**文章编号**:1002-2082(2010)02-0203-04

# 基于线阵CCD反狙击探测仪的研制

毕博瑞，薛常佳，谷 衡，张晓辉，侯风乾
(西安应用光学研究所，陕西 西安 710065)

**摘 要**:针对传统反狙击探测方法主动性差、定位精度低的不足，提出了一种运用“猫眼效应”原理实现激光主动探测的反狙击方法。系统采用半导体激光器作为光源，以线阵CCD作为激光回波探测器。光学系统将一定角度的接收视场和线阵CCD的2 160个像元位置相对应，探测精度可达mrad量级。CCD工作时序由FPGA产生，其程序可在线编译。结合帧减和阈值比较算法，最大程度上剔除了噪声，试验探测距离可达250 m。

**关键词**：反狙击探测仪；“猫眼”效应；线阵CCD；FPGA（现场可编程门阵列）
**中图分类号**：TN15；TH745 **文献标志码**：A

## Anti-sniper detector based on linear array CCD

BI Bo-rui, XUE Chang-jia, GU Heng, ZHANG Xiao-hui, HOU Feng-qian
(Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

**Abstract**: To improve the detection performance and location finding accuracy of the conventional sniper detection, an active laser detecting method was designed based on cat eye effect theory. The device takes a semiconductor laser as light source and a linear array CCD as laser echo detector. The specific reception field of view was matched with 2160 elements of linear CCD by using proper optics system, and its detection accuracy reached the level of mrad. Operation timer of CCD was created by FPGA and the program could be compiled on line and modified conveniently, which could improve the speed of design greatly. The system is simple and portable, and it has its own power management system. The detection distance reaches 250 meter after minimizing noise by frame-subtract and threshold comparing algorithm.

**Key words**: anti-sniper; cat eye effect; linear array CCD; FPGA

## 引言

在现代战场上，狙击手以战法灵活，作战单位小，战斗效能大等特点，在常规作战、维和、反恐等作战中，尤其是在城市巷战、丛林战等作战环境下，其威胁更大。准确、及时、快速地发现并消灭狙击手对我方的安全保障尤为重要。目前，各国正在积极研制和装备各种反狙击手探测系统。反狙击手探测系统按原理可分为声控测、红外探测和激光探测3种。国外发展比较成熟的产品有法国米特拉维公司的皮勒尔MK II型狙击手探测系统、美国BBN公司研制的“枪弹定位器”声学反狙击手系统、美国AAI公司研制的PDCue反狙击手声探测系统[1]。我国推出了一种基于声探测的反狙击手探测系统。

声探测和红外探测均属于被动探测，只能在敌方射击后工作。对于敌方一枪毙命的情况，这些探测的意义则大打折扣[2-5]。激光探测系统则为主动探测系统，能在狙击手开枪之前快速探测其确切方位，使其无所遁形。

**收稿日期**:2009-09-10； **修回日期**:2009-10-28
**作者简介**:毕博瑞(1980—)，男，河北衡水人，硕士，西安应用光学研究所工程师，主要从事激光探测方面的研究工作。
E-mail:biborui@163.com

## 1　激光主动探测仪设计原理

一束光进入光电设备的光学窗口,经过透镜的汇聚和反射元件的反射,其中少部分可能会反向返回,其回波强度比一般漫反射目标的回波强度强2～4个数量级[4-5],这种现象称为“猫眼”效应。系统工作时,我们主动发射激光照射可疑范围,如果敌方狙击手在该范围内,其瞄准具将会有强烈的反射。

为提高探测精度,选用TCD1208AP线阵CCD芯片作为接收探测器,它具有2 160个像元,调整发射光学系统和接收光学系统的光轴,使两者严格平行,这样可以把空间坐标和CCD的像元对应起来。在图1中,设接收视场角为$\theta$,假设视场内充满激光回波信号,经光学系统后均匀投射到CCD的2 160个像元上;实际应用中由于光学系统设计决定了目标反射激光只会照亮一个或几个像元,最多不超过5个像元,则探测定位精度为$5\theta/2\ 160$,其精度在mrad量级。根据CCD上像元的输出信息就可以解算出信号对应的空间坐标,这个信号对应的位置也就是狙击手瞄准具的位置。

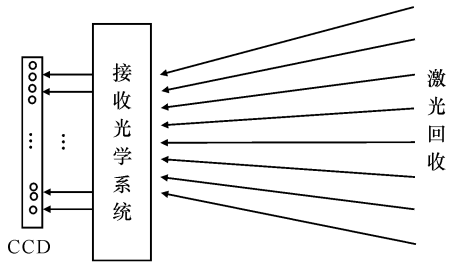


**图1　探测仪定位示意图**

**Fig. 1　Detect direction sketch diagram**

## 2　系统硬件结构

该探测仪由电源管理、激光激励器、CCD驱动、信号处理和显示模块5部分组成,如图2所示。

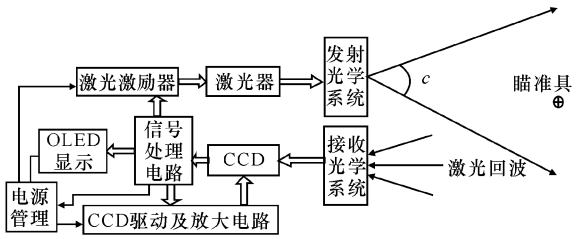


**图2　反狙击手探测仪系统图**

**Fig. 2　Anti-snipe detector system diagram**

### 2.1　电源管理部分

便携式设备2个最重要的电源设计指标是连续工作时间和待机时间,其设计中电路需要1.5 V、3.3 V、5 V、9 V4种电压,而我们采用4节大容量AAA电池,其串连最高电压为6.4 V,因此通过DC/DC升压电路把电压升高到12 V,然后再通过稳压块得到以上4种电压。为了最大程度地提高系统的工作时间,系统平时处于断电状态,采用非锁死结构的开关,只有按住按钮时系统才上电工作,这样也可降低误操作导致系统工作的可能性。电路图如图3所示。

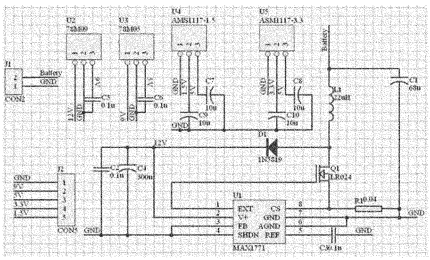

**图3　电源管理电路图**

**Fig. 3　Power management circuit**

### 2.2　激光激励器

半导体激光器虽然发散角稍大,但具有低功耗、可直接调制、体积小、重量轻、固体化、可靠性高、效率高等优点,所以本系统采用半导体激光器作为光源。选择m01激光器,其功率为最大1 W输出,如图4驱动采用恒流源电路供电。

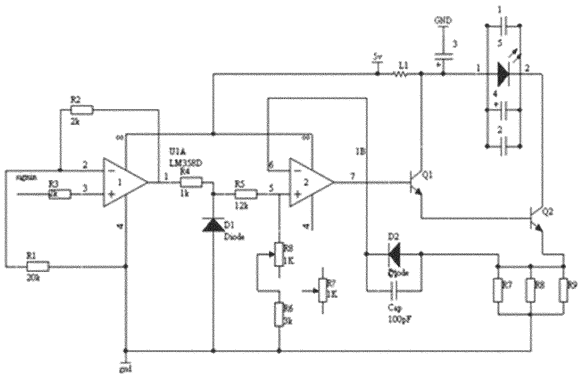

**图4　激光电源电路图**

**Fig. 4　Laser power circuit**

### 2.3　CCD驱动电路设计

该电路主要有2大功能:一是产生CCD工作所需的多路驱动时序脉冲;二是对CCD输出的原始模拟信号进行预处理。

CCD驱动时序设计采用altera公司的FPGA芯片EP1C3T144C8实现,在Quartus5.0编译环境下进行设计,软件仿真结果(见图5)符合CCD的驱

动时序要求,最终将程序经Byte-Blaster2下载线固化到配置芯片EPCS1中,在系统再次上电时程序自动加载。该方法具有体积小、功耗低、速度快、抗干扰强的特点。

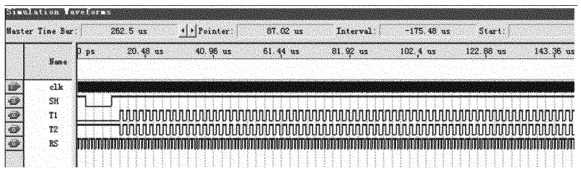


**图5　驱动时序仿真图**

**Fig. 5　Driver timing emulational diagram**

CCD器件有2路输出:一路是携带有被测信息的视频信号OS;一路是复位脉冲的干扰补偿信号DOS。为了降低噪声信号对视频信号的影响,对这2路输出进行差动放大。如图6所示,将视频信号加在AD623的同相输入端,补偿信号加在AD623的反相输入端,在放大器的输出端可得到滤除了噪声的视频信号[6]。

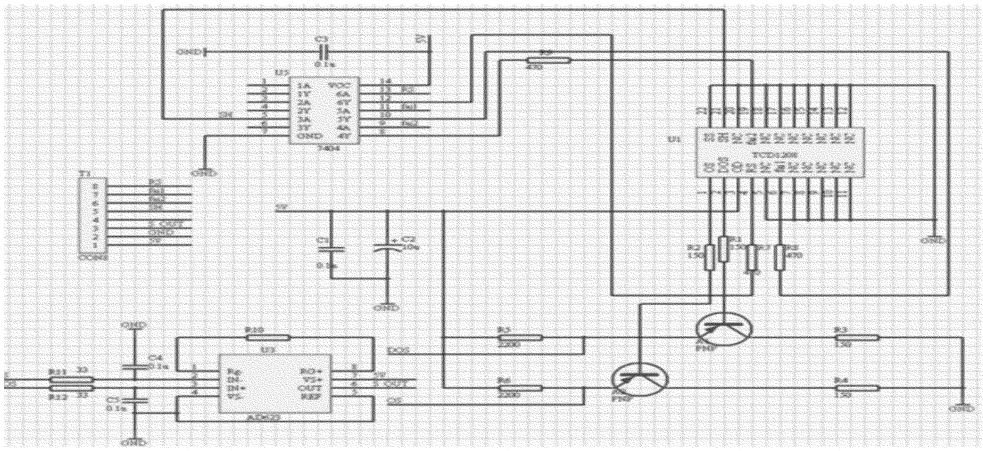

**图6　CCD驱动电路图**

**Fig. 6　Driver circuit**

### 2.4　信号处理部分

信号处理包括2部分内容:帧减模块和阈值判断模块。

前端输出的视频信号经高速AD转化成14 bit的数字信号送入FPGA,该信号中包含部分背景噪声。为了提高系统的精度,必须剔除背景噪声信号,在FPGA中我们采用帧减的方法,即采集发射激光和无发射激光时的2组信号,两者相减即可得到不含背景噪声的激光回波信号。

激光回波信号照射到CCD上一般不会是一个像元,为了提取最强信号所在像元信息,把帧减后的信号同设定的阈值进行比较得到最强信号对应的像元,这个像元对应的空间位置就是我们所要探测的狙击手的位置。

### 2.5　显示模块

为了直观观测敌方狙击手的位置,我们在观瞄系统上叠加了显示单元,当探测到敌方狙击手位置后,将以闪烁亮点的形式在观瞄视场上进行标注。图7中十字为观瞄系统的十字,黑点为对应探测目标的位置。

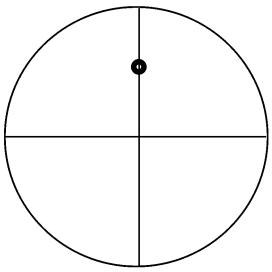

**图7　显示示意图**

**Fig. 7　Vision sketch diagram**

## 3　试验结果

试验中将模拟瞄准具分别放置于100 m、150 m、200 m、250 m和300 m处,用示波器观察CCD驱动电路后的视频信号。试验结果如表1所示。

分析结果显示:在前4个目标距离时,激光回波信号明显高于背景噪声信号,后端信号处理电路可以实现定位显示;而当瞄准具移至300 m处时,激光回波信号完全淹没于背景噪声之中,对于现有的信号采集系统来说无法提取其方位信息。

表1　探测仪试验结果

Table 1　Detector test result

| 距离/m | 噪声/mV | 信号/mV |
|---|---|---|
| 100 | 325 | 2 300 |
| 150 | 320 | 1 800 |
| 200 | 316 | 1 600 |
| 250 | 320 | 450 |
| 300 | 321 | 320 |

## 4　结论

本文提出了一种基于线阵CCD的反狙击手激光主动探测仪,其同声探测、红外探测系统相比,具有主动性强、定位精度高等优点。采用线阵CCD作为激光回波探测器,使探测精度大大提高,最高可达mrad量级。用FPGA产生CCD所需时序脉冲,简化了设计难度,修改方便,提高了开发速度。结合降噪滤波和阈值比较等算法成功提取激光信号,使探测距离有了一定的提升,室外试验最远探测距离为250 m。在电源管理方面,采用MAX1771芯片,整个系统可由4节AAA电池供电,系统结构紧凑,重量大大降低。

在现有的条件下,进一步提高激光器的输出功率将提升其作用距离。同时应设计弱信号放大和提取电路。相信它在未来战争、反恐等条件下将有很大的应用前景。

**参考文献:**

[1]　李承选.狙击手探测系统[J].现代军事,2005(11):52-55.
LI Cheng-xuan. Sniper detecting system [J]. Modern Military Affairs, 2005 (11): 52-55. (in Chinese with an English abstract)

[2]　卫正统.反狙击主动探测系统的研究[J].科学技术与工程,2007,7(23):6160-6162.
WEI Zheng-tong. Research on anti-snipe active detection system [J]. Science Technology and Engineering, 2007, 7 (23): 6160-6162. (in Chinese with an English abstract)

[3]　吴新捷,郗晓田,游林儒.声探测技术在反狙击系统中的应用[J].现代电子技术,2009(1):4-6.
WU Xin-jie, XI Xiao-tian, YOU Lin-ru. Application of sound survey technology in counter-ambush system [J]. Modern Electronic Technology, 2009, (1): 4-6. (in Chinese with an English abstract)

[4]　赵延仲,宋丰华,孙华燕.基于猫眼效应的激光主动探测系统探测能力分析[J].装备指挥技术学报,2008,19(6):80-84.
ZHAO Yan-zhong, SONG Feng-hua, SUN Hua-yan. Detection ability analysis of laser active detection system based on cat eye effect[J]. Journal of the Academy of Equipment Command and Technology, 2008, 19 (6): 80-84. (in Chinese with an English abstract)

[5]　陈宏哲,郑荣山,张英远,等.激光主动侦察技术应用[J].光电技术应用,2007,22(2):19-21.
CHEN Hong-zhe, ZHENG Rong-shan, ZHANG Yuan-ying, et al. Application of laser active intelligence technology[J]. Electro-optic Technology Application, 2007, 22 (2): 19-21. (in Chinese with an English abstract)

[6]　李彩,刘勇,王安.基于CPLD的线阵CCD数据采集系统的开发[J]. 电子技术应用,2003,29(6):37-39.
LI Cai, LIU Yong, WANG An. Design of linear array CCD data acquiring system based on CPLD [J]. Application of Electronic Technique, 2003, 29 (6): 37-39. (in Chinese with an English abstract)