

基于光电二极管的 光信号采集系统的研究

摘要：主要研究了光信号采集系统的设计和实现，设计了一种将传感器、适配放大器、A/D 转换器、存储器、控制电路、接口电路及电池集合在一起的微型化系统，将光电二极管作为光信号探测元件，并探讨了自然光及一般的环境天气的影响，提高了测试精度，扩大了应用范围。系统分别在自然光和一些外设光源下进行实验，实验结果较准确，具有一定的可行性。

关键字：光电二极管；前置放大电路；存储器

中图分类号：TP212.1 **文献标识码：**A **文章编号：**1006-883X(2011)10-0021-04

赵鹏芳 张志杰 王代华

一、引言

在生产生活中，很多现象都伴随着发光现象，例如日光、燃烧、爆炸、核辐射等，通过日光的检测可以为农业科学研究提供重要的依据；通过对爆炸后的火球的检测用来确定当量、温度等参数；通过对核辐射能量的检测可以有效的预防污染并采取保护措施。这些例子说明，光信号的采集对某些现象的分析研究起到重要的作用。

现阶段对光信号的采集主要是通过光学仪器来实现，成本较高，且调试复杂，不可在一些恶劣的环境下使用。而光电二极管由于其光敏特性，已被广泛应用于一些特殊环境的监控报警系统中，因此本文中所设计的采集系统采用光电二极管作为光接收探头，数据存储模块使用 SRAM 作为存储器，在触发采集完成后，再用 USB 接口将采集的数据读取出来，是将传感器、模拟电路、ADC、存储控制电路、接口电路及微型电池集合在一起的微型化测试系统，最终通过实验论证了该系统的可行性。

二、光电二极管的工作原理

光电转换器件主要有光电二极管、光电三极管和光电池，其中光电管主要用于信号测量，线性较好，响应时间短，光电池用于能量转换，线性相对较差，响应时间长。由于燃烧、爆炸、核辐射等瞬间发生的现象时间较短暂，大约几个微妙，因此选用光电二极管可较完整的采集到所有数据。也正是应为光电二极管的这些特性，已被广泛应用于一些监控报警电路中。

光电二极管也叫光敏二极管。光电二极管与半导体二极管在结构上是类似的，其管芯是一个具有光敏特征的 PN 结，具有单向导电性，因此工作时需加上反向电压。无光照时，有很小的饱和反向漏电流，即暗电流，此时光敏二极管截止。当受到光照时，饱和反向漏电流

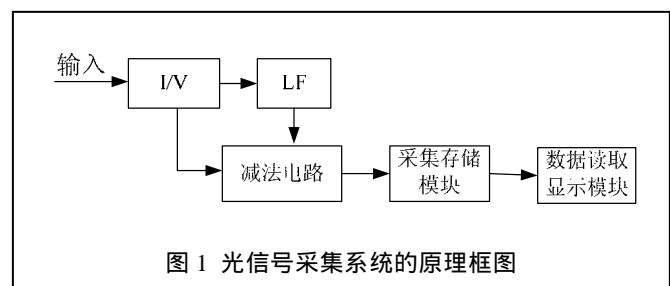


图 1 光信号采集系统的原理框图

大大的增加,形成光电流,它随入射光强度的变化而变化。当光线照射PN结时,可以使PN结中产生电子一空穴对,使少数载流子的密度增加。这些载流子在反向电压下漂移,使反向电流增加。光电二极管具有灵敏度高、响应时间短、光谱响应和所测光强范围宽等优点,主要用于红外弱光检测与开关控制方面。

三、模拟电路的设计

根据测量要求,既要精确、完整、快速捕捉到所要测量的光信号,还要排除其他光信号的干扰,其采集电路的原理框图如图1所示。光电探测器吸收热辐射,探头将获得的光信号转化为电压信号,经放大、滤波,当输出信号大于阈值时,则数据存储模块的触发指示灯灭,该模块开始工作,待存储完成后,用VB读取数据。

光敏二极管输出电流信号,为后续处理方便,首先要将其转换成电压信号,其工作模式可分为有偏压和无偏压两种形式。无偏压模式下暗电流小、线性范围大,但输出电流较小不易处理;有偏压模式可提高其响应频率,但暗电流受偏压及温度变化的影响较大。通过对比芯片资料中的参数,选用有偏压模式。在某些测试的环境中需排除自然光的干扰,将其滤除。一般环境下可以采用滤波片,但滤波片的安装和维护对测试装置的外形有一定的限制,由于自然光经转换输出的电流信号频率很低,因此在本系统中采用低通滤波的方式将其滤除。

模拟电路中的核心部件是对数放大器 MAX4206。MAX4206 是一个典型的直流对数放大器,可处理变化缓慢的直流信号,可处理五个数量级的动态范围 (InA ~10mA),其传递函数如下所示:

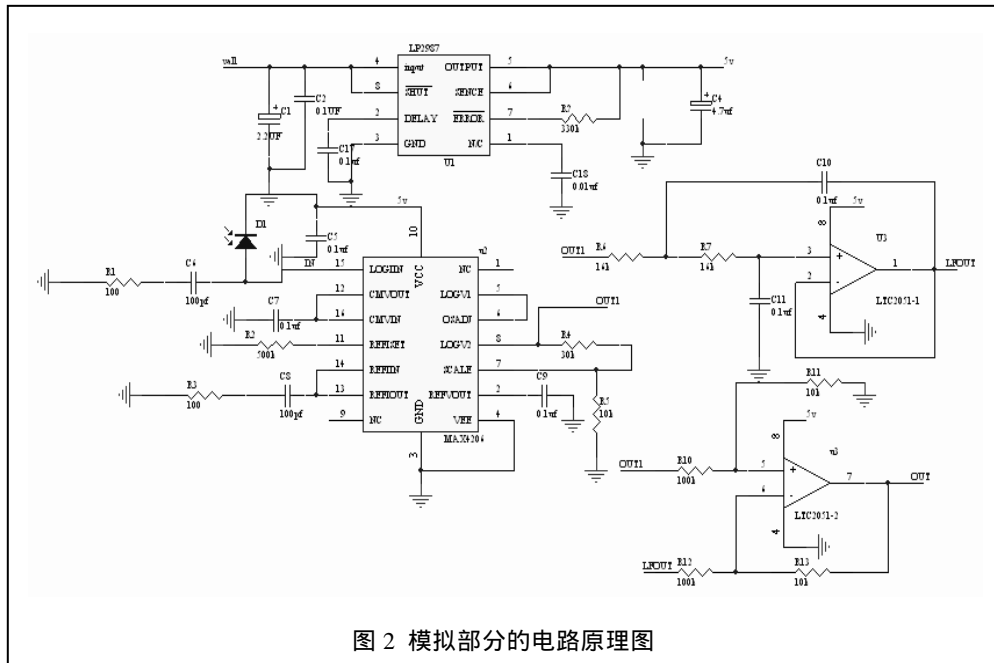


图2 模拟部分的电路原理图

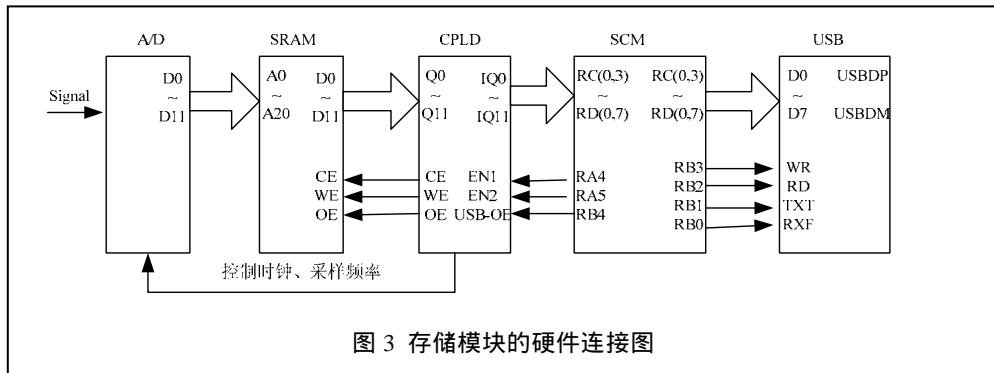


图3 存储模块的硬件连接图

$$V_{out} = \frac{kT}{q} \cdot \ln\left(\frac{I_{in}}{I_{ref}}\right) = \frac{kT}{q} \cdot \ln(10) \cdot \log_{10}\left(\frac{I_{in}}{I_{ref}}\right) = K \cdot \log_{10}\left(\frac{I_{in}}{I_{ref}}\right) \quad (1)$$

其中, K —比例因子, $K = \frac{kT}{q} \ln(10)$;

I_{ref} —参考电流, 单位: (A);

T —绝对温度, 单位: ($^{\circ}$ K);

q — 1.602×10^{-19} C;

k — 1.381×10^{-23} J/ $^{\circ}$ K;

在很多光学的传感器中,应用 MAX4206 测量光信号的衰减程度,其典型的连接方式如图2所示,输出端为OUT1。

四、采集及存储模块

为满足精确、快速的测试要求，测试系统中选用的光电二极管的响应时间为 20~30ns，因此 A/D 变换器选用分辨率为 12bit 的 AD7492，自带参考电源，其最高采样速率可达到 1Mps/s。CPLD 内部的分频器对 8MHz 的外部振荡器进行分频，输出 1MHz 的采样频率。通过改

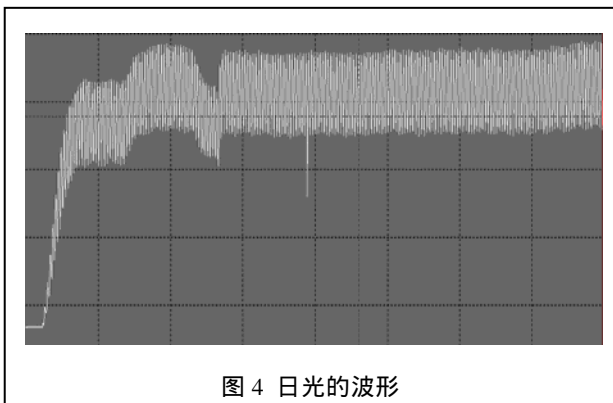


图 4 日光的波形

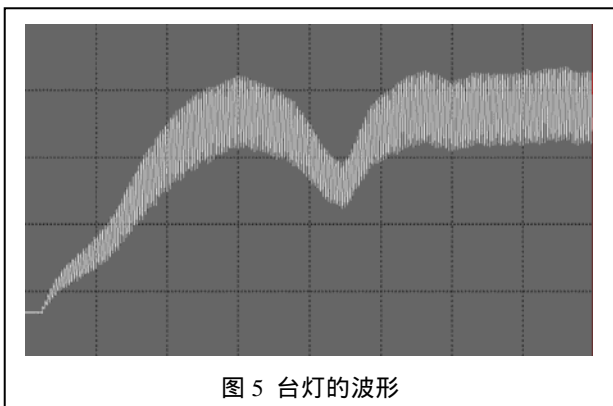


图 5 台灯的波形

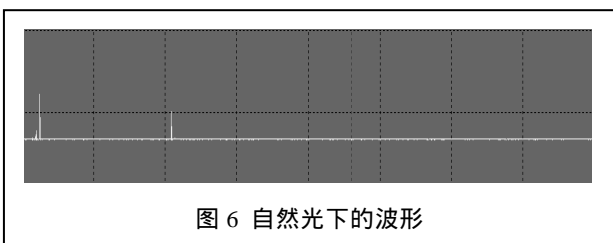


图 6 自然光下的波形

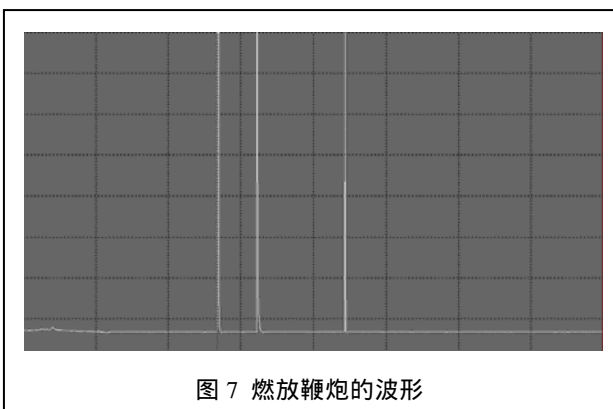


图 7 燃放鞭炮的波形

变单片机中的采样控制信号 SF1 和 SF2 的值，来改变采样频率。在本系统中采用的是 1M 的采样频率，SF1、SF2 的值均为 0。

本系统采用内触发模式，当模拟部分的输出电压大于极限电平，则系统触发，检测到内触发信号以后，CPLD 内部的负延迟计数器开始计数，A/D 变换器开始工作，并将同步转换的数据循环存入 SRAM 中缓存，在系统未触发时，数据会在 SRAM 中不停地存储，不停地被覆盖，直至负延迟计数器停止计数时会产生控制信号 TC，当单片机检测到 TC 信号为高时，使 A/D 变换器停止工作，试验结束。

存储模块的硬件连接图如图 3 所示：测试过程结束后，SRAM 中存满了通过 A/D 转换后的数据，CPLD 在系统中起到了缓存的作用，SRAM 中的 12 位数据位均与 CPLD 对应的数据位相连，作为一条数据总线，由于单片机是 8 条数据线，因此 SRAM 中的 12 位数据通过 CPLD 控制后，按照高八位和低四位顺序输入到单片机中。SRAM 中的存取操作控制信号 CE、WE、OE 均由 CPLD 相应位来控制。单片机的 RA4、RA5、RB4 分别于 CPLD 的 EN1、EN2、USB-OE 相连，EN1、EN2 用于选择把 SRAM 中的数据写入单片机中，USB-OE 的时序由单片机控制的用于控制 SRAM 的读使能信号 OE，片选信号 CE 以及写使能信号 WE。本系统中，CPLD 产生 SRAM 的地址发生信号。单片机产生 USB 端口 FT245 芯片的读写控制时钟信号。

当外设将数据传给计算机时，数据首先要通过 8 位并行 I/O 接口送入 USB 芯片内部的数据缓冲区 FT245RL 再将 8 位并行数据转化为串行数据，然后通过 USB 接口将数据发送给计算机。

五、实验结果

图 4 为在日光下不加减法电路采集到的数据，从读取的数据可估算出日光的频率为 100Hz，因此模拟电路中的低通滤波器的截止频率设置为 160Hz。

图 5 为以台灯作为光源采集到得数据，图中有一段能量下降的过程，原因是实验用的灯在开关闭合后，有一个闪烁的过程，之后才会保持长亮，从图中估算出灯泡转换后的信号频率是 100Hz。

图 6 为在自然光下采集到的数据，从图中可以很明显的看出在普通光照下不会触发测试仪器。

图 7 显示的是将三发鞭炮作为发光源采集到的数据，

从图中可以清楚的看到三枚鞭炮点燃后的发光现象。

六、结论

从实验的结果来看,此测试系统具有一定的可行性,能较准确的捕捉到光信号的整个变化过程,即可以作为单独的光信号采集电路,也可以作为某些测试装置的出发开关。从图中可以看出有一定的噪声,因此在接下来的研究中还需不断优化,降低噪声的影响。

参考文献:

- [1] 雷丁,王晓东,孙永贵等.核爆炸光信号的接受和测量[A].第五届核监测学术研讨会论文集[C].北京:防化研究所,2002:53-58.
- [2] 张燕,曾光宇,洪志刚.硅 PIN 光电二极管探测系统的研究[J].核电子学与探测技术,2008, 28(2): 391-393.
- [3] 王志刚,李晶晶,建天成.智能光电检测技术研究于电路设计[J].大庆石油学院学报,2009,33(4):99-102.
- [4] 杨希峰,刘涛,赵友博等.太阳光和天空光的光谱测量分析[J].南开大学学报(自然科学版),2004,37(4):70-74.

Research on the optical signal acquisition system based on photodiode

ZHAO Peng-fang, ZHANG Zhi-jie, WANG Dai-hua

(College of Information and Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Design and actualization of an optical signal

acquisition system is introduced in this paper. The micro system includes sensors, amplifiers, A/D converter, memory cell, control circuits, interface circuits and power. Photodiode is used as the optical detector element. The influence of natural light and environment factors on the system is discussed. It's help to raise the test accuracy and extend the application area. The experiments are completed under the conditions of natural light and special optical source. The experiment results are accurate and feasible.

Keywords: photodiode; preamplifier; memory.

作者简介

赵鹏芳,中北大学硕士研究生,专业是测试计量技术及仪器,研究方向是动态测试与智能仪器。

单位所在地:山西省太原市学院路三号中北大学 420 信箱 邮编:030051。

E-mail: zhao587@126.com.

张志杰,中北大学博士生导师,教授,目前研究方向为现代测试理论与技术、动态测试与智能仪器、数字信号处理理论与技术等。

王代华,中北大学助教,硕士,主要研究方向为无线网络与智能传感器系统。

读者服务卡编号 004