



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106959160 B

(45)授权公告日 2019.02.05

(21)申请号 201710343781.8

(22)申请日 2017.05.16

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106959160 A

(43)申请公布日 2017.07.18

(73)专利权人 广东顺德工业设计研究院(广东
顺德创新设计研究院)
地址 528300 广东省佛山市顺德区北滘镇
广东工业设计城设计广场二期B2区三
层

(72)发明人 胡艳 刘玉县 林晓明 黄炜敏

(74)专利代理机构 广州华进联合专利商标代理
有限公司 44224
代理人 黄晓庆 李巍

(51)Int.Cl.

G01J 1/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 202568245 U,2012.12.05,
CN 103383283 A,2013.11.06,
CN 203629593 U,2014.06.04,
CN 105424181 A,2016.03.23,
CN 203364966 U,2013.12.25,

审查员 周勇

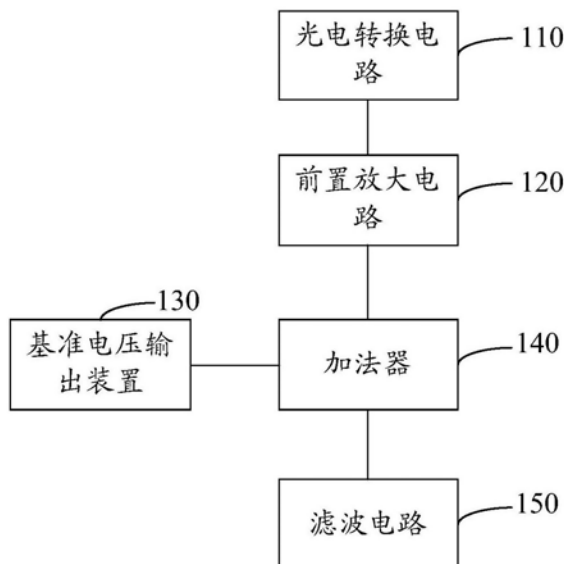
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

微弱光信号处理装置及微弱光信号检测系统

(57)摘要

本发明涉及一种微弱光信号处理装置及微弱光信号检测系统,微弱光信号处理装置包括光电转换电路、前置放大电路、基准电压输出装置、加法器和滤波电路;光电转换电路对输入的微弱光信号进行光电转换并输出微弱电信号至前置放大电路,前置放大电路对微弱电信号进行放大后输出放大电信号至加法器,基准电压输出装置输出基准电压信号至加法器,加法器对放大电信号和基准电压信号进行叠加后输出叠加信号至滤波电路,滤波电路对叠加信号进行去噪处理得到去噪信号。通过采用加法器对信号叠加,可以消除加法器内部运算放大器的输入失调电压,从而消除输入失调电压的影响,滤波电路的滤波去噪得到的去噪信号效果更好,可提高微弱光信号检测的准确性。



1. 一种微弱光信号处理装置,其特征在于,包括光电转换电路、前置放大电路、基准电压输出装置、加法器和滤波电路,还包括连接所述光电转换电路的微弱光采集装置,所述光电转换电路连接所述前置放大电路,所述前置放大电路和所述基准电压输出装置连接所述加法器,所述加法器连接所述滤波电路;

所述微弱光采集装置采集微弱光信号并将所述微弱光信号发送至所述光电转换电路;所述光电转换电路对输入的微弱光信号进行光电转换并输出微弱电信号至所述前置放大电路,所述前置放大电路对所述微弱电信号进行放大后输出放大电信号至所述加法器,所述基准电压输出装置输出基准电压信号至所述加法器,所述加法器对所述放大电信号和所述基准电压信号进行叠加后输出叠加信号至所述滤波电路,所述滤波电路对所述叠加信号进行去噪处理得到去噪信号;

所述加法器包括第一运算放大器、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第七电阻和第八电阻;

所述第四电阻一端连接所述基准电压输出装置,另一端通过所述第五电阻接地,且公共端连接所述第一运算放大器的同相输入端,所述第六电阻一端连接所述前置放大电路,另一端连接所述第一运算放大器的同相输入端,所述第七电阻一端连接所述第一运算放大器的反相输入端,另一端接地,所述第八电阻一端连接所述第一运算放大器的反相输入端,另一端连接所述第一运算放大器的输出端,所述第一运算放大器的输出端连接所述滤波电路。

2. 根据权利要求1所述的微弱光信号处理装置,其特征在于,所述光电转换电路包括光电二极管、限流电阻、滤波电容和采样电阻,所述限流电阻和所述滤波电容串联,且公共端连接所述光电二极管的阴极,所述限流电阻另一端连接电源接入端,所述滤波电容另一端接地,所述光电二极管的阳极通过所述采样电阻接地,且公共端连接所述前置放大电路。

3. 根据权利要求1所述的微弱光信号处理装置,其特征在于,所述基准电压输出装置包括电压源和分压网络,所述电压源连接所述分压网络,所述分压网络连接所述加法器。

4. 根据权利要求3所述的微弱光信号处理装置,其特征在于,所述基准电压输出装置还包括电压跟随器,所述分压网络通过所述电压跟随器连接所述加法器。

5. 根据权利要求4所述的微弱光信号处理装置,其特征在于,所述电压源包括电压基准芯片、第一电阻和第一电容,所述分压网络包括第二电阻和第三电阻;

所述第一电阻和所述第一电容串联,且公共端连接所述电压基准芯片一端和所述第二电阻一端,所述第一电阻另一端连接电源接入端,所述第一电容另一端接地,所述电压基准芯片另一端接地,所述第二电阻另一端通过所述第三电阻接地,且公共端连接所述电压跟随器的同相输入端,所述电压跟随器的反相输入端连接所述电压跟随器的输出端,所述电压跟随器的输出端连接所述加法器。

6. 根据权利要求1所述的微弱光信号处理装置,其特征在于,所述滤波电路包括第二运算放大器、第九电阻、第十电阻、第十一电阻、第十二电阻、第二电容和第三电容;

所述第九电阻与所述第十电阻串联,且公共端连接所述第二电容一端,所述第九电阻另一端连接所述加法器,所述第十电阻另一端连接所述第二运算放大器的同相输入端,且通过所述第三电容接地;

所述第二电容另一端连接所述第二运算放大器的输出端,且通过所述第十一电阻连接

所述第二运算放大器的反相输入端,所述第十二电阻一端连接所述第二运算放大器的反相输入端,另一端接地;所述第二运算放大器的输出端输出所述去噪信号。

7. 根据权利要求1所述的微弱光信号处理装置,其特征在于,所述微弱光采集装置包括透镜、反射镜、干涉滤光片和带通滤光片,

所述透镜收集所述微弱光信号并照射至所述反射镜,所述反射镜将所述微弱光信号反射,反射后的微弱光信号依次通过所述干涉滤光片和所述带通滤光片后进入所述光电转换电路。

8. 一种微弱光信号检测系统,其特征在于,包括A/D转换器、微控制器、上位机和如权利要求1-7任一项所述的微弱光信号处理装置,所述A/D转换器连接所述微控制器和所述微弱光信号处理装置的滤波电路,所述微控制器连接所述上位机;

所述A/D转换器对所述滤波电路输出的去噪信号进行模数转换得到数字信号并发送至所述微控制器,所述微控制器将所述数字信号发送至所述上位机,所述上位机根据所述数字信号生成信号图谱。

微弱光信号处理装置及微弱光信号检测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及光电检测技术领域,特别是涉及一种微弱光信号处理装置及微弱光信号检测系统。

背景技术

[0002] 微弱光信号检测是弱信号检测最重要的一个分支,在实际测量中,常采用不同的光电信息转换器把微弱的淹没在噪声中的光学信号转换成模拟电信号再进行测量,这就是微弱光信号检测的基本思路。对微弱光信号的检测是现代检测技术的重要组成部分,在军事、工业生产、生物图像分析等领域都有广泛的应用,其检测方式是采集微弱光得到微弱光信号,然后对微弱光信号进行光电检测。

[0003] 传统的对微弱光信号进行光电检测的过程是:通过光电转换器件将微弱光信号转换为电信号,再通过运放将电信号进行放大、通过有源滤波电路进行去噪处理,以达到模拟信号输出的目的。然而,放大使用的运放和有源滤波电路中的运放存在输入失调电压,会导致电路中部分信号丢失,影响检测电路的灵敏度,检测准确性低。

发明内容

[0004] 基于此,有必要针对传统的微弱光信号检测准确性低的问题,提供一种检测准确性高的微弱光信号处理装置及微弱光信号检测系统。

[0005] 一种微弱光信号处理装置,包括光电转换电路、前置放大电路、基准电压输出装置、加法器和滤波电路,所述光电转换电路连接所述前置放大电路,所述前置放大电路和所述基准电压输出装置连接所述加法器,所述加法器连接所述滤波电路;

[0006] 所述光电转换电路对输入的微弱光信号进行光电转换并输出微弱电信号至所述前置放大电路,所述前置放大电路对所述微弱电信号进行放大后输出放大电信号至所述加法器,所述基准电压输出装置输出基准电压信号至所述加法器,所述加法器对所述放大电信号和所述基准电压信号进行叠加后输出叠加信号至所述滤波电路,所述滤波电路对所述叠加信号进行去噪处理得到去噪信号。

[0007] 上述微弱光信号处理装置,先通过光电转换电路对输入的微弱光信号进行光电转换后输出微弱电信号至前置放大电路进行放大处理,然后通过加法器对前置放大电路输出的放大电信号和基准电压输出装置输出的基准电压信号进行叠加得到叠加信号,滤波电路对叠加信号进行去噪处理。加法器对放大电信号和基准电压信号的叠加可以消除加法器内部运算放大器的输入失调电压,从而消除输入失调电压对放大信号的影响,使得滤波电路的滤波去噪得到的去噪信号效果更好,从而可提高后续根据去噪信号检测微弱光信号的准确性。

[0008] 一种微弱光信号检测系统,包括A/D转换器、微控制器、上位机和上述的微弱光信号处理装置,所述A/D转换器连接所述微控制器和所述微弱光信号处理装置的滤波电路,所述微控制器连接所述上位机;

[0009] 所述A/D转换器对所述滤波电路输出的去噪信号进行模数转换得到数字信号并发送至所述微控制器,所述微控制器将所述数字信号发送至所述上位机,所述上位机根据所述数字信号生成信号图谱。

[0010] 上述微弱光信号检测系统,由于采用了上述微弱光信号处理装置,同样可消除输入失调电压的影响,提高信号检测的准确性;而且通过上位机生成信号图谱,便于查看,直观性强。

附图说明

[0011] 图1为一实施例中微弱光信号处理装置的结构图;

[0012] 图2为一实施例中光电转换电路的电路原理图;

[0013] 图3为一实施例中基准电压输出装置、加法器和滤波电路的电路原理图;

[0014] 图4为一实施例中微弱光信号检测系统的结构图。

具体实施方式

[0015] 参考图1,一实施例中的微弱光信号处理装置,包括光电转换电路110、前置放大电路120、基准电压输出装置130、加法器140和滤波电路150,光电转换电路110连接前置放大电路120,前置放大电路120和基准电压输出装置130连接加法器140,加法器140连接滤波电路150。

[0016] 光电转换电路110对输入的微弱光信号进行光电转换并输出微弱电信号至前置放大电路120,前置放大电路120对微弱电信号进行放大后输出放大电信号至加法器140,基准电压输出装置130输出基准电压信号至加法器140,加法器140对放大电信号和基准电压信号进行叠加后输出叠加信号至滤波电路150,滤波电路150对叠加信号进行去噪处理得到去噪信号。

[0017] 微弱光信号通过光电转换后得到的微弱电信号非常容易被噪声淹没,对微弱电信号的放大及处理是十分困难的,如电子器件的热噪声、运算放大器的温漂和零漂、信号的传输等,都对信号的提取和保真有非常重要的影响。故,对微弱光信号的检测,其放大和去噪效果的好坏是检测成功与否的关键;在检测之前对微弱光信号进行处理,通过设计合理的光电转换电路、滤波电路将光电转换后的微弱电信号从强噪声中提取出来,以便对提取后的信号进行检测。

[0018] 上述微弱光信号处理装置,先通过光电转换电路110对输入的微弱光信号进行光电转换后输出微弱电信号至前置放大电路120进行放大处理,然后通过加法器140对前置放大电路120输出的放大电信号和基准电压输出装置130输出的基准电压信号进行叠加得到叠加信号,滤波电路150对叠加信号进行去噪处理。加法器140对放大电信号和基准电压信号的叠加可以消除加法器140内部运算放大器的输入失调电压,从而消除输入失调电压对放大信号的影响,使得滤波电路150的滤波去噪得到的去噪信号效果更好,从而可提高后续根据去噪信号检测微弱光信号的准确性。

[0019] 具体地,滤波电路150为有源滤波电路,加法器140对放大电信号和基准电压信号的叠加可使后续的信号都有一个叠加值,这样可消除有源滤波电路中运算放大器的输入失调电压的影响,可进一步提高后续检测微弱光信号的准确性。

[0020] 在一实施例中,参考图2,光电转换电路110包括光电二极管CON1、限流电阻R20、滤波电容C51和采样电阻 R_L ,限流电阻R20和滤波电容C51串联,且公共端连接光电二极管CON1的阴极;限流电阻R20另一端连接电源接入端VCC_5V,滤波电容C51另一端接地;光电二极管CON1的阳极通过采样电阻 R_L 接地,且公共端连接前置放大电路120。具体地,光电二极管CON1和采样电阻 R_L 的公共端可通过端口PD_IN连接前置放大电路120。

[0021] 光电二极管CON1反向连接在电路中,将微弱光信号转换为微弱的电流信号,再经采样电阻 R_L 将电流信号转化为微弱的电压信号,即输出至前置放大电路120的微弱信号为电压信号;改变采样电阻 R_L 的阻值,就可以改变输入前置放大电路120的电压信号的大小。电源接入端VCC_5V用于接入电源电压,通过限流电阻R20和滤波电容C51对接入的电源电压进行滤波,可提高信号处理的准确性。

[0022] 在一实施例中,前置放大电路120采用MAX4477双运放集成芯片。一方面,MAX4477双运放集成芯片中的运算放大器具有超低的输入电压噪声密度($4.5nV/\sqrt{Hz}$)和超低的输入电流噪声密度($0.5fA/\sqrt{Hz}$),对微弱电信号放大的效果好;另一方面,由于集成芯片体积小,因此采用MAX4477双运放集成芯片可大大缩小电路空间,节约了开发成本。

[0023] 在一实施例中,参考图3,基准电压输出装置130包括电压源131和分压网络132,电压源131连接分压网络132,分压网络132连接加法器140。

[0024] 分压网络132将电压源131输出的电压进行分压后输出部分电压作为基准电压信号输出到加法器140。通过采用电压源131和分压网络132组成基准电压输出装置130,结构简单且实用。

[0025] 在一实施例中,继续参考图3,基准电压输出装置130还包括电压跟随器U11-B,分压网络132通过电压跟随器U11-B连接加法器140。

[0026] 电压跟随器U11-B的输入阻抗高、输出阻抗低,通过电压跟随器U11-B连接在分压网络132与加法器140之间,可用于缓冲和隔离。

[0027] 具体地,继续参考图3,电压源131包括电压基准芯片U12、第一电阻R6和第一电容C2,分压网络132包括第二电阻R8和第三电阻R7。

[0028] 第一电阻R6和第一电容C2串联,且公共端连接电压基准芯片U12一端和第二电阻R8一端;第一电阻R6另一端连接电源接入端VCC_5V,电源接入端VCC_5V接入电源电压;第一电容C2另一端接地,电压基准芯片U12另一端接地。第二电阻R8另一端通过第三电阻R7接地,且公共端连接电压跟随器U11-B的同相输入端,电压跟随器U11-B的反相输入端连接电压跟随器U11-B的输出端,电压跟随器U11-B的输出端连接加法器140。

[0029] 电压基准芯片U12输出基准电压,基准电压通过第二电阻R8和第三电阻R7组成的分压网络132进行分压。通过采用第一电阻R6和第一电容C2对接入的电源电压进行滤波,可进一步提高基准电压输出装置130输出基准电压信号的准确性。

[0030] 具体地,电压基准芯片U12采用型号为LM4040A25的高精度电压源芯片。LM4040A25采用5V输入电压,稳定输出2.5V,输出最大公差0.1%,能很好地避免基准电压对其他电路部分带来的影响。

[0031] 在一实施例中,请继续参考图3,加法器140包括第一运算放大器U11-A、第四电阻R2、第五电阻R4、第六电阻R1、第七电阻R5和第八电阻R3。第四电阻R2一端连接基准电压输

出装置130,具体地,第四电阻R2连接电压跟随器U11-B的输出端;第四电阻R2另一端通过第五电阻R4接地,且公共端连接第一运算放大器U11-A的同相输入端。第六电阻R1一端连接前置放大电路120,具体可通过端口PD_OUT连接前置放大电路120;第六电阻R1另一端连接第一运算放大器U11-A的同相输入端。第七电阻R5一端连接第一运算放大器U11-A的反相输入端,另一端接地;第八电阻R3一端连接第一运算放大器U11-A的反相输入端,另一端连接第一运算放大器U11-A的输出端,第一运算放大器U11-A的输出端连接滤波电路150。

[0032] 具体地,第一运算放大器U11-A连接正压电源VCC_9V的一端通过电容C4接地;第一运算放大器U11-A连接负压电源VSS_9V的一端通过电容C3接地。

[0033] 在一实施例中,滤波电路150包括第二运算放大器U11-D、第九电阻R9、第十电阻R10、第十一电阻R11、第十二电阻R12、第二电容C5和第三电容C1。第九电阻R9与第十电阻R10串联,且公共端连接第二电容C5一端,第九电阻R9另一端连接加法器140,具体地,第九电阻R9连接第一运算放大器U11-A的输出端;第十电阻R10另一端连接第二运算放大器U11-D的同相输入端,且通过第三电容C1接地。第二电容C5另一端连接第二运算放大器U11-D的输出端,且通过第十一电阻R11连接第二运算放大器U11-D的反相输入端;第十二电阻R12一端连接第二运算放大器U11-D的反相输入端,另一端接地;第二运算放大器U11-D的输出端输出噪声信号。

[0034] 通过采用第二运算放大器U11-D、第九电阻R9、第十电阻R10、第十一电阻R11、第十二电阻R12、第二电容C5和第三电容C1构成二阶低通有源滤波电路,输入的叠加信号经过RC滤波后进入到第二运算放大器U11-D的同相输入端,从第二运算放大器U11-D的输出端再反馈一个信号经另一路RC滤波返回到第二运算放大器U11-D的同相输入端,选取合适的RC参数,可以很好地去除噪声。

[0035] 具体地,电压跟随器U11-B、第一运算放大器U11-A和第二运算放大器U11-D分别为OPA4188中的运算放大器。

[0036] OPA4188包括四路运算放大器,采用其中的一路运算放大器用作电压跟随器U11-B,一路运算放大器用作第一运算放大器U11-A,一路运算放大器用作第二运算放大器U11-D。OPA4188是一款输入电压范围宽($\pm 2V$ - $\pm 18V$)、双电源供电、轨对轨输出的集成芯片,其低至 $0.03\mu V/^\circ C$ 的温漂特性使其不容易受环境温度的影响,有效地避免了温度对微弱信号的影响,最大 $25\mu V$ 的输入失调电压能够提供宽范围的信号输入和提高对微弱信号检测的灵敏度。

[0037] 在一实施例中,上述微弱光信号处理装置还包括连接光电转换电路110的微弱光采集装置(图未示),微弱光采集装置采集微弱光信号并将微弱光信号发送至光电转换电路110。

[0038] 具体地,微弱光采集装置包括透镜、反射镜、干涉滤光片和带通滤光片。透镜收集微弱光信号并照射至反射镜,反射镜将微弱光信号反射,反射后的微弱光信号依次通过干涉滤光片和带通滤光片后进入光电转换电路110。

[0039] 通过透镜、反射镜、干涉滤光片和带通滤光片组成的微弱光采集装置,可将微弱光信号基本无损地传输到光电转换电路110,保证微弱光信号的完整性,也可以有效避免杂散光对微弱光信号的影响。

[0040] 参考图4,一实施例中的一种微弱光信号检测系统,包括A/D(模拟/数字)转换器

210、微控制器220、上位机230和上述微弱光信号处理装置,A/D转换器210连接微控制器220和微弱光信号处理装置的滤波电路150,微控制器220连接上位机230。

[0041] A/D转换器210对滤波电路150输出的去噪信号进行模数转换得到数字信号并发送至微控制器220,微控制器220将数字信号发送至上位机230,上位机230根据数字信号生成信号图谱。

[0042] 具体地,在上位机230上装载数据处理软件,使用数据处理软件将数字信号以图像曲线和条形图的形式显示成信号图谱。

[0043] 上述微弱光信号检测系统,由于采用了上述微弱光信号处理装置,同样可消除输入失调电压的影响,提高信号检测的准确性;而且通过上位机230生成信号图谱,便于查看,直观性强。

[0044] 在一实施例中,A/D转换器210采用16位高速ADC(Analog-to-Digital Converter模拟-数字转换器)。16位高速ADC最高转换速度可达1Msps,所需参考电压源由型号为LM4040A25的高精度电压源芯片提供,多达4种启动ADC转换的方式带来更多选择,可有效节省系统资源,能够有效地将模拟信号转换为数字信号。

[0045] 在一实施例中,微控制器220为C8051F060单片机。C8051F060单片机可选择内外部晶振作为系统时钟源,外部晶振频率最高可达22.1184MHz;C8051F060单片机丰富的内部资源能够满足整个系统的设计需要,可准确无误地将A/D转换器210转换而来的数字信号经串口发送到上位机230。

[0046] 上述微弱光信号检测系统可以应用于微滴荧光检测,微弱光信号为激光激发带染料的微滴发出的荧光,可以提高微滴荧光检测的准确性。一具体例中,从上位机230端显示的信号图谱来看,微弱光信号检测系统能够将噪声控制在13(数字量)左右,而且在不同环境下进行多次重复采集同样的微弱光信号,最终得到的信号图谱都基本一致,效果较好。

[0047] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0048] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

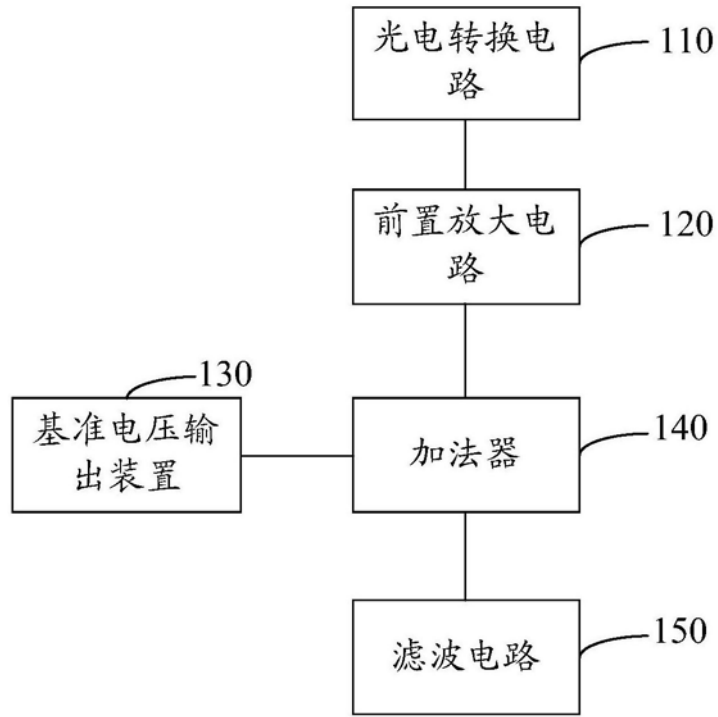


图1

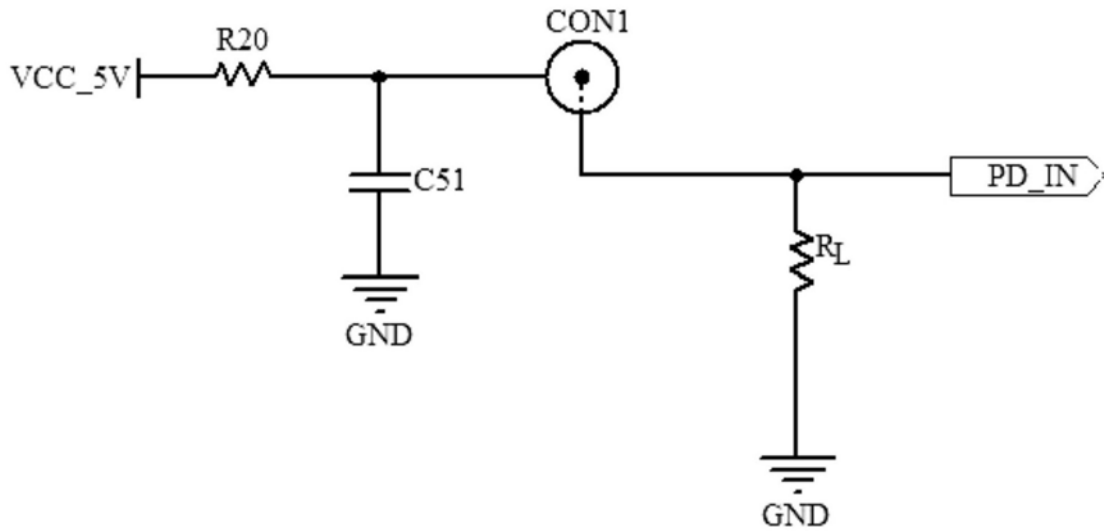


图2

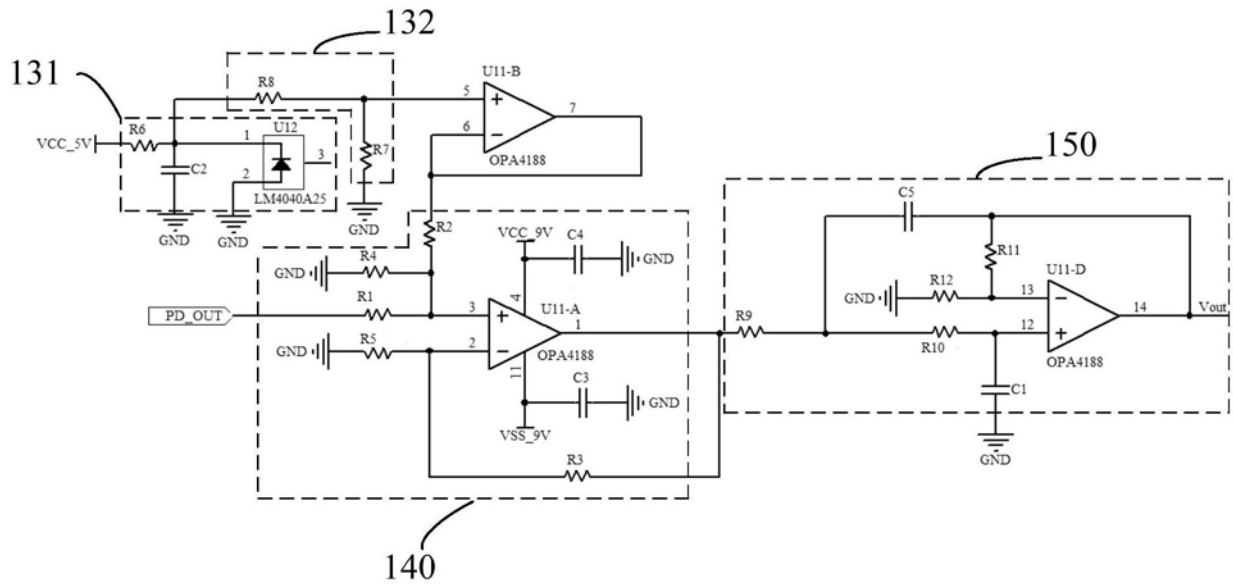


图3

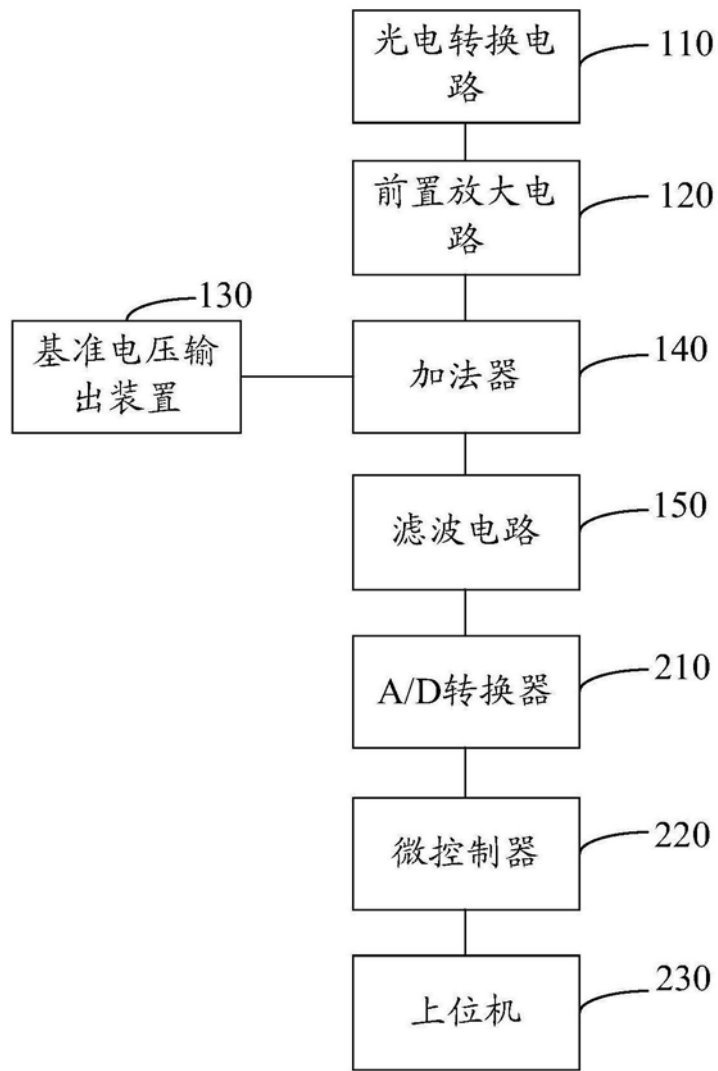


图4