



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 205262915 U

(45) 授权公告日 2016. 05. 25

(21) 申请号 201520967233. 9

(22) 申请日 2015. 11. 27

(73) 专利权人 东北大学

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

(72) 发明人 刘英楠 陈潼 甘淞元

(74) 专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司 21109

代理人 胡晓男

(51) Int. Cl.

G01N 15/06(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

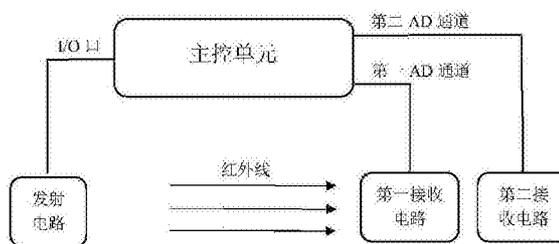
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种基于红外线光电转换的 PM2. 5 传感器

(57) 摘要

本实用新型供一种基于红外线光电转换的 PM2. 5 传感器。该 PM2. 5 传感器,包括:根据主控单元提供的 10KHz 载波产生红外线的发射电路;分别接收红外信号并产生反应 PM2. 5 浓度的电压信号的第一接收电路、第二接收电路;提供 10KHz 载波、对两路反应 PM2. 5 浓度的电压信号的零位电压和灵敏度进行补偿计算得到 PM2. 5 浓度的主控单元;发射电路的输入端连接主控单元的输出端口,第一接收电路的输出端、第二接收电路的输出端分别连接主控单元的不同输入端口。本实用新型利用两个相同的接收电路检测 PM2. 5 浓度,减小了误差,提高了检测精度,利用红外线光电转换技术,红外线设备结构简单、体积小、重量轻、价格低。主控单元具有功耗低、通用性好的特点。



1. 一种基于红外线光电转换的PM2.5传感器,其特征在于,包括:
根据主控单元提供的10KHz载波产生红外线的发射电路;
分别接收红外信号并产生反应PM2.5浓度的电压信号的第一接收电路、第二接收电路;
提供10KHz载波、对两路反应PM2.5浓度的电压信号的零位电压和灵敏度进行补偿计算得到PM2.5浓度的主控单元;

发射电路的输入端连接主控单元的输出端口,第一接收电路的输出端、第二接收电路的输出端分别连接主控单元的不同输入端口。

2. 根据权利要求1所述的基于红外线光电转换的PM2.5传感器,其特征在于,所述发射电路包括第一光电二极管和三极管;

第一光电二极管的正极接电源VCC,第一光电二极管的负极经一个电阻连接至三极管的集电极,三极管的发射极接地,三极管的基极经另一电阻连接至主控单元的输出端口。

3. 根据权利要求1所述的基于红外线光电转换的PM2.5传感器,其特征在于,所述第一接收电路、第二接收电路均包括:

接收发射电路产生的红外线、将光信号转换成电流信号的光电转换模块;

将光电转换模块输出的电流信号转换成电压信号的电流电压转换模块;

对电压信号进行放大的放大模块;

将光电转换模块感应红外线产生的电信号过滤掉的滤波模块;

放大模块包括第一放大器和第二放大器,第一放大器和第二放大器串联;

电流电压转换模块包括第一电流电压转换模块和第二电流电压转换模块;

光电转换模块的阳极连接供电电压,第一电流电压转换模块的一端与光电转换模块的阴极连接后接入第一放大器的反向输入端,第二电流电压转换模块的一端接地,第二电流电压转换模块的另一端连接第一放大器的正向输入端,第一放大器的输出端与第二放大器的正向输入端之间连接第一电流电压转换模块的另一端,第二放大器的输出端与第二放大器的反向输入端连接后接至滤波模块的输入端。

4. 根据权利要求1所述的基于红外线光电转换的PM2.5传感器,其特征在于,所述主控单元与发射电路、第一接收电路、第二接收电路集成在一块PCB上。

一种基于红外线光电转换的PM2.5传感器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及嵌入式技术领域,具体涉及一种基于红外线光电转换的PM2.5传感器。

背景技术

[0002] 随着社会的繁荣发展,人们的生活水平不断提高,但是工业化的不断深入发展却不可避免地产生了空气污染等严峻问题。最近几年,人们关心的空气污染指标主要是PM2.5浓度。如今市场上出现了很多PM2.5检测设备,一部分PM2.5传感器采用重量法、微量振荡天平法等方法测试空气中颗粒物、粉尘的浓度。此类监测法对空气温度、湿度、气流速率等数据的精确度要求十分苛刻,一点点偏差就可使监测结果大相径庭,而且所测量的精度比较低,成本却很高。不利于大规模地普及,另一部分PM2.5传感器虽然则采用了光学法、化学法来测量空气中的粉尘浓度,测量精度方面有所提高,但其体积太大,价格也偏高。在人们日益追求高品质生活的情况下,人们需要一种携带方便、成本低廉的PM2.5传感器设备。

发明内容

[0003] 本实用新型的目的在于提供一种基于红外线光电转换的PM2.5传感器。

[0004] 本实用新型的技术方案是:

[0005] 一种基于红外线光电转换的PM2.5传感器,包括:

[0006] 根据主控单元提供的10KHz载波产生红外线的发射电路;

[0007] 分别接收红外信号并产生反应PM2.5浓度的电压信号的第一接收电路、第二接收电路;

[0008] 提供10KHz载波、对两路反应PM2.5浓度的电压信号的零位电压和灵敏度进行补偿计算得到PM2.5浓度的主控单元;

[0009] 发射电路的输入端连接主控单元的输出端口,第一接收电路的输出端、第二接收电路的输出端分别连接主控单元的不同输入端口。

[0010] 所述发射电路包括第一光电二极管和三极管;

[0011] 第一光电二极管的正极接电源VCC,第一光电二极管的负极经一个电阻连接至三极管的集电极,三极管的发射极接地,三极管的基极经另一电阻连接至主控单元的输出端口。

[0012] 所述第一接收电路、第二接收电路均包括:

[0013] 接收发射电路产生的红外线、将光信号转换成电流信号的光电转换模块;

[0014] 将光电转换模块输出的电流信号转换成电压信号的电流电压转换模块;

[0015] 对电压信号进行放大的放大模块;

[0016] 将光电转换模块感应红外线产生的电信号过滤掉的滤波模块;

[0017] 放大模块包括第一放大器和第二放大器,第一放大器和第二放大器串联;

[0018] 电流电压转换模块包括第一电流电压转换模块和第二电流电压转换模块;

[0019] 光电转换模块的阳极连接供电电压,第一电流电压转换模块的一端与光电转换模块的阴极连接后接入第一放大器的反向输入端,第二电流电压转换模块的一端接地,第二电流电压转换模块的另一端连接第一放大器的正向输入端,第一放大器的输出端与第二放大器的正向输入端之间连接第一电流电压转换模块的另一端,第二放大器的输出端与第二放大器的反向输入端连接后接至滤波模块的输入端。

[0020] 所述主控单元与发射电路、第一接收电路、第二接收电路集成在一块PCB上。

[0021] 有益效果:

[0022] 本实用新型利用两个相同的接收电路检测PM2.5浓度,减小了误差,提高了检测精度,利用红外线光电转换技术,红外线设备结构简单、体积小、重量轻、价格低。主控单元具有功耗低、通用性好的特点。

附图说明

[0023] 图1是本实用新型具体实施方式的基于红外线光电转换的PM2.5传感器结构框图;

[0024] 图2是本实用新型具体实施方式的MSP430F1611的单片机最小系统电路原理图;

[0025] 图3是本实用新型具体实施方式的发射电路原理图;

[0026] 图4是本实用新型具体实施方式的第一接收电路的电路原理图;

[0027] 图5是本实用新型具体实施方式的第二接收电路的电路原理图;

[0028] 图6是本实用新型具体实施方式的第一接收电路输出电压随尘埃密度变化的曲线图;

[0029] 图7是本实用新型具体实施方式的第二接收电路输出电压随尘埃密度变化的曲线图。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本实用新型的具体实施方式进行详细说明。

[0031] 一种基于红外线光电转换的PM2.5传感器,如图1所示,包括:

[0032] 根据主控单元提供的10KHz载波产生红外线的发射电路;

[0033] 分别接收红外信号并产生反应PM2.5浓度的电压信号的第一接收电路、第二接收电路;

[0034] 提供10KHz载波、对两路反应PM2.5浓度的电压信号的零位电压和灵敏度进行补偿计算得到PM2.5浓度的主控单元;

[0035] 主控单元采用MSP430F1611单片机,MSP430F1611单片机最小系统电路如图2所示。MSP430系列单片机是美国德州仪器(TI)1996年开始推向市场的一种16位超低功耗、具有精简指令集(RISC)的混合信号处理器(Mixed Signal Processor)。

[0036] 发射电路的输入端连接主控单元的输出端口,第一接收电路的输出端、第二接收电路的输出端分别连接主控单元的不同输入端口。

[0037] 如图3所示,发射电路包括第一光电二极管D1和三极管Q1;

[0038] 第一光电二极管D1的正极接电源VCC,第一光电二极管D1的负极经一个电阻R2连接至三极管Q1的集电极,三极管Q1的发射极接地,三极管Q1的基极经另一电阻R1连接至主控单元的输出端口I/O。

- [0039] 如图4~5所示,第一接收电路、第二接收电路均包括:
- [0040] 接收发射电路产生的红外线、将光信号转换成电流信号的光电转换模块1;
- [0041] 将光电转换模块输出的电流信号转换成电压信号的电流电压转换模块2;
- [0042] 对电压信号进行放大的放大模块3;
- [0043] 将光电转换模块感应红外线产生的电信号过滤掉的滤波模块4;
- [0044] 电流电压转换模块2包括第一电流电压转换模块和第二电流电压转换模块;第一电流电压转换模块中电容C7与电阻R7并联,第二电流电压转换模块中电容C6与电阻R6并联。
- [0045] 放大模块3采用LM358双运算放大器,包括第一放大器和第二放大器,第一放大器和第二放大器串联。
- [0046] 光电转换模块采用光电二极管D3,光电转换模块的阳极连接供电电压VCC,电容C7与电阻R7并联后一端作为第一电流电压转换模块的一端与光电转换模块的阴极连接后接入第一放大器的反向输入端IN1(-),第二电流电压转换模块的一端接地,第二电流电压转换模块的另一端连接第一放大器的正向输入端IN1(+),第一放大器的输出端OUT1与第二放大器的正向输入端IN2(+)-之间连接第一电流电压转换模块的另一端(电容C7与电阻R7并联后的另一端),第二放大器的输出端OUT2与第二放大器的反向输入端IN2(-)连接后接至滤波模块的输入端。
- [0047] 滤波模块4中,电容C9一端连接电感L3的一端,电感L3的另一端连接电阻R8的一端,电容C9另一端连接电容C8的一端,电感L4一端连接至电感L3与电阻R8之间,电容C10的一端连接至电感L4与电阻R8之间,电阻R8的另一端、电感L4的另一端、电容C10的另一端、电容C8的另一端连接后再接地。
- [0048] 主控单元与发射电路、第一接收电路、第二接收电路集成在一块PCB上。
- [0049] 所述的基于红外线光电转换的PM2.5传感器进行PM2.5探测的过程如下:
- [0050] 步骤1、发射电路根据主控单元提供的10KHz载波产生红外线;
- [0051] 步骤2、第一接收电路、第二接收电路分别接收红外信号并产生反应PM2.5浓度的电压信号;
- [0052] 步骤2.1、接收发射电路产生的红外线、将光信号转换成电流信号;
- [0053] 步骤2.2、将光电转换模块输出的电流信号转换成电压信号;
- [0054] 步骤2.3、对电压信号进行放大的放大模块;
- [0055] 步骤2.4、将光电转换模块感应红外线产生的电信号过滤掉,即过滤掉噪声;
- [0056] 步骤2.5、得到两路反应PM2.5浓度的电压信号传输至主控单元。
- [0057] 步骤3、对两路反映PM2.5浓度的电压信号的零位电压和灵敏度进行补偿计算得到PM2.5浓度的主控单元。
- [0058] 步骤3.1、确定第一接收电路在室温下的输出电压计算模型、第二接收电路在室温下的输出电压计算模型;
- [0059] $U_0 = a_0 + b_0 \times p$
- [0060] $U_0' = a_0' + b_0' \times p'$
- [0061] 其中, U_0 为第一接收电路在室温下的输出电压, U_0' 为第二接收电路在室温下的输出电压, p 为第一接收电路测出的PM2.5浓度, p' 为第二接收电路测出的PM2.5浓度, a_0 为第

一接收电路在室温下的零位电压, a_0' 为第二接收电路在室温下的零位电压, b_0 为第一接收电路在室温下的灵敏度, b_0' 为第二接收电路在室温下的灵敏度;

[0062] 步骤3.2、确定第一接收电路在温度为 t 时的输出电压计算模型、第二接收电路在温度为 t 时的输出电压计算模型;

$$[0063] \quad U_t = a_t + b_t \times p$$

$$[0064] \quad U_t' = a_t' + b_t' \times p'$$

[0065] 其中, U_t 为第一接收电路在温度为 t 时的输出电压, U_t' 为第二接收电路在温度为 t 时的输出电压; a_t 为第一接收电路在温度为 t 时的零位电压, a_t' 为第二接收电路在温度为 t 时的零位电压, b_t 为第一接收电路在温度为 t 时的灵敏度, b_t' 为第二接收电路在温度为 t 时的灵敏度;

$$[0066] \quad a_t = a_0 + \alpha(t - t_0) \times Y(FS)$$

$$[0067] \quad b_t = b_0 + \beta(t - t_0) \times Y(FS)$$

$$[0068] \quad a_t' = a_0' + \alpha'(t - t_0) \times Y(FS)'$$

$$[0069] \quad b_t' = b_0' + \beta'(t - t_0) \times Y(FS)'$$

[0070] 其中, t_0 表示室内温度, α 与 α' 分别表示第一接收电路的零位温度系数、第二接收电路的零位温度系数, 在数值上等于温度改变 1°C 时零位电压值的改变量与量程之比, 即:

$$[0071] \quad \alpha = \Delta a / (\Delta T \times Y(FS))$$

$$[0072] \quad \alpha' = \Delta a' / (\Delta T \times Y(FS)')$$

[0073] 其中, Δa 与 $\Delta a'$ 分别表示在 PM2.5 传感器的工作温度变化范围内, 第一接收电路的零位电压值最大改变量、第二接收电路的零位值最大改变量; ΔT 表示 PM2.5 传感器的工作温度变化范围, $Y(FS)$ 、 $Y(FS)'$ 分别表示第一接收电路的量程、第二接收电路的量程;

$$[0074] \quad \beta = \Delta \beta / (\Delta T \times Y(FS))$$

$$[0075] \quad \beta' = \Delta \beta' / (\Delta T \times Y(FS)')$$

[0076] 其中, $\Delta \beta$ 与 $\Delta \beta'$ 分别表示温度变化后第一接收电路的灵敏度的变化量、第二接收电路的灵敏度的变化量;

[0077] β 与 β' 分别表示第一接收电路的灵敏度温度系数、第二接收电路的灵敏度温度系数, 在数值上等于温度改变 1°C 时, 灵敏度的变化量与量程之比;

[0078] 步骤3.3、确定第一接收电路测出的 PM2.5 浓度 p 计算模型、第二接收电路测出的 PM2.5 浓度 p' 计算模型;

$$[0079] \quad p = \frac{U_t - [a_0 + \alpha(t - t_0) \times Y(FS)]}{b_0 + \beta(t - t_0) \times Y(FS)}$$

$$[0080] \quad p' = \frac{U_t' - [a_0' + \alpha'(t - t_0) \times Y(FS)']}{b_0' + \beta'(t - t_0) \times Y(FS)'}$$

[0081] 步骤3.4、根据第一接收电路在室温下的零位电压 a_0 、第一接收电路在室温下的灵敏度 b_0 、第一接收电路的零位温度系数 α 、第一接收电路的灵敏度温度系数 β , 第二接收电路在室温下的零位电压 a_0' 、第二接收电路在室温下的灵敏度 b_0' 、第二接收电路的零位温度系数 α' 、第二接收电路的灵敏度温度系数 β' , 在温度上升为 t 时测得的第一接收电路的输出电压 U_t 、第二接收电路的输出电压 U_t' , 计算温度补偿后的 PM2.5 浓度值 p 和 p' ;

[0082] 步骤3.5、采用线性插值算法得到最终的PM2.5浓度值 P_f ，即：

$$[0083] \quad P_f = \frac{p+p'}{2}。$$

[0084] 图6所示的是第一接收电路输出电压随尘埃密度变化的曲线图，图7所示的是第二接收电路输出电压随尘埃密度变化的曲线图。根据光的反射原理，空气中颗粒物越多，反射到光电二极管D3上的红外线越多，进而光电二极管输出的电流越大，经过电路的处理，其输出电压越大。输出方式采用串口方式，串口输出经通信转换后，即根据公式：

$$p = \frac{U_t - [a_0 + \alpha(t-t_0) \times Y(FS)]}{b_0 + \beta(t-t_0) \times Y(FS)} \text{ 和 } p' = \frac{U_t' - [a_0' + \alpha'(t-t_0) \times Y(FS)']}{b_0' + \beta'(t-t_0) \times Y(FS)'}$$

运算得到 p 和 p' 的值，再

根据 $P_f = \frac{p+p'}{2}$ 可得到最终的PM2.5的浓度值。

[0085] 实验测试：

[0086] 经测试，在室温下，所得到的两个接收电路的输出电压与粉尘浓度的数据如下表：

[0087] 表1 第一接收电路的输出电压与粉尘浓度的数据

[0088]

粉尘浓度(mg/m ³)	输出电压(V)
0	0.58
0.1	1.28
0.2	1.75
0.3	2.29
0.4	2.99
0.5	3.5
0.6	3.6
0.7	3.7
0.8	3.7
0.9	3.7
1.0	3.7

[0089] 表2 第二接收电路的输出电压与粉尘浓度的数据

[0090]

粉尘浓度(mg/m ³)	输出电压(V)
0	0.56
0.1	1.11
0.2	1.74
0.3	2.34
0.4	2.97

[0091]

0.5	3.64
0.6	3.84
0.7	3.85

0.8	3.85
0.9	3.85
1.0	3.85

[0092] 表1、表2中的数据经神经网络拟合得到如图6、7所示的曲线。

[0093] 在实际测试中两个接收电路在不同温度下的零位电压与灵敏度如下表：

[0094] 表3 第一接收电路在不同温度下的零位电压与灵敏度数据

[0095]

温度t(°C)	零位电压 a_t (v)	灵敏度 b_t
27	0.580	5.74
50	0.693	5.97
70(最大值)	0.795	6.17

[0096] 由表1和表格3可得到：

[0097] $a_0=0.58V$,

$$[0098] \quad b_0 = \left(\frac{(2.29-0.58)}{0.3} + \frac{(2.29-1.28)}{0.3} + \frac{(3.5-1.75)}{0.3} \right) / 3 = 5.74$$

[0099] 第一接收电路的量程 $Y(FS)=3.7-0.58=3.12V$

[0100] $\alpha = \Delta \alpha / (\Delta T \times Y(FS)) = (0.795-0.580) / (43 \times 3.12) = 0.0016$

[0101] $\beta = \Delta \beta / (\Delta T \times Y(FS)) = (6.17-5.74) / (43 \times 3.12) = 0.0032$

[0102] 因此,得到第一接收电路测出的PM2.5浓度:

$$[0103] \quad p = \frac{U_t - [a_0 + \alpha(t-t_0) \times Y(FS)]}{b_0 + \beta(t-t_0) \times Y(FS)} = \frac{U_t - [0.58 + 0.0016(t-27) \times 3.12]}{5.74 + 0.0032(t-27) \times 3.12}$$

[0104] 表4 第二接收电路在不同温度下的零位电压与灵敏度数据

[0105]

温度t(°C)	零位电压 a_t' (v)	灵敏度 b_t'
27	0.560	6.14
50	0.682	5.43
70(最大值)	0.780	6.64

[0106] 由表2和表4可得到：

[0107] $a_0'=0.56V$

$$[0108] \quad b_0' = \left(\frac{(2.34-0.56)}{0.3} + \frac{(2.97-1.11)}{0.3} + \frac{(3.64-1.74)}{0.3} \right) / 3 = 6.14$$

[0109] 第二接收电路的量程 $Y(FS)'=3.85-0.56=3.29V$

[0110] $\alpha' = \Delta \alpha' / (\Delta T \times Y(FS)') = (0.780-0.560) / (43 \times 3.29) = 0.0016$

[0111] $\beta' = \Delta \beta' / (\Delta T \times Y(FS)') = (6.64-6.14) / (43 \times 3.29) = 0.0035$

[0112] 因此,得到第二接收电路测出的PM2.5浓度:

$$[0113] \quad p' = \frac{U_t' - [a_0' + \alpha'(t-t_0) \times Y(FS)']}{b_0' + \beta'(t-t_0) \times Y(FS)'} = \frac{U_t' - [0.56 + 0.0016(t-27) \times 3.29]}{6.14 + 0.0035(t-27) \times 3.29}$$

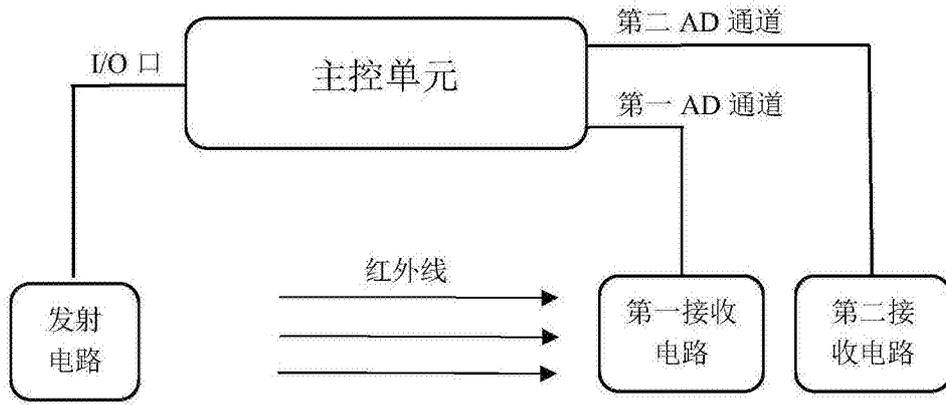


图1

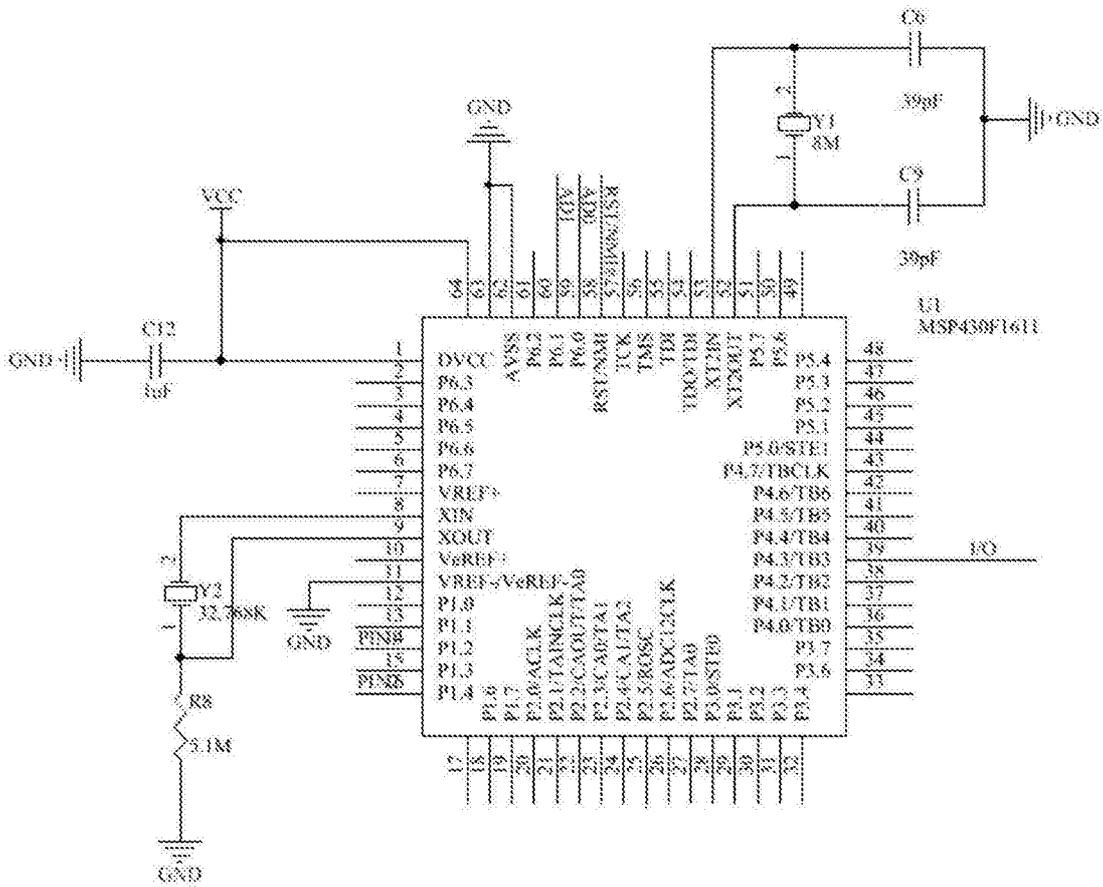


图2

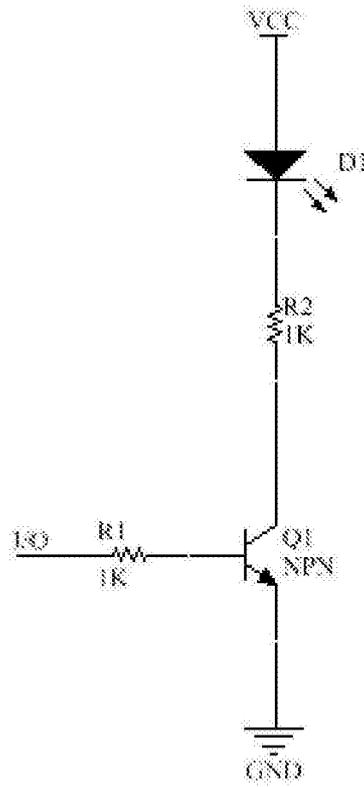


图3

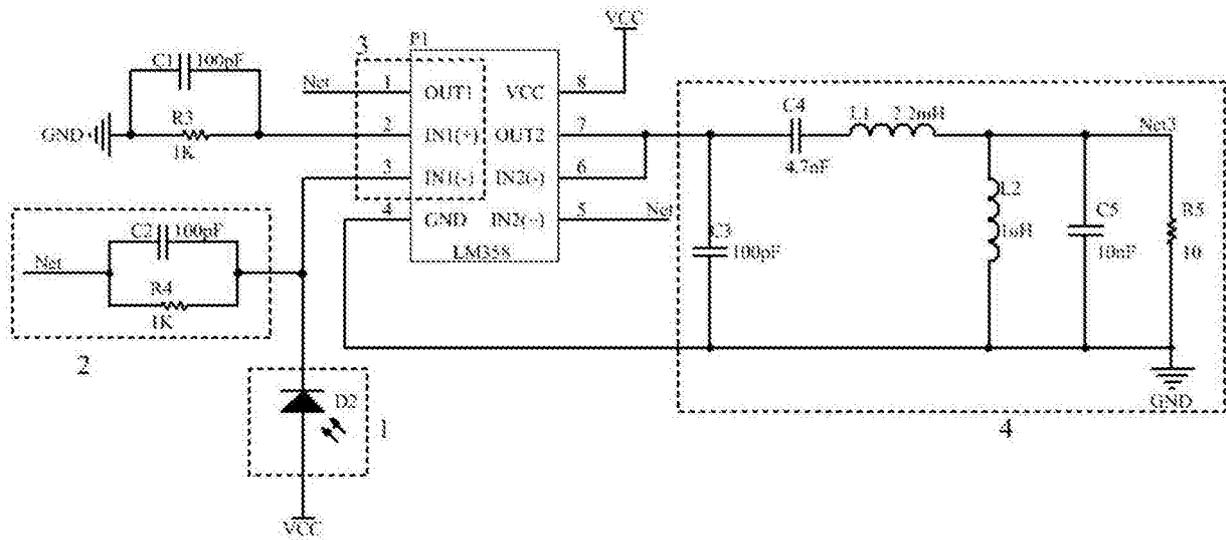


图4

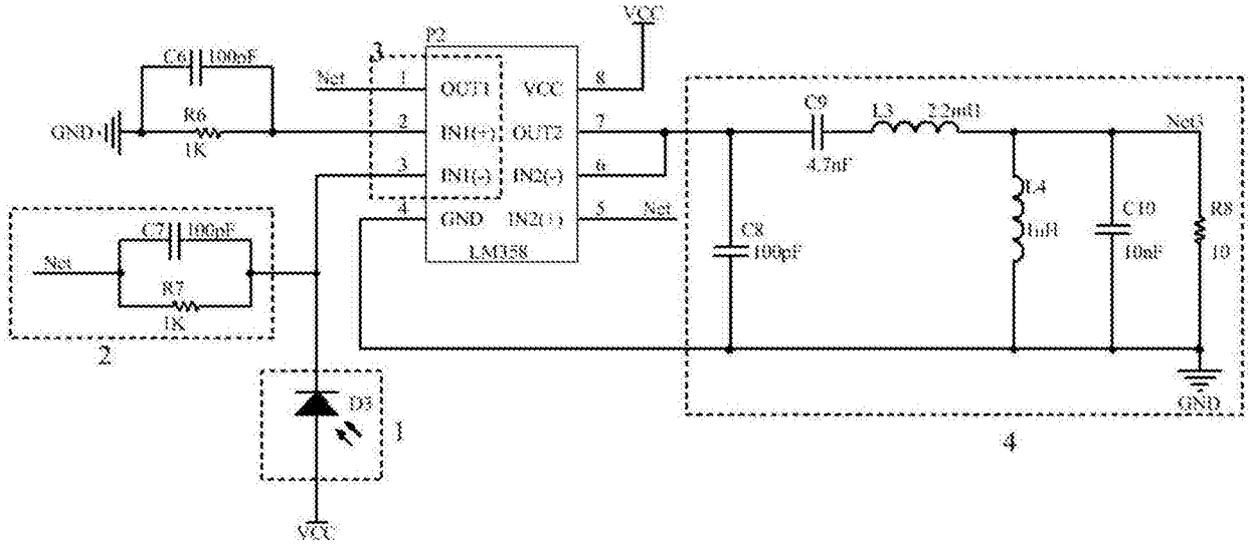


图5

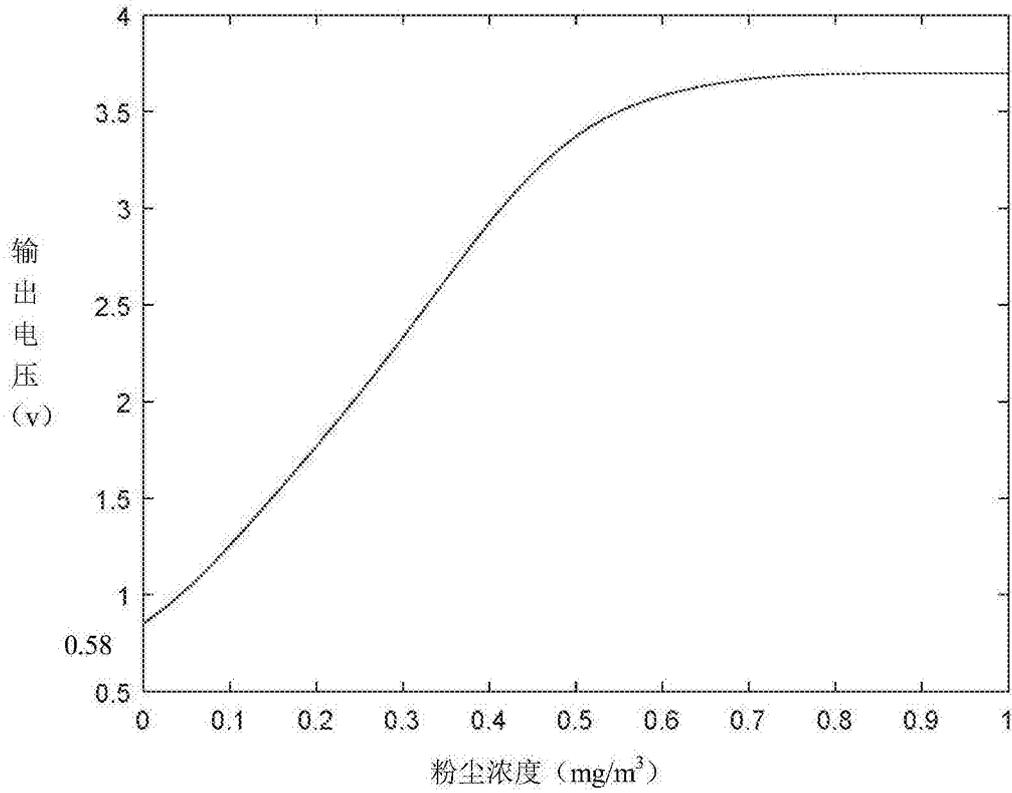


图6

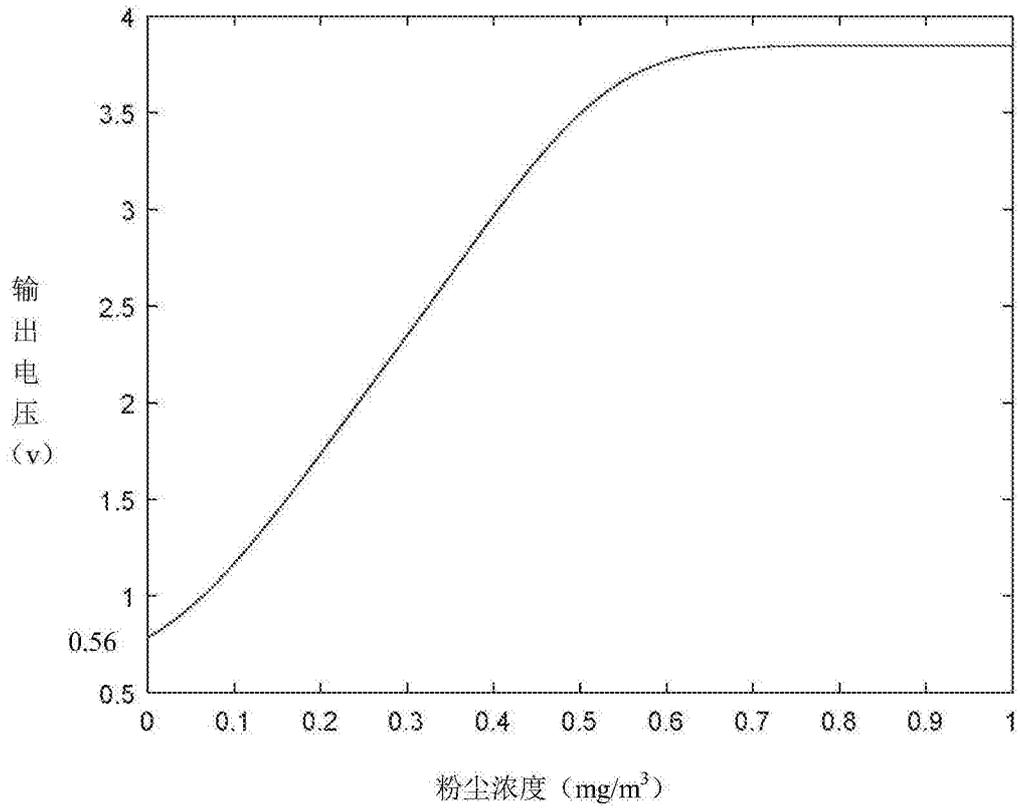


图7