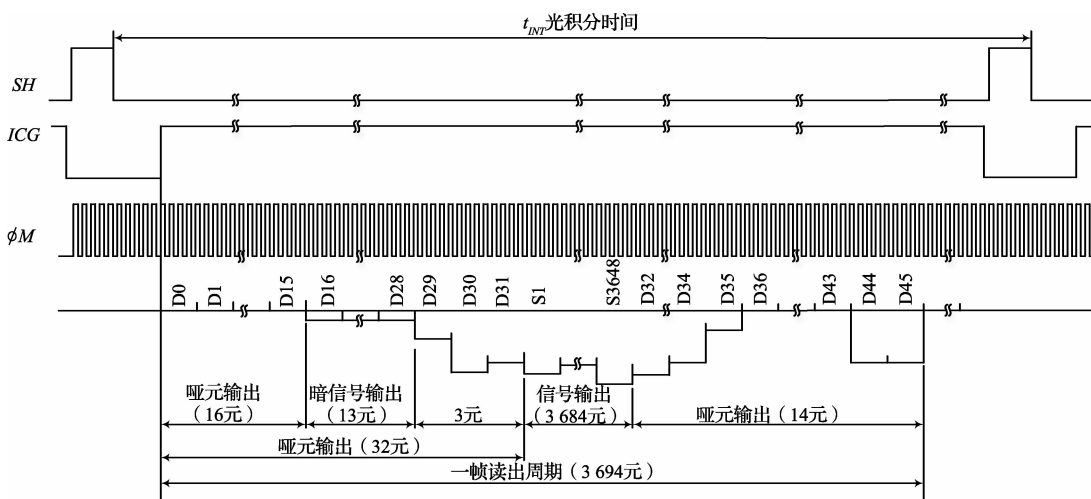


图3 TCD1304时序

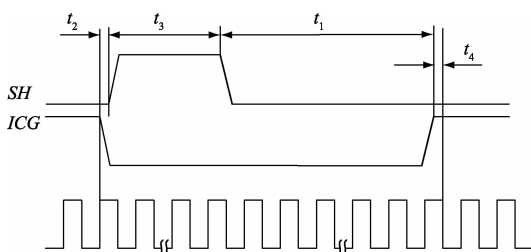


图4 TCD1304时序要求

### 3.2 滤波和放大电路的设计

由于图像信号采集及处理的频率较高,选用40M带宽的视频放大器AD812设计压控滤波器和信号放大电路,如图5所示。OS端是线阵CCD的模拟视频信号输出端,其输出的视频电压信号较小,需要送到信号放大电路进行放大。经过放大后的视频信号中存在高频杂波信号,因此采用AD812构建一阶有源压控滤波器对一维视频信号进行滤波,从而获得较高质量的一维视频信号 $U_o$ 。其

中  $R_2$  是反馈电阻,用来调整视频信号的放大倍数。为降低视频信号后续处理的难度,采用浮动阈值法对输出的视频信号进行二值化处理,图6为浮动二值化电路,比较器的阈值电压通过电阻  $R_9$  调整。当环境光强度变化时,TCD1304 输出的模拟视频信号的电压随之而变化,其输出信号电压的变化经电压跟随电路通过电阻  $R_9$  反馈到阈值上,从而确保二值化后的方波脉冲的宽度不变,即环境光的变化不会影响二值化电路进行视频信号二值化处理的结果。

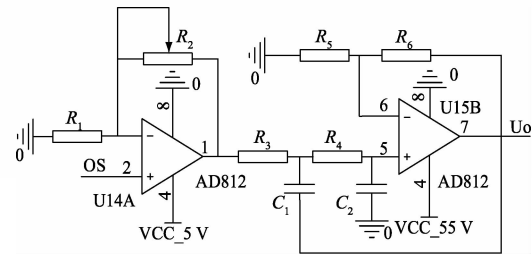


图5 CCD信号的放大滤波电路

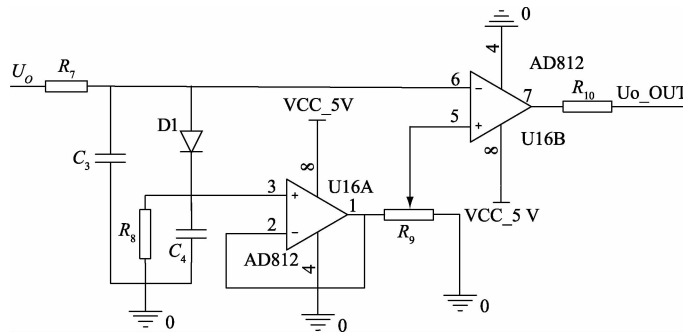


图6 视频信号的二值化电路

#### 4 试验与测试

选用 SINO WEALTH 公司的增强型单片机 SH88F4051,产生 TCD1304 所需的驱动脉冲,如图7所示,其中图(a)为 SH 和 ICG 时序关系,图(b)为 ICG 下降沿与  $\phi M$  时序关系,图(c)为 ICG 上升沿与  $\phi M$  时序关系。

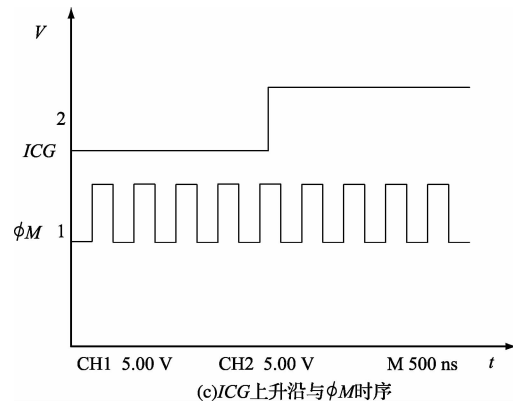
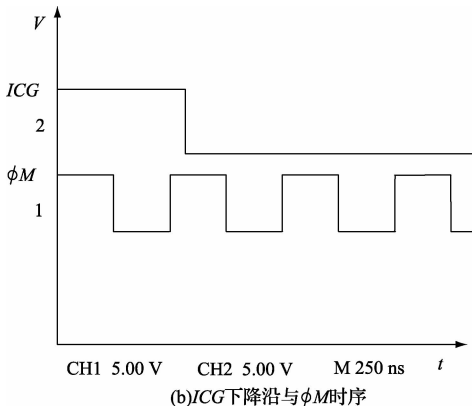
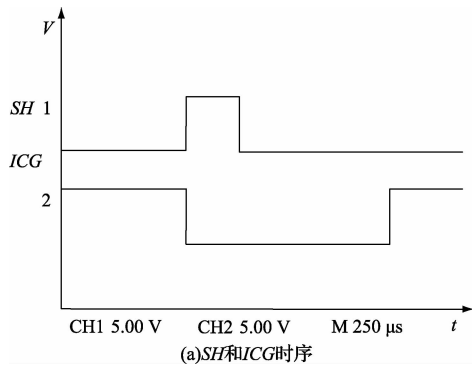


图7 TCD1304 驱动时序

驱动脉冲的时间延时接近表1给出的参考值,完全满足线阵 CCD 对驱动信号的需要。为了验证驱动电路在不同环境下的适应能力,对该电路进行信赖性实验,实验结果表明:CCD 驱动电路能够正常工作,同时该电路可以整合到其他的无接触测量系统中,提高了测量系统的集成度。在不同温度、不同光照度的环境中,对 CCD 驱动模块进行测试,测试结果显示:驱动电路工作稳定,并具有较高的精度。为了准确测试驱动电路的工作状态,搭建一个简单的测量系统,在暗室中,选用日光灯作为光源,对放置在黑纸上约 0.6 mm 的红色薄膜成像,调整成像镜头的物距和光阑,可以获得比较清晰的图像信号,如图8所示。本实验充分证明了该驱动电路使 CCD 正常稳定工作。CCD 驱动电路 PCB 板实物如图9所示。



图8 TCD1304 输出图像

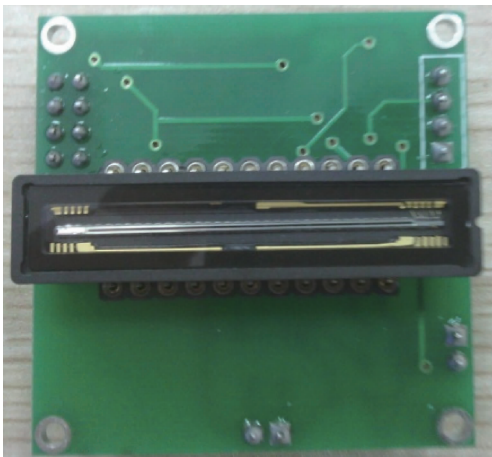


图9 CCD 驱动电路 PCB 板

对摄像机进行标定后,所测量的薄膜宽度数据如表 1 所示。

表 1 测量数据

次数	1	2	3	4
结果/mm	0.606	0.608	0.596	0.597

其测量结果平均值为 0.601 8 mm,其测量结果与实际尺寸吻合,精度较高。

## 5 结 论

在综合考虑成本、项目需要和无接触测量的实际需求的基础上进行 CCD 驱动电路设计,不仅能够充分发挥单片机可编程的特点,而且能克服以往 CCD 驱动电路的缺点,因而具有很强的市场竞争力,且较强的使用功能、较高的工作频率、较好的工作稳定性、使用灵活和方便等特点。以单片机为核心的线阵 CCD 驱动模块具有成本低、较小的体积、方便维护、性能可靠等优势。修改单片机中的程序可以构建其他型号线阵 CCD 的驱动电路,从而解决了

传统传感器所带来的不可调试、不同步、动态范围较小以及性价比低等问题。因而具有一定的实用价值和广阔的工程应用前景。

## 参 考 文 献

- [1] LI N, SHI M, YANG W J. Design and realization of traffic information collection and detection system based on linear CCD[C]. 2011 International Conference on Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT), 2011:4887-4889.
- [2] XIA J T, LI G, YANG SH H, et al. Design and realization of remote real-time data acquisition for a linear CCD camera[C]. 2011 International Conference on Electric Information and Control Engineering (ICE-ICE), 2011:4071-4074.
- [3] 王鹏,石永强,孙长库. 发动机缸体结合面孔位置度测量方法的研究[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(1): 51-56.
- [4] 崔秀美,陈峰,顾彪,等. 基于离心分层技术的便携式血液检测系统[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(9): 2124-2129.
- [5] 孙燕峰,李成贵,魏鹏. 一种基于线阵的工件外尺寸测量装置的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2012, 35(2):20-23.
- [6] GUO J J, ZHAO X W, LI M, et al. A novel rotational velocity transducer based on linear CCD[J]. Journal of Optoelectronics Laser, 2012, 23(8): 1478-1481.
- [7] 马天翔. 面阵探测器 KAI-04022 驱动电路设计与实现[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(2):58-63.
- [8] 黄彤津,朱礼尧,迟涵文,等. 基于 CPLD 的线阵 CCD 驱动电路的设计[J]. 电子测量技术, 2014, 37(7): 66-70.
- [9] ZHAO Y. Design of the time driving and image signal processing for linear CCD based on FPGA[A]. 2011 International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2011: 3088-3090.
- [10] 任慧建,殷兴辉. 基于 FPGA 的高速线阵 CCD 图像采集系统[J]. 电子测量技术, 2014, 37(11):33-36.
- [11] 唐亚军,郭喜庆,杨敬娴,等. 基于 51 单片机的线阵 CCD 驱动设计[J]. 微型机与应用, 2013, 32(12): 73-76.

## 作 者 简 介

朱礼尧,1978 年出生,讲师。主要研究方向为传感器信号采集及处理、嵌入式系统应用。  
E-mail:zly@hdu.edu.cn