



# (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 217606304 U

(45) 授权公告日 2022. 10. 18

(21) 申请号 202221820889.4

(22) 申请日 2022.07.15

(73) 专利权人 杭州智屹科技有限公司  
地址 310000 浙江省杭州市滨江区长河街  
道江二路400号1幢4层402室

(72) 发明人 李松

(51) Int. Cl.  
G05F 1/567 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

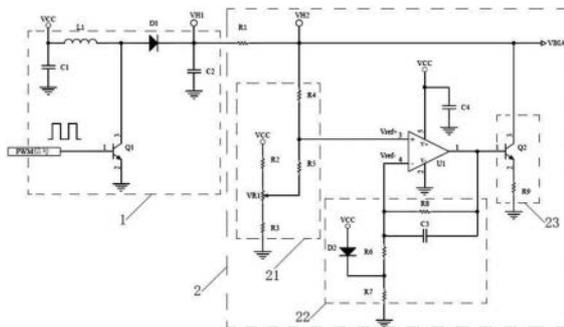
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

## (54) 实用新型名称

一种带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路

## (57) 摘要

本实用新型公开了一种带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,包括偏置高压发生电路以及与偏置高压发生电路连接的温度补偿电路,偏置高压发生电路和温度补偿电路分别连接电源电压VCC,并经偏置高压发生电路输出满足雪崩二极管在整个工作温度范围内的最大反向偏置高压要求的电压VH1,经温度补偿电路输出电压VH2和偏置电压VBIAS,温度补偿电路包括反向偏置高压监控电路、温度补偿参考电压发生电路、放电降压电路以及运算放大器U1,在温度发生变化时,通过温度补偿参考电压发生电路使Vref+电压与Vref-电压建立在一个动态相等的平衡状态。本实用新型结构简单,不需要专门的温度传感器,也不需要单片机和相应的算法,单纯依靠硬件电路即可实现温度补偿。



CN 217606304 U

1. 一种带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,其特征在于,包括偏置高压发生电路(1)以及与所述偏置高压发生电路(1)连接的温度补偿电路(2),所述偏置高压发生电路(1)和所述温度补偿电路(2)分别连接电源电压VCC,并经所述偏置高压发生电路(1)输出满足雪崩二极管在整个工作温度范围内的最大反向偏置高压要求的电压VH1,经所述温度补偿电路(2)输出电压VH2和偏置电压VBIAS,所述温度补偿电路(2)包括反向偏置高压监控电路(21)、温度补偿参考电压发生电路(22)、放电降压电路(23)以及运算放大器U1,所述反向偏置高压监控电路(21)与所述运算放大器U1的正相输入端连接,在所述运算放大器U1的正相输入端形成Vref+电压,所述温度补偿参考电压发生电路(22)与所述运算放大器U1的反相输入端连接,在所述运算放大器U1的反相输入端形成Vref-电压,所述运算放大器U1的输出端与所述放电降压电路(23)连接,所述放电降压电路(23)与电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端连接。

2. 根据权利要求1所述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,其特征在于,所述反向偏置高压监控电路(21)包括电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5以及可变电阻VR1,电阻R2、可变电阻VR1、电阻R3串联接地,电阻R2另一端接电源电压VCC,电阻R4和电阻R5串联,电阻R4另一端与偏置电压VBIAS的电压输出端连接,电阻R5另一端与可变电阻VR1的滑动端连接,所述运算放大器U1的正相输入端连接在电阻R4和电阻R5之间。

3. 根据权利要求2所述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,其特征在于,所述温度补偿参考电压发生电路(22)包括电阻R6、电阻R7、电阻R8、二极管D2以及电容C3,电阻R6和电阻R7串联,电阻R7另一端接地,电阻R6另一端一方面与所述运算放大器U1的反相输入端连接,另一方面经并联的电阻R8和电容C3与所述运算放大器U1的输出端连接,二极管D2的正极接电源电压VCC,负极接在电阻R6和电阻R7之间。

4. 根据权利要求3所述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,其特征在于,电阻R8的电阻阻值与电阻R4的电阻阻值相同,电阻R6和电阻R7的电阻阻值之和与电阻R2、电阻R3、电阻R5以及可变电阻VR1的等效电阻阻值相近。

5. 根据权利要求1所述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,其特征在于,所述放电降压电路(23)包括晶体管Q2和电阻R9,晶体管Q2的基极与所述运算放大器U1的输出端连接,晶体管Q2的集电极与电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端连接,晶体管Q2的发射极与电阻R9连接,电阻R9另一端接地。

6. 根据权利要求1所述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,其特征在于,所述偏置高压发生电路(1)包括晶体管Q1、电容C1、功率电感L1、二极管D1以及电容C2,功率电感L1一端与电源电压VCC连接并经电容C1接地,功率电感L1另一端与二极管D1的正极连接,二极管D1的负极一方面经电容C2接地,另一方面与电压VH1、电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端连接,晶体管Q1的基极连接PWM驱动信号,晶体管Q1的集电极连接在功率电感L1和二极管D1之间,晶体管Q1的发射极接地。

7. 根据权利要求6所述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,其特征在于,电压VH1的电压输出端与电压VH2的电压输出端之间连接有电阻R1。

8. 根据权利要求3所述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,其特征在于,在温度发生变化时,二极管D2的正向导通电压变化值为 $\Delta D2$ ,电压VH2的变化值为 $\Delta VH2$ ,电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电阻R8以及可变电阻VR1的电阻阻值满足条件: $\Delta$

$D2/\Delta V_{H2}$  = 二极管D2的温度系数/雪崩二极管的温度系数。

9. 根据权利要求8所述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,其特征在于,电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电阻R8,以及可变电阻VR1的电阻阻值分别为1k $\Omega$ 、2.7k $\Omega$ 、10M $\Omega$ 、13.6k $\Omega$ 、10k $\Omega$ 、4.7k $\Omega$ 、10M $\Omega$ ,以及100 $\Omega$ 。

10. 根据权利要求6所述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,其特征在于,所述PWM驱动信号的信号参数为:频率20KHz、占空比50%、电压3.3V。

## 一种带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及光电传感器电路技术领域,具体涉及一种带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路。

### 背景技术

[0002] 雪崩二极管(Avalanche diode)是一种常用的光电传感器,利用PN结的雪崩击穿原理(PN节反向电压增大到一定数值时,载流子倍增就像雪崩一样,增加的多而快),具有高灵敏度和自带光电流增益的特性,广泛用于各种需要将光信号转变为电信号的应用和产品中,例如激光测距仪、激光雷达等。

[0003] 雪崩二极管使用时需要施加一个方向的偏置电压,不同偏置电压对应不同的增益(光电流的放大倍数),而且相同增益对应的偏置电压对温度非常敏感,存在一个正的温度系数,即温度上升时对应的相同增益的偏置电压上升。使用雪崩二极管的产品,通常都需要满足宽泛的工作温度范围,同时希望在整个工作温度范围内,保持增益稳定,这就需要偏置高压电路带温度补偿功能。目前,解决这一问题主要包括两类方案:

[0004] 方案一:偏置高压电路为雪崩二极管提供固定的反向偏置高压。

[0005] 此方案的缺点:由于在不同工作温度下反向偏置电压都是固定不变的,因此雪崩二极管的增益是随着工作温度的变化而改变的,从而造成雪崩二极管输出光电流也随工作温度的变化而改变。

[0006] 方案二:增加温度传感器实时监控雪崩二极管的工作温度,增加偏置高压监控电路,通过单片机(或其它处理器)读取温度传感器和偏置高压。并且结合雪崩二极管温度系数计算不同工作温度下的理想偏置高压,通过单片机控制偏置高压电路输出所需的电压。

[0007] 此方案的缺点:增加了众多的电子元件,间接提供的成本。系统也更为复杂,涉及硬件、软件、温度传感器和偏置高压的数据读取、计算、偏置高压电路控制。

### 实用新型内容

[0008] 为了解决上述技术存在的缺陷,本实用新型提供一种结构简单,不需要专

[0009] 门的温度传感器,也不需要单片机和相应的算法,单纯依靠硬件电路即可实现温度补偿功能的雪崩二极管偏置高压电路。

[0010] 本实用新型实现上述技术效果所采用的技术方案是:

[0011] 一种带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路,包括偏置高压发生电路以及与所述偏置高压发生电路连接的温度补偿电路,所述偏置高压发生电路和所述温度补偿电路分别连接电源电压VCC,并经所述偏置高压发生电路输出满足雪崩二极管在整个工作温度范围内的最大反向偏置高压要求的电压VH1,经所述温度补偿电路输出电压VH2和偏置电压VBIAS,所述温度补偿电路包括反向偏置高压监控电路、温度补偿参考电压发生电路、放电降压电路以及运算放大器 U1,所述反向偏置高压监控电路与所述运算放大器U1的正相输入端连接,在所述运算放大器U1的正相输入端形成Vref+电压,所述温度补偿参考电压发生

电路与所述运算放大器U1的反相输入端连接,在所述运算放大器U1的反相输入端形成Vref-电压,所述运算放大器U1的输出端与所述放电降压电路连接,所述放电降压电路与电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端连接。

[0012] 优选地,在上述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路中,所述反向偏置高压监控电路包括电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5以及可变电阻VR1,电阻R2、可变电阻VR1、电阻R3串联接地,电阻R2另一端接电源电压VCC,电阻R4和电阻R5串联,电阻R4另一端与偏置电压VBIAS的电压输出端连接,电阻R5另一端与可变电阻VR1的滑动端连接,所述运算放大器U1的正相输入端连接在电阻R4和电阻R5之间。

[0013] 优选地,在上述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路中,所述温度补偿参考电压发生电路包括电阻R6、电阻R7、电阻R8、二极管D2以及电容C3,电阻R6和电阻R7串联,电阻R7另一端接地,电阻R6另一端一方面与所述运算放大器U1的反相输入端连接,另一方面经并联的电阻R8和电容C3与所述运算放大器U1的输出端连接,二极管D2的正极接电源电压VCC,负极接在电阻R6和电阻R7之间。

[0014] 优选地,在上述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路中,电阻R8的电阻阻值与电阻R4的电阻阻值相同,电阻R6和电阻R7的电阻阻值之和与电阻R2、电阻R3、电阻R5以及可变电阻VR1的等效电阻阻值相近。

[0015] 优选地,在上述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路中,所述放电降压电路包括晶体管Q2和电阻R9,晶体管Q2的基极与所述运算放大器U1的输出端连接,晶体管Q2的集电极与电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端连接,晶体管Q2的发射极与电阻R9连接,电阻R9另一端接地。

[0016] 优选地,在上述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路中,所述偏置高压发生电路包括晶体管Q1、电容C1、功率电感L1、二极管D1以及电容C2,功率电感L1一端与电源电压VCC连接并经电容C1接地,功率电感L1另一端与二极管D1的正极连接,二极管D1的负极一方面经电容C2接地,另一方面与电压VH1、电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端连接,晶体管Q1的基极连接PWM驱动信号,晶体管Q1的集电极连接在功率电感L1和二极管D1之间,晶体管Q1的发射极接地。

[0017] 优选地,在上述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路中,电压VH1 的电压输出端与电压VH2的电压输出端之间连接有电阻R1。

[0018] 优选地,在上述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路中,在温度发生变化时,二极管D2的正向导通电压变化值为 $\Delta D2$ ,电压VH2的变化值为 $\Delta VH2$ ,电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电阻R8以及可变电阻VR1的电阻阻值满足条件: $\Delta D2/\Delta VH2 = \text{二极管D2的温度系数}/\text{雪崩二极管的温度系数}$ 。

[0019] 优选地,在上述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路中,电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电阻R8,以及可变电阻VR1 的电阻阻值分别为 $1k\Omega$ 、 $2.7k\Omega$ 、 $10M\Omega$ 、 $13.6k\Omega$ 、 $10k\Omega$ 、 $4.7k\Omega$ 、 $10M\Omega$ ,以及 $100\Omega$ 。

[0020] 优选地,在上述的带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路中,所述PWM 驱动信号的信号参数为:频率20KHz、占空比50%、电压3.3V。

[0021] 本实用新型的有益效果为:本实用新型结构简单,不需要专门的温度传感器,也不需要单片机和相应的算法,单纯依靠硬件电路即可实现雪崩二极管偏置高压电路的温度补

偿功能,通过反向偏置高压监控电路的调节功能,使电路可以适用于雪崩二极管不同反向偏置电压及增益的需求,具有实时、高效、可靠、成本低的优点。

## 附图说明

[0022] 图1为本实用新型的电路图。

## 具体实施方式

[0023] 为使对本实用新型作进一步的了解,下面参照说明书附图和具体实施例对本实用新型作进一步说明:

[0024] 请参见图1,如图所示,本实用新型提供的一种带温度补偿的雪崩二极管偏置高压电路由纯硬件电路构成,其包括偏置高压发生电路1以及与偏置高压发生电路1连接的温度补偿电路2。其中,该偏置高压发生电路1和温度补偿电路2分别连接电源电压VCC,并经偏置高压发生电路1输出满足雪崩二极管在整个工作温度范围内的最大反向偏置高压要求的电压VH1,经温度补偿电路2输出电压VH2和偏置电压VBIAS。具体地,如图1所示,该温度补偿电路2包括反向偏置高压监控电路21、温度补偿参考电压发生电路22、放电降压电路23以及运算放大器U1。其中,该反向偏置高压监控电路21与运算放大器U1的正相输入端连接,在运算放大器U1的正相输入端形成Vref+电压。温度补偿参考电压发生电路22与运算放大器U1的反相输入端连接,在运算放大器U1的反相输入端形成Vref-电压。运算放大器U1的输出端与放电降压电路23连接,放电降压电路23与电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端连接。在温度发生变化时,通过温度补偿参考电压发生电路22使Vref+电压与Vref-电压建立在一个动态相等的平衡状态。

[0025] 进一步地,在本实用新型的实施例中,如图1所示,该反向偏置高压监控电路21包括电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5以及可变电阻VR1。其中,该电阻R2、可变电阻VR1、电阻R3串联接地,电阻R2另一端接电源电压VCC。电阻R4和电阻R5串联,电阻R4另一端与偏置电压VBIAS的电压输出端连接,电阻R5另一端与可变电阻VR1的滑动端连接,运算放大器U1的正相输入端连接在电阻R4和电阻R5之间。温度补偿参考电压发生电路22包括电阻R6、电阻R7、电阻R8、二极管D2以及电容C3。其中,电阻R6和电阻R7串联,电阻R7另一端接地,电阻R6另一端一方面与运算放大器U1的反相输入端连接,另一方面经并联的电阻R8和电容C3与运算放大器U1的输出端连接。二极管D2的正极接电源电压VCC,负极接在电阻R6和电阻R7之间,C3的作用是消除U1输出极性反转时产生的信号毛刺。Vref+电压由五颗电阻共同产生,当电压VH2和偏置电压VBIAS代表相同的电压,即输出给雪崩二极管的反向偏置高压。电压VH2越高,Vref+电压越高,通过调节可变电阻VR1,可以改变Vref+电压。

[0026] 具体地,在本实用新型的实施例中,该电阻R8的电阻阻值与电阻R4的电阻阻值相同,其中,电阻R6和电阻R7的电阻阻值之和与电阻R2、电阻R3、电阻R5以及可变电阻VR1的等效电阻阻值相近。

[0027] 进一步地,在本实用新型的实施例中,如图1所示,该放电降压电路23包括晶体管Q2和电阻R9。其中,该晶体管Q2的基极与运算放大器U1的输出端连接,晶体管Q2的集电极与电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端连接,晶体管Q2的发射极与电阻R9连接,电阻R9另一端接地。晶体管Q2的作用是通过电阻R9为电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端放电,

这会降低电压VH2和偏置电压VBIAS,使其电压低于电压VH1。偏置高压发生电路1 包括晶体管Q1、电容C1、功率电感L1、二极管D1以及电容C2。其中,该功率电感L1一端与电源电压VCC连接并经电容C1接地,功率电感L1另一端与二极管D1的正极连接。二极管D1的负极一方面经电容C2接地,另一方面与电压VH1、电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端连接。晶体管Q1的基极连接PWM驱动信号,晶体管Q1的集电极连接在功率电感L1和二极管D1之间,晶体管Q1的发射极接地。电压VH1的电压输出端与电压VH2的电压输出端之间连接有电阻R1,其中,VH1电压需要满足雪崩二极管反向偏置高压的需求。

[0028] 具体地,在本实用新型的实施例中,在温度发生变化时,二极管D2的正向导通电压变化值为 $\Delta D2$ ,电压VH2的变化值为 $\Delta VH2$ ,电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电阻R8以及可变电阻VR1的电阻阻值满足条件: $\Delta D2/\Delta VH2 = \text{二极管D2的温度系数}/\text{雪崩二极管的温度系数}$ 。

[0029] 作为一种具体的实施方式,该电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻 R6、电阻R7、电阻R8,以及可变电阻VR1的电阻阻值分别为 $1k\Omega$ 、 $2.7k\Omega$ 、 $10M\Omega$ 、 $13.6k\Omega$ 、 $10k\Omega$ 、 $4.7k\Omega$ 、 $10M\Omega$ ,以及 $100\Omega$ 。PWM驱动信号的信号参数为:频率20KHz、占空比50%、电压3.3V。其中,晶体管Q1和晶体管 Q2采用型号为MMBT6517的NPN型晶体管,二极管D1采用型号为BAS21的开关二极管,运算放大器U1采用型号为LMV321M7的单通道运算放大器,电容C1、电容C2、电容C3、电容C4的参数分别为 $1\mu F$ 、 $5.5\mu F$ 、 $0.1pF$ 、 $0.1\mu F$ 。

[0030] 具体地,本实用新型的电路工作原理为:

[0031] 设定输入晶体管Q1的基极(管脚1)的PWM驱动信号(信号参数示例:20KHz、50%占空比、3.3V电压),使该偏置高压发生电路1输出电压VH1满足所用雪崩二极管在整个工作温度范围内的最大反向偏置高压的要求。具体地,该偏置高压发生电路1输出电压VH1,当PWM驱动信号为高电平时,晶体管Q1导通,功率电感L1充电,二极管D1截止;当PWM驱动信号为低电平时,晶体管Q1截至,功率电感L1电压与电源电压VCC叠加,二极管D1导通,电容C2充电。通过调节可变电阻VR1改变电压VH2的电压输出端和偏置电压VBIAS的电压输出端的反向偏置电压,使雪崩二极管恰好工作在理想增益范围内(雪崩二极管100倍增益)。

[0032] 二极管D2具有负温度系数(例如 $-3mV/^\circ$ ),即当温度升高时,二极管 D2的正向导通电压降低;反之当温度降低时,二极管D2的正向导通电压增大。而雪崩二极管具有正温度系数(例如 $0.60V/^\circ$ ),即当温度升高时,雪崩二极管获得相同增益所需的反向偏置电压增大;反之当温度降低时,雪崩二极管获得相同增益的反向偏置电压降低。

[0033] 假定初始状态下, $V_{ref-}$ 电压与 $V_{ref+}$ 电压动态相等,运算放大器U1的基极(管脚1)输出在高电平和低电平之间动态切换,晶体管Q2则工作在开启和关闭之间动态切换,电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端保持动态稳定的电压输出。

[0034] 当温度升高时,二极管D2正向导通电压降低 $\Delta D2$ , $V_{ref-}$ 电压升高, $\Delta V_{ref-} = -\Delta D2 * R6/R8$ 。由于 $V_{ref-}$ 电压升高,原来与 $V_{ref-}$ 电压相等的 $V_{ref+}$ 电压会小于 $V_{ref-}$ 电压,因此运算放大器U1的基极(管脚1)输出低电平,晶体管Q2关闭,电压VH2和偏置电压VBIAS升高, $V_{ref+}$ 电压升高,直至 $V_{ref+}$ 电压与 $V_{ref-}$ 电压动态相等,晶体管Q2则工作在开启和关闭两种状态的动态切换,新的平衡建立( $V_{ref-}$ 电压与 $V_{ref+}$ 电压动态相等),电压VH2和偏置电压VBIAS的反向偏置电压升高了 $\Delta VH2$ 。

[0035] 当温度降低时,二极管D2正向导通电压升高, $V_{ref-}$ 电压降低, $\Delta V_{ref-} = -\Delta D2 * R6/R8$ 。

R6/R8。由于Vref-电压降低,原来与Vref-电压相等的Vref+电压会大于 Vref-电压,因此运算放大器U1的基极(管脚1)输出高电平,此时,晶体管 Q2开启,电压VH2和偏置电压VBIAS的电压输出端通过电阻R9放电,电压降低,即使得电压VH2和偏置电压VBIAS降低,Vref+电压降低,直至Vref+电压与Vref-电压动态相等,晶体管Q2则工作在开启和关闭两种状态的动态切换,新的平衡建立(Vref-电压与Vref+电压动态相等),电压VH2和偏置电压VBIAS 的反向偏置电压降低了 $\Delta VH2$ 。

[0036] 为了让整个系统正常工作,需要合理计算和选择电阻R2、电阻R3、电阻 R4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电阻R8,以及可变电阻VR1的阻值,使如下公式成立: $\Delta D2/\Delta VH2$ =二极管D2的温度系数/雪崩二极管的温度系数。

[0037] 作为一种具体示例,电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电阻R8,以及可变电阻VR1的阻值参数分别为:1k $\Omega$ 、2.7k $\Omega$ 、10M $\Omega$ 、13.6k $\Omega$ 、10k $\Omega$ 、4.7k $\Omega$ 、10M $\Omega$ ,以及100 $\Omega$ 。

[0038] 本实用新型通过反向偏置高压监控电路中的可变电阻VR1的调节功能,可提供一定范围的反向偏置电压输出,可以更好的适用于于不同的雪崩二极管和不同的增益需求。整个电路结构简单,不需要专门的温度传感器,也不需要单片机和相应的算法,单纯依靠硬件电路即可实现雪崩二极管偏置高压电路的温度补偿功能。利用二极管导通电压随温度变化的特性,实现了雪崩二极管反向偏置电压的实时补偿,使其在整个工作温度范围内工作在稳定的增益,具有实时、高效、可靠、成本低的优点。其中,作为一种较佳的实施例,偏置高压发生电路1的具体电路结构不限于图1所示电路图示出的这种电路设计,其它能够实现相同功能的电路设计都适用于本实用新型的技术方案。

[0039] 以上显示和描述了本实用新型的基本原理、主要特征和本实用新型的优点。本行业的技术人员应该了解,本实用新型不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是本实用新型的原理,在不脱离本实用新型精神和范围的前提下本实用新型还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本实用新型的范围内,本实用新型要求的保护范围由所附的权利要求书及其等同物界定。

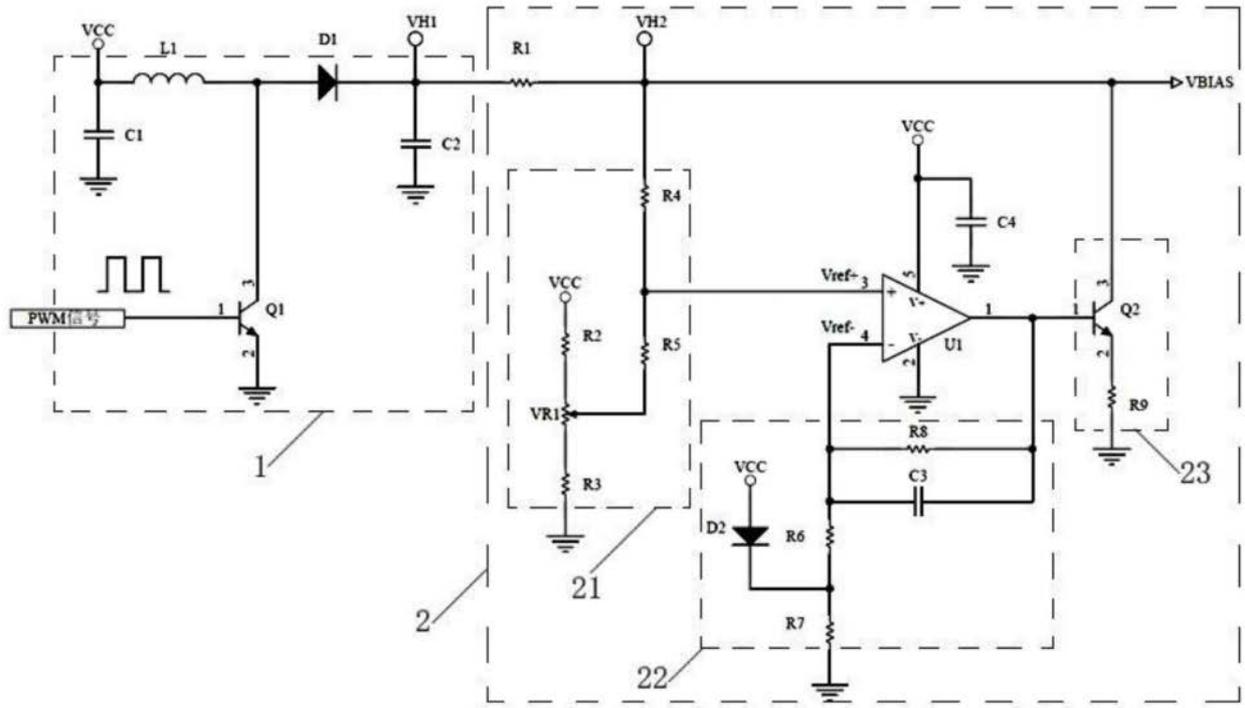


图1