

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102353395 A

(43) 申请公布日 2012. 02. 15

(21) 申请号 201110173838. 7

(22) 申请日 2011. 06. 26

(71) 申请人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市太白南路 2 号

(72) 发明人 史凌峰 来新泉 刘玉芳 何惠森

李亚军

(74) 专利代理机构 陕西电子工业专利中心

61205

代理人 王品华 朱红星

(51) Int. Cl.

G01D 5/40(2006. 01)

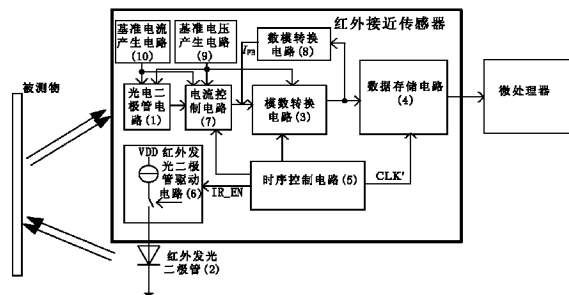
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

抑制环境噪声的红外接近传感器

(57) 摘要

本发明公开了一种抑制环境噪声的红外接近传感器,主要解决现有技术抑制环境噪声差,在强背景光与高温条件下检错率高的问题。它包括:光电二极管电路、红外发光二极管、电流控制电路、模数转换电路、数模转换电路、时序控制电路和数据存储电路,其中,光电二极管电路将检测的光信号转换为电流信号经过电流控制电路输出到模数转换电路,数模转换电路将模数转换电路的输出转换为电流信号后反馈到模数转换电路的输入端,模数转换电路的输出通过数据存储电路送入到外部微处理器,时序控制电路为所有电路提供时序控制信号。本发明滤除环境噪声效果好,在强背景光与高温环境中能准确检测物体的接近程度,可应用于电子产品的智能控制。



1. 一种抑制环境噪声的红外接近传感器,包括光电二极管电路(1)、红外发光二极管(2)、模数转换电路(3)、数据存储电路(4)、时序控制电路(5)、基准电压产生电路(9)和基准电流产生电路(10),其特征在于:

所述红外发光二极管(2)的阳极连接有红外发光二极管驱动电路(6),用于驱动红外发光二极管(2)分时段发射红外光;

所述光电二极管电路(1)与模数转换电路(3)之间连接有电流控制电路(7),用于对光电二极管电路(1)的输出电流采样;

所述模数转换电路(3)的输出端与数据存储电路(4)的输入端连接有数模转换电路(8),用于将模数转换电路(3)的输出转换为输出电流后反馈到模数转换电路(3)的输入端;

所述基准电压产生电路(9)的输出端分别与光电二极管电路(1)、模数转换电路(3)和电流控制电路(7)的电压输入端连接,为其提供基准电压;

所述基准电流产生电路(10)的输出端分别与光电二极管电路(1)和电流控制电路(7)的电流输入端连接,为其提供基准电流;

所述时序控制电路(5)分别与模数转换电路(3)、数据存储电路(4)、红外发光二极管驱动电路(6)和电流控制电路(7)的输入端连接,为它们提供不同的时序控制信号,以在检测过程中滤除环境噪声。

2. 根据权利要求1所述的红外接近传感器,其特征在于光电二极管电路(1),主要由光电二极管、误差放大器EA、五个NMOS管 $M_{N1} \sim M_{N5}$ 和电阻 R_1 组成;第一NMOS管 M_{N1} 、第二NMOS管 M_{N2} 、第三NMOS管 M_{N3} 和第四NMOS管 M_{N4} 构成共源共栅电流镜,该电流镜的输入电流由第一基准电流 I_{REF1} 提供,输出电流为: $I_D = \frac{1}{20} I_{REF1}$;第五NMOS管 M_{N5} 的栅极与误差放大器EA的输出端连接,源极通过电阻 R_1 分别与误差放大器EA的反相输入端、电流镜输出和光电二极管的阴极连接,通过第五NMOS管 M_{N5} 和电阻 R_1 将误差放大器EA的输出反馈到误差放大器EA的输入端,保证误差放大器EA的两个输入端电压相等,从而为光电二极管提供稳定的反向偏置电压。

3. 根据权利要求1所述的红外接近传感器,其特征在于电流控制电路(7),主要由第一开关电路(11)、电流选择电路(12)、第二开关电路(13)、第三开关电路(14)和稳压电路(15)组成;第一开关电路(11)的电流输入端与控制端分别与第二基准电流 I_{REF2} 和时序控制电路(5)的第一输出信号CTRL1连接,它输出两路电流 I_1 和 I_2 ,电流 I_1 与第三基准电流 I_{REF3} 相加后输出为 I_3 流入到电流选择电路(12)的电流输入端,电流 I_2 流入到稳压电路(15)的电压输出端;电流选择电路(12)的控制端与时序控制电路(5)的第二输出信号CTRL2连接,它输出两路电流 I_4 和 I_5 ,电流 I_4 流入到第二开关电路(13)的电流输入端,电流 I_5 流入到稳压电路(15)的电压输出端;第二开关电路(13)的控制端与模数转换电路(3)的第一输出信号Q_EN连接,它输出两路电流 I_6 和 I_{REF} ,第三开关电路(14)的控制端与时序控制电路(5)的第三输出信号Sense_EN连接,它输出两路电流 I_7 和 I_X ,电流 I_6 和 I_7 均流入稳压电路(15)的电压输出端,电流 I_{REF} 和 I_X 相减后输出电流 I_0 到模数转换电路(3)。

4. 根据权利要求3所述的红外接近传感器,其特征在于:所述第一开关电路(11)由第一触发器RS1和两个PMOS管 $M_{P1} \sim M_{P2}$ 组成;第一触发器RS1的输入端与时序控制电路(5)

的第一输出信号 CTRL1 连接,它产生两个互补输出信号分别与两个 PMOS 管的栅极连接,两个 PMOS 管的源极均与第二基准电流 I_{REF2} 连接,两个 PMOS 管的漏极分别输出电流 I_1 和 I_2 。

5. 根据权利要求 3 所述的红外接近传感器,其特征在于:所述电流选择电路 (12) 由第一反相器 INV_1 和四个 PMOS 管 $M_{P3} \sim M_{P6}$ 组成;时序控制电路 (5) 的第二输出信号 CTRL2 分别与第四 PMOS 管 M_{P4} 和第六 PMOS 管 M_{P6} 的栅极以及第一反相器 INV_1 的输入端连接,第一反相器 INV_1 的输出分别与第三 PMOS 管 M_{P3} 和第五 PMOS 管 M_{P5} 的栅极连接,第三 PMOS 管 M_{P3} 与第四 PMOS 管 M_{P4} 的源极均与电流 I_3 端连接,第五 PMOS 管 M_{P5} 与第六 PMOS 管 M_{P6} 的源极均第四基准电流 I_{REF4} 连接,第三 PMOS 管 M_{P3} 与第六 PMOS 管 M_{P6} 的漏极连接输出电流 I_4 ,第四 PMOS 管 M_{P4} 与第五 PMOS 管 M_{P5} 的漏极连接输出电流 I_5 。

6. 根据权利要求 1 所述的红外接近传感器,其特征在于:模数转换电路 (3),主要由积分器 (16)、比较器 COMP、触发器 DFF、异或门 XOR、计数器、第一与门 AND1、第二与门 AND2、或非门 NOR、第一寄存器 8bit_REG 和第二寄存器 7bit_REG 组成;电流控制电路 (7) 的输出电流 I_o 与数模转换电路 (8) 的输出电流 I_{FB} 相加后输出电路 I' 到积分器 (16) 的输入端,积分器 (16) 将电流信号 I' 转换为电压信号 V' 与比较器 COMP 的正相输入端连接,比较器 COMP 将该电压信号 V' 与它的反相输入端连接的第二基准电压 VREF2 进行比较输出高/低电平连接到触发器 DFF 的数据输入端 D;触发器 DFF 的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路 (5) 的第四输出信号 CLK 和第五输出信号 CLR1 连接,它的输出与异或门 XOR 的第一输入端连接;第一与门 AND1 的两个输入端分别与触发器 DFF 的输出端 Q 和时序控制电路 (5) 的第四输出信号 CLK 连接,产生第一输出信号 Q_EN;异或门 XOR 的第二输入端和计数器的加减模式设置端 SET 均与时序控制电路 (5) 的第六输出信号 MODE_SET 连接,异或门 XOR 的输出端与计数器的数据输入端 D 连接,以使计数器进行加计数或减计数;计数器的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路 (5) 的第四输出信号 CLK 和第五输出信号 CLR1 连接,它产生的数据信号分别输入到第一寄存器 8bit_REG、第二寄存器 7bit_REG 和或非门 NOR;第二寄存器 7bit_REG 的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路 (5) 的第七输出信号 REG_CLK2 和第八输出信号 CLR2 连接,它的输出端与数模转换电路 (8) 的输入端连接,用于进行数模转换,同时它的输出通过第二与门 AND2 输入到或非门 NOR;第一寄存器 8bit_REG 的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路 (5) 的第九输出信号 REG_CLK1 和第八输出信号 CLR2 连接,输出数据到数据存储电路 (4)。

7. 根据权利要求 6 所述的红外接近传感器,其特征在于所述的积分器 (16),主要由三个 NMOS 管 $M_{N8} \sim M_{N10}$,四个电容 $C_2 \sim C_5$ 和第二跨导运算放大器 OTA2 组成,第二跨导运算放大器 OTA2 的正相输入端与第二基准电压 VREF2 连接,第八 NMOS 管 M_{N8} 和第二电容 C_2 的两端分别与第二跨导运算放大器 OTA2 的反相输入端和输出端连接,第三电容 C_3 和第九 NMOS 管 M_{N9} 串联后分别与第二跨导运算放大器 OTA2 的反相输入端和输出端连接;第二跨导运算放大器 OTA2 的输出端分别与第四电容 C_4 和第五电容 C_5 的一端连接,第四电容 C_4 的另一端连接到地,第五电容 C_5 通过第十 NMOS 管 M_{N10} 连接到地;第八 NMOS 管 M_{N8} 和第十 NMOS 管 M_{N10} 栅端均与时序控制电路 (5) 的第十输出信号 RESET 连接,第九 NMOS 管 M_{N9} 的栅端与时序控制电路 (5) 的第二输出信号 CTRL2 连接。

8. 根据权利要求 1 所述的红外接近传感器,其特征在于所述的红外发光二极管驱动电路 (6),它的控制端与时序控制电路 (5) 的第十二输出信号 IR_EN 连接,输出脉冲电流信号

到红外发光二极管 (2), 以使红外发光二极管 (2) 分时段发射红外光线。

抑制环境噪声的红外接近传感器

技术领域

[0001] 涉及光学数模混合集成电路,特别是一种具有环境噪声抑制能力的红外接近传感器,可用于电子产品的智能控制。

背景技术

[0002] 接近传感器按其基本原理分为电感式、电容式、磁感应式、光电式和超声波式等。红外接近传感器作为光电式接近传感器的一种,在手机、PDA 等便携式手持设备应用中变得极为广泛,已成为研究热点。例如,当人们将具有接近感测功能的手机贴近耳部开始打电话时,手机会自动检测到这个贴近的动作,并自动关闭手机背光和触摸屏键盘,达到节电和防止误操作;当笔记本的翻盖被打开一定的角度之后,背光会自动打开。

[0003] 通常,红外接近传感器主要包括红外发光二极管 IR LED、光电二极管 PD 和信号处理单元。利用红外接近传感器进行检测的基本原理如图 1 所示,当有物体接近红外接近传感器时,IR LED 发射的红外光线一部分会被物体反射回并且被 PD 检测到,PD 将所检测到的光强转换为光电流,经过信号处理单元最终输出可以指示物体接近程度的模拟或数字信号。设 IR LED 发射光线波长为 λ_{LED} , IR LED 辐射通量为 M ,有效输出功率为 P_o ,散射角为 θ ,被检测物体对该波长的红外的反射率为 α ,光学封装与系统外盖的穿透率为 T ,被检测物体与 PD 距离为 d ,PD 的面积为 A_{PD} ,PD 对波长为 λ_{LED} 的红外的响应度为 $R(\lambda_{LED})$,光电二极管接收物体反射回的红外光产生的光电流可表示为

$$[0004] \quad I = \frac{M \cdot P_o \cdot T^2 \cdot \alpha \cdot A_{PD} \cdot R(\lambda_{LED})}{\pi(2 \tan \frac{\theta}{2})^2} \cdot \frac{1}{d^2}$$

[0005] 随着 d 的减小,PD 产生的光电流增大,经过信号处理单元输出模拟或数字信号相应增大,以指示物体的接近程度。然而由于红外接近传感器的工作环境中包含太阳光、白炽灯、日光灯等背景光,PD 接收该背景光产生的光电流表示为

$$[0006] \quad I \approx \sum_{i=1-n} P_{\lambda_i} \cdot R_{\lambda_i} \cdot T_{\lambda_i} \cdot \Delta \lambda$$

[0007] 其中 $\lambda_i = \lambda_1 + (i-1) \Delta \lambda$, P_{λ_i} 、 T_{λ_i} 、 R_{λ_i} 分别为 $\lambda = \lambda_i$ 时对应的光源光谱辐照度、镀膜穿透率和 PD 的光谱响应的值,PD 检测背景光产生的光电流与 PD 检测到的由 IR LED 发射被物体反射回的红外产生的光电流叠加在一起,使信号处理单元无法区分,从而出现检测错误。

[0008] 上述的 PD 在工艺上采用光学镀膜滤波可以滤除背景光中红外波段以外的光线,减小 PD 检测背景光产生的电流。但在背景光较强时,该电流依然很大,仅采用光学镀膜滤波无法满足需求;同时随着环境温度升高,PD 的暗电流指数增加,由于暗电流与光电流无法区分,同样使传感器检测错误。为了改善背景光与暗电流造成的环境噪声问题,通常以较大的 PD 面积、大电流驱动的 IR LED 来设计红外接近传感器,但这种红外接近传感器无法满足消费电子产品对低功耗与小面积的需求,同时无法在持续高温的环境中使用。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于避免上述现有技术的不足,提供一种抑制环境噪声的红外接近传感器,以在不增加功耗和面积的前提下,改善红外接近传感器的信噪比,使其在背景光较强和高温的环境中仍然能够准确地检测物体的接近程度,实现对手机、PDA 等便携式设备的智能控制。

[0010] 为实现上述目的,本发明包括:包括光电二极管电路、红外发光二极管、模数转换电路、数据存储电路、时序控制电路、基准电压产生电路和基准电流产生电路,其中:

[0011] 所述红外发光二极管的阳极连接有红外发光二极管驱动电路,用于驱动发光二极管分时段发射红外光;

[0012] 所述光电二极管电路与模数转换电路之间连接有电流控制电路,用于对光电二极管电路的输出电流采样;

[0013] 所述模数转换电路的输出端与数据存储电路的输入端连接有数模转换电路,用于将模数转换电路的输出转换为输出电流后反馈到模数转换电路的输入端;

[0014] 所述基准电压产生电路的输出端分别与光电二极管电路、模数转换电路和电流控制电路的电压输入端连接,为其提供基准电压;

[0015] 所述基准电流产生电路的输出端分别与光电二极管电路和电流控制电路的电流输入端连接,为其提供基准电流;

[0016] 所述时序控制电路分别与模数转换电路、数据存储电路、红外发光二极管驱动电路和电流控制电路的输入端连接,为它们提供不同的时序控制信号,以在检测过程中滤除环境噪声。

[0017] 上述红外接近传感器,其中所述光电二极管电路,主要由光电二极管、误差放大器 EA、五个 NMOS 管 $M_{N1} \sim M_{N5}$ 和电阻 R_1 组成;第一 NMOS 管 M_{N1} 、第二 NMOS 管 M_{N2} 、第三 NMOS 管 M_{N3} 和第四 NMOS 管 M_{N4} 构成共源共栅电流镜,该电流镜的输入电流由第一基准电流 I_{REF1} 提供,输出电流为: $I_D = \frac{1}{20} I_{REF1}$;第五 NMOS 管 M_{N5} 的栅极与误差放大器 EA 的输出端连接,源极通过电阻 R_1 分别与误差放大器 EA 的反相输入端、电流镜输出和光电二极管的阴极连接,通过第五 NMOS 管 M_{N5} 和电阻 R_1 将误差放大器 EA 的输出反馈到误差放大器 EA 的输入端,保证误差放大器 EA 的两个输入端电压相等,从而为光电二极管提供稳定的反向偏置电压。

[0018] 上述红外接近传感器,其中所述电流控制电路,主要由第一开关电路、电流选择电路、第二开关电路、第三开关电路和稳压电路组成;第一开关电路的电流输入端与控制端分别与第二基准电流 I_{REF2} 和时序控制电路的第一输出信号 CTRL1 连接,它输出两路电流 I_1 和 I_2 ,电流 I_1 与第三基准电流相加后输出为 I_3 流入到电流选择电路的电流输入端,电流 I_2 流入到稳压电路的电压输出端;电流选择电路的控制端与时序控制电路的第二输出信号 CTRL2 连接,它输出两路电流 I_4 和 I_5 ,电流 I_4 流入到第二开关电路的电流输入端,电流 I_5 流入到稳压电路的电压输出端;第二开关电路的控制端与模数转换电路的第一输出信号 Q_EN 连接,它输出两路电流 I_6 和 I_{REF} ,第三开关电路的控制端与时序控制电路的第三输出信号 Sense_EN 连接,它输出两路电流 I_7 和 I_x ,电流 I_6 和 I_7 均流入稳压电路的电压输出端,电流 I_{REF} 和 I_x 相减后输出电流 I_0 到模数转换电路。

[0019] 上述红外接近传感器,其中所述模数转换电路,主要由积分器、比较器 COMP、触发器 DFF、异或门 XOR、计数器、第一与门 AND1、第二与门 AND2、或非门 NOR、第一寄存器 8bit_

REG 和第二寄存器 7bit_REG 组成；电流控制电路的输出电流 I_o 与数模转换电路的输出电流 I_{FB} 相加后输出 I' 到积分器的输入端，积分器将电流信号 I' 转换为电压信号 V' 与比较器 COMP 的正相输入端连接，比较器 COMP 将该电压信号 V' 与它的反相输入端连接的第二基准电压 VREF2 进行比较输出高 / 低电平连接到触发器 DFF 的数据输入端 D；触发器 DFF 的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路的第四输出信号 CLK 和第五输出信号 CLR1 连接，它的输出与异或门 XOR 的第一输入端连接；第一与门 AND1 的两个输入端分别与触发器 DFF 的输出端 Q 和时序控制电路的第四输出信号 CLK 连接，产生第一输出信号 Q_EN；异或门 XOR 的第二输入端和计数器的加减模式设置端 SET 均与时序控制电路的第五输出信号 MODE_SET 连接，异或门 XOR 的输出端与计数器的数据输入端 D 连接，以使计数器进行加计数或减计数；计数器的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路的第四输出信号 CLK 和第五输出信号 CLR1 连接，它产生的数据信号分别输入到第一寄存器 8bit_REG、第二寄存器 7bit_REG 和或非门 NOR；第二寄存器 7bit_REG 的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路的第六输出信号 REG_CLK2 和第七输出信号 CLR2 连接，它的输出端与数模转换电路的输入端连接，用于进行数模转换，同时它的输出通过第二与门 AND2 输入到或非门 NOR；第一寄存器 8bit_REG 的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路的第八输出信号 REG_CLK1 和第七输出信号 CLR2 连接，输出数据到数据存储电路。

[0020] 上述红外接近传感器，其中所述红外发光二极管驱动电路，它的控制端与时序控制电路输出信号 IR_EN 连接，输出脉冲电流信号到红外发光二极管，以使红外发光二极管分时段发射红外光线。

[0021] 本发明与现有技术相比具有如下优点：

[0022] (1) 本发明的光电二极管电路中由于采用与 CMOS 工艺兼容的光电二极管，将光电检测单元与信号处理单元集成在同一块芯片上，可以降低电路成本和功耗。

[0023] (2) 本发明通过光电二极管电路与模数转换电路之间连接的电流控制电路，对光电二极管电路的输出电流采样，降低了开关切换噪声。

[0024] (3) 本发明通过数模转换电路将模数转换电路的数字输出转换为电流后反馈到模数转换电路的输入端，与时序控制电路相结合在检测过程中滤除环境噪声，改善了红外接近传感器的信噪比，使其在背景光较强和高温的环境中仍然能够准确地检测物体的接近程度。

[0025] (4) 本发明的噪声滤除方案未增加光电二极管的面积和 LED 驱动电流，节省了芯片面积，降低了传感器电路功耗。

[0026] 下面通过附图和实施例，对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0027] 图 1 为现有红外接近检测的原理图；

[0028] 图 2 为本发明红外接近检测传感器系统结构框图；

[0029] 图 3 为本发明的光电二极管电路和电流控制电路原理图；

[0030] 图 4 为本发明的电流控制电路结构框图；

[0031] 图 5 为本发明的光电二极管覆盖光学镀膜前后的频谱响应曲线；

[0032] 图 6 为本发明的模数转换电路原理图；

- [0033] 图 7 为时序控制电路 5 的输出信号时序；
- [0034] 图 8 为本发明在不同背景光照下,接近检测输出与距离关系仿真结果图；
- [0035] 图 9 为本发明的不同温度下,接近检测输出与距离关系仿真结果图。

具体实施方式

[0036] 以下参照附图对本发明作进一步详细描述。

[0037] 参照图 2,本发明的抑制环境噪声的红外接近传感器主要包括光电二极管电路 1、红外发光二极管 2、模数转换电路 3、数据存储电路 4、时序控制电路 5、红外发光二极管驱动电路 6、电流控制电路 7、数模转换电路 8、基准电压产生电路 9 和基准电流产生电路 10,其中,红外发光二极管驱动电路 6 输出脉冲电流信号到红外发光二极管 2 的阳极,用于驱动红外发光二极管 2 分时段发射红外光,当有物体接近红外接近传感器时,该红外发光二极管的红外光一部分被物体反射回通过光电二极管电路 1 转换为电流输出到电流控制电路 7。电流控制电路 7 连接在光电二极管电路 1 与模数转换电路 3 之间,用于对光电二极管电路 1 的输出电流采样。模数转换电路 3 的输出端与数据存储电路 4 的输入端连接数模转换电路 8,用于将模数转换电路 3 的数字输出信号转换为电流后反馈到模数转换电路 3 的输入端。数据存储电路 4 的八位输出数据送入到外部的微处理器,该数据存储电路 4 的八位输出数据能指示物体的接近程度,为实现微处理器对电子产品的智能控制提供数据依据。基准电压产生电路 9 的输出端分别与光电二极管电路 1、模数转换电路 3 和电流控制电路 7 的电压输入端连接,为其提供基准电压。基准电流产生电路 10 的输出端分别与光电二极管电路 1 和电流控制电路 7 的电流输入端连接,为其提供基准电流。时序控制电路 5 输出十三个数字信号,该十三个数字信号的具体时序如图 7 所示,其中第一输出信号 CTRL1、第二输出信号 CTRL2 和第三输出信号 Sense_EN 输入到电流控制电路 7,用于控制电流控制电路 7 内部电流的导通与截止;第四输出信号 CLK、第五输出信号 CLR1、第六输出信号 MODE_SET、第七输出信号 REG_CLK2、第八输出信号 CLR2、第九输出信号 REG_CLK1、第十输出信号 RESET 和第十一输出信号 COMP_EN 均输入到模数转换电路 3,以实现输入电流信号到数字输出信号的转换;第十二输出信号 IR_EN 输入到红外发光二极管驱动电路 6,以使红外发光二极管驱动电路 6 输出脉冲电流信号;第十三输出信号 CLK' 输入到数据存储电路 4,作为数据存储电路 4 读取数据的控制信号。

[0038] 参考图 3,本发明的光电二极管电路 1,包括光电二极管、误差放大器 EA、五个 NMOS 管 $M_{N1} \sim M_{N5}$ 和电阻 R_1 ,其中光电二极管采用标准 CMOS 工艺实现,并覆盖光学镀膜以用于滤除红外波段以外的光线,减小背景光噪声,该光电二极管覆盖光学镀膜前后的频谱响应如图 5 所示;第一 NMOS 管 M_{N1} 、第二 NMOS 管 M_{N2} 、第三 NMOS 管 M_{N3} 和第四 NMOS 管 M_{N4} 构成共源共栅电流镜,该电流镜的输入电流由第一基准电流 I_{REF1} 提供,输出电流为 $I_D = \frac{1}{20} I_{REF1}$;第五 NMOS 管 M_{N5} 的栅极与误差放大器 EA 的输出端连接,源极通过电阻 R_1 分别与误差放大器 EA 的反相输入端、电流镜输出和光电二极管的阴极连接,通过第五 NMOS 管 M_{N5} 和电阻 R_1 将误差放大器 EA 的输出反馈到误差放大器 EA 的输入端,保证误差放大器 EA 的反相输入端电压与它的正相输入端连接的第一基准电压 VREF1 相等,为误差放大器 EA 的反相输入端与地之间连接的光电二极管提供稳定的反向偏置电压,从而使光电二极管产生稳定的光电流。

[0039] 参考图 4, 本发明的电流控制电路 7, 包括第一开关电路 11、电流选择电路 12、第二开关电路 13、第三开关电路 14 和稳压电路 15, 其中第一开关电路 11 的电流输入端与控制端分别与第二基准电流 I_{REF2} 和时序控制电路 5 的第一输出信号 CTRL1 连接, 它输出两路电流 I_1 和 I_2 , 电流 I_1 与第三基准电流 I_{REF3} 相加后输出为 I_3 流入到电流选择电路 12 的电流输入端, 电流 I_2 流入到稳压电路 15 的电压输出端; 电流选择电路 12 的控制端与时序控制电路 5 的第二输出信号 CTRL2 连接, 它输出两路电流 I_4 和 I_5 , 电流 I_4 流入到第二开关电路 13 的电流输入端, 电流 I_5 流入到稳压电路 15 的电压输出端; 第二开关电路 13 的控制端与模数转换电路 3 的第一输出信号 Q_EN 连接, 它输出两路电流 I_6 和 I_{REF} , 第三开关电路 14 的控制端与时序控制电路 5 的第三输出信号 Sense_EN 连接, 它输出两路电流 I_7 和 I_X , 电流 I_6 和 I_7 均流入稳压电路 15 的电压输出端, 电流 I_{REF} 和 I_X 相减后输出电流 I_0 到模数转换电路 3。

[0040] 该第一开关电路 11 的结构如图 3 所示, 它包括第一触发器 RS1 和两个 PMOS 管 $M_{P1} \sim M_{P2}$, 其中第一触发器 RS1 的输入端与时序控制电路 5 的第一输出信号 CTRL1 连接, 它产生两个互补输出信号分别与两个 PMOS 管的栅极连接, 两个 PMOS 管的源极均与第二基准电流 I_{REF2} 连接, 两个 PMOS 管的漏极分别输出电流 I_1 和 I_2 , 当时序控制电路 5 的第一输出信号 CTRL1 为高电平时, $I_1 = 0$, $I_2 = I_{REF2}$, 反之 $I_1 = I_{REF2}$, $I_2 = 0$;

[0041] 该电流选择电路 12 的结构如图 3 所示, 它包括第一反相器 INV_1 和四个 PMOS 管 $M_{P3} \sim M_{P6}$, 其中第四 PMOS 管 M_{P4} 和第六 PMOS 管 M_{P6} 的栅极以及第一反相器 INV_1 的输入端均与时序控制电路 (5) 的第二输出信号 CTRL2 连接, 第一反相器 INV_1 的输出分别与第三 PMOS 管 M_{P3} 和第五 PMOS 管 M_{P5} 的栅极连接, 第三 PMOS 管 M_{P3} 与第四 PMOS 管 M_{P4} 的源极均与电流 I_3 端连接, 第五 PMOS 管 M_{P5} 与第六 PMOS 管 M_{P6} 的源极均第四基准电流 I_{REF4} 连接, 第三 PMOS 管 M_{P3} 与第六 PMOS 管 M_{P6} 的漏极连接输出电流 I_4 , 第四 PMOS 管 M_{P4} 与第五 PMOS 管 M_{P5} 的漏极连接输出电流 I_5 , 当时序控制电路 (5) 的第二输出信号 CTRL2 为高电平时, $I_4 = I_3 = I_{REF3} + I_1$, $I_5 = I_{REF4}$, 反之, $I_4 = I_{REF4}$, $I_5 = I_3 = I_{REF3} + I_1$;

[0042] 该第二开关电路 13 的结构如图 3 所示, 它包括第二触发器 RS2 和两个 PMOS 管 $M_{P7} \sim M_{P8}$, 其中第二触发器 RS2 的输入端与模数转换电路 3 的第一输出信号 Q_EN 连接, 它产生两个互补输出信号分别与两个 PMOS 管的栅极连接, 两个 PMOS 管的源极均与电流 I_4 连接, 两个 PMOS 管的漏极分别输出电流 I_6 和 I_{REF} , 当模数转换电路 3 的第一输出信号 Q_EN 为高电平时, $I_{REF} = I_4$, $I_6 = 0$, 反之 $I_{REF} = 0$, $I_6 = I_4$;

[0043] 该第三开关电路 14 的结构如图 3 所示, 它包括第三触发器 RS3 和两个 NMOS 管 $M_{N6} \sim M_{N7}$, 其中第三触发器 RS3 的输入端与时序控制电路 5 的第三输出信号 Sense_EN 连接, 它产生两个互补输出信号分别与两个 NMOS 管的栅极连接, 两个 NMOS 管的源极均与电流 I_4 连接, 两个 NMOS 管的漏极分别输出电流 I_7 和 I_X , 当时序控制电路 5 的第三输出信号 Sense_EN 为高电平时, $I_X = I_{PD}$, $I_7 = 0$, 反之 $I_X = 0$, $I_7 = I_{PD}$ 。

[0044] 参考图 6, 本发明的模数转换电路 3, 包括积分器 16、比较器 COMP、触发器 DFF、异或门 XOR、计数器、第一与门 AND1、第二与门 AND2、或非门 NOR、第一寄存器 8bit_REG 和第二寄存器 7bit_REG, 其中积分器 16 的输入端电流 I' 为电流控制电路 7 的输出电流 I_0 与数模转换电路 8 的输出电流 I_{FB} 之和, 它将电流输入信号 I' 转换为电压输出信号 V' , 该输出信号 V' 与比较器 COMP 的正相输入端连接, 比较器 COMP 将该电压信号 V' 与它的反相输入端连接的第二基准电压 V_{REF2} 进行比较, 输出高 / 低电平信号连接到触发器 DFF 的数据输入端

端 D, 该比较器的控制端与时序控制电路 5 的第十一输出信号 COMP_EN 连接; 触发器 DFF 的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路 5 的第四输出信号 CLK 和第五输出信号 CLR1 连接, 该触发器在时序控制电路 5 的第四输出信号 CLK 的上升沿触发, 在第五输出信号 CLR1 为低电平时清零, 它的输出与异或门 XOR 的第一输入端连接; 第一与门 AND1 的两个输入端分别与触发器 DFF 的输出端 Q 和时序控制电路 5 的第四输出信号 CLK 连接, 产生输出信号 Q_EN; 异或门 XOR 的第二输入端和计数器的加减模式设置端 SET 均与时序控制电路 5 的第六输出信号 MODE_SET 连接, 异或门 XOR 的输出端与计数器的数据输入端 D 连接, 以使计数器进行加计数或减计数; 计数器的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路 5 的第四输出信号 CLK 和第五输出信号 CLR1 连接, 它输出一个九位的数据信号 [8:0]; 第一寄存器 8bit_REG 的八个数据输入端 7~0 分别与计数器的低八位输出数据信号 [7:0] 连接, 它的置零输入端 SET0 与或非门 NOR 的输出连接, 它的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路 5 的第九输出信号 REG_CLK1 和第八输出信号 CLR2 连接, 它输出的八位数据信号 DATA[7:0] 与数据存储电路 4 的八个输入端对应连接; 第二寄存器 7bit_REG 的 7 个数据输入端 6~0 分别与计数器的低七位输出数据信号 [6:0] 连接, 它的时钟输入端 clk 和清零端 clr 分别与时序控制电路 5 的第七输出信号 REG_CLK2 和第八输出信号 CLR2 连接, 它输出的七位数据信号 D[6:0] 与数模转换电路 8 的七个数据输入端对应连接, 用于进行数模转换; 第二与门 AND2 的七个数据输入端 6~0 分别与第二寄存器 7bit_REG 的七位输出数据信号 D[6:0] 连接, 该与门 AND2 的输出连接到或非门 NOR 的第一输入端, 或非门 NOR 的第二输入端与计数器的第九位输出数据信号 [8] 连接。

[0045] 该积分器 16, 包括三个 NMOS 管 M_{N8} - M_{N10} 、四个电容 C_2 - C_5 和第二跨导运算放大器 OTA2, 其中第二跨导运算放大器 OTA2 的正相输入端与第二基准电压 VREF2 连接, 第八 NMOS 管 M_{N8} 和第二电容 C_2 的两端分别与第二跨导运算放大器 OTA2 的反相输入端和输出端连接, 第三电容 C_3 和第九 NMOS 管 M_{N9} 串联后分别与第二跨导运算放大器 OTA2 的反相输入端和输出端连接; 第二跨导运算放大器 OTA2 的输出端分别与第四电容 C_4 和第五电容 C_5 的一端连接, 第四电容 C_4 的另一端连接到地, 第五电容 C_5 通过第十 NMOS 管 M_{N10} 连接到地; 第八 NMOS 管 M_{N8} 和第十 NMOS 管 M_{N10} 栅端均与时序控制电路 5 的第十输出信号 RESET 连接, 该 RESET 信号为高电平时, 第八 NMOS 管 M_{N8} 导通, 积分器 16 的输入端和输出端短接处于复位状态, 反之, 积分器 16 处于正常积分工作状态; 第九 NMOS 管 M_{N9} 的栅端与时序控制电路 5 的第二输出信号 CTRL2 连接, 当时序控制电路 5 的第二输出信号 CTRL2 为高电平时, 第九 NMOS 管 M_{N9} 导通, 第二电容 C_2 和第三电容 C_3 并联后作为积分器 16 的积分电容, 反之, 第三电容 C_3 作为积分器 16 的积分电容。

[0046] 本发明的效果可以通过以下仿真进一步说明:

[0047] 仿真 1: 在温度为 25°C, 对环境噪声滤除前背景光照度分别为 0lx、100lx、1k lx、4k lx 和环境噪声滤除后背景光照度分别为 100lx、1k lx 和 4k lx 的条件下, 仿真本发明的接近检测输出与距离的关系, 仿真结果如图 8。从图 8 可以看出: 环境噪声滤除前, 背景光照度到达 1k lx 时, 接近检测输出不会随距离变化而变化, 无法检测物体的接近程度, 环境噪声滤除后, 在不同背景光照条件下的接近检测输出与背景光照度为 0lx 条件下的接近检测输出相比误差小于 1%, 从而说明本发明的接近检测输出不受背景光照度变化的影响, 在强背景光下仍能准确检测物体的接近程度。

[0048] 仿真 2 :在无背景光照时,对环境噪声滤除前温度分别为 25℃、45℃、65℃、85℃和环境噪声滤除后温度分别为 45℃、65℃、85℃的条件下,仿真本发明的接近检测输出与距离的关系,仿真结果如图 9。从图 9 可以看出 :环境噪声滤除前,随着温度的升高,可以检测的距离范围减小,尤其是温度为 85℃时接近检测输出不会随距离变化而变化,无法检测物体的接近程度,环境噪声滤除后,在不同温度条件下的接近检测输出与温度为 25℃条件下的接近检测输出相比,误差小于 1%,从而说明本发明的接近检测输出不受温度变化的影响,在高温下仍能准确检测物体的接近程度。

[0049] 以上仅是本发明的一个最佳实例,不构成对本发明的任何限制,显然在本发明的构思下,可以对其电路进行不同的变更与改进,但这些均在本发明的保护之列。

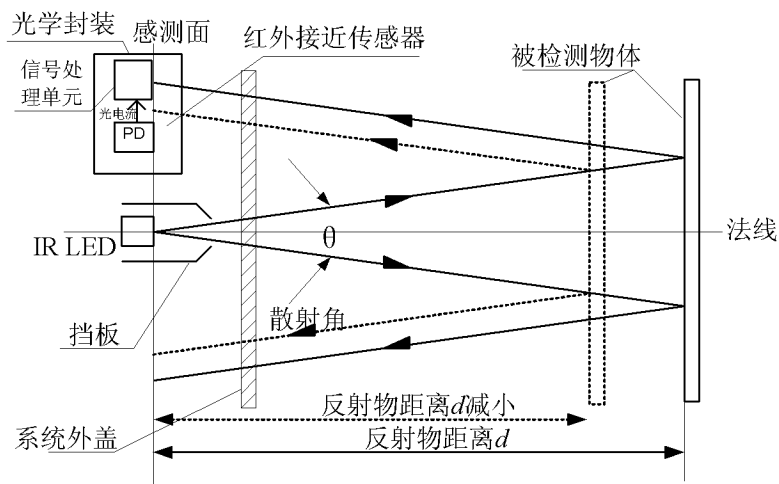


图 1

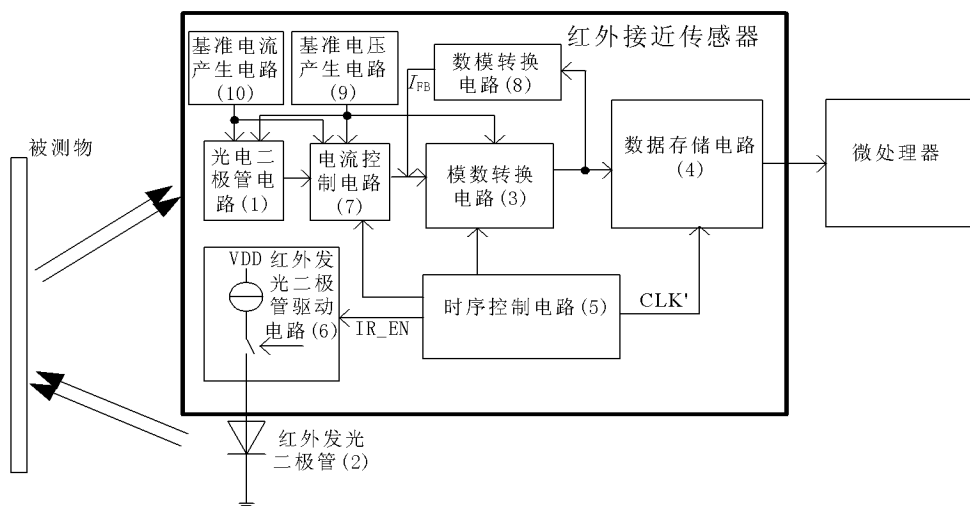


图 2

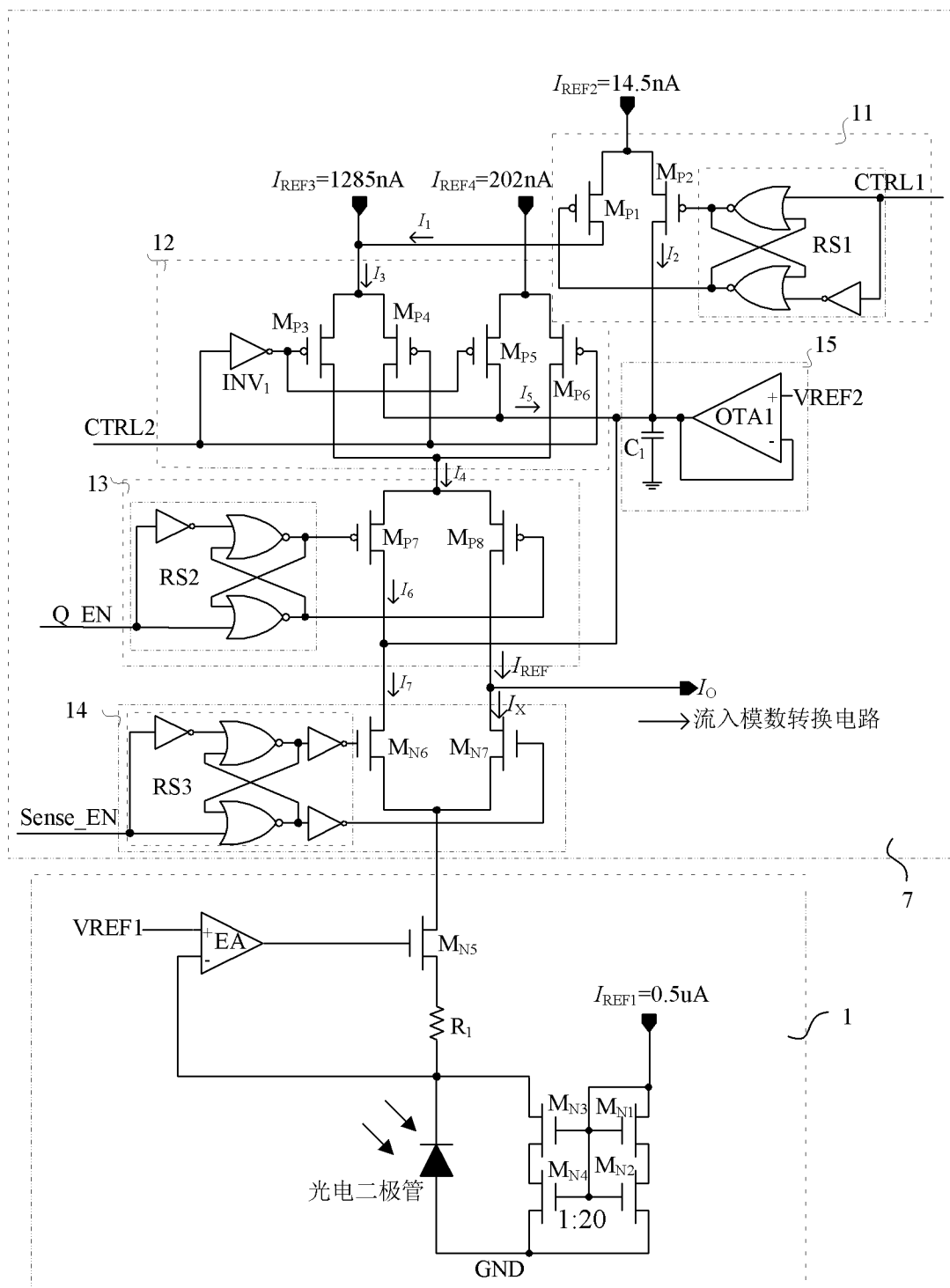


图 3

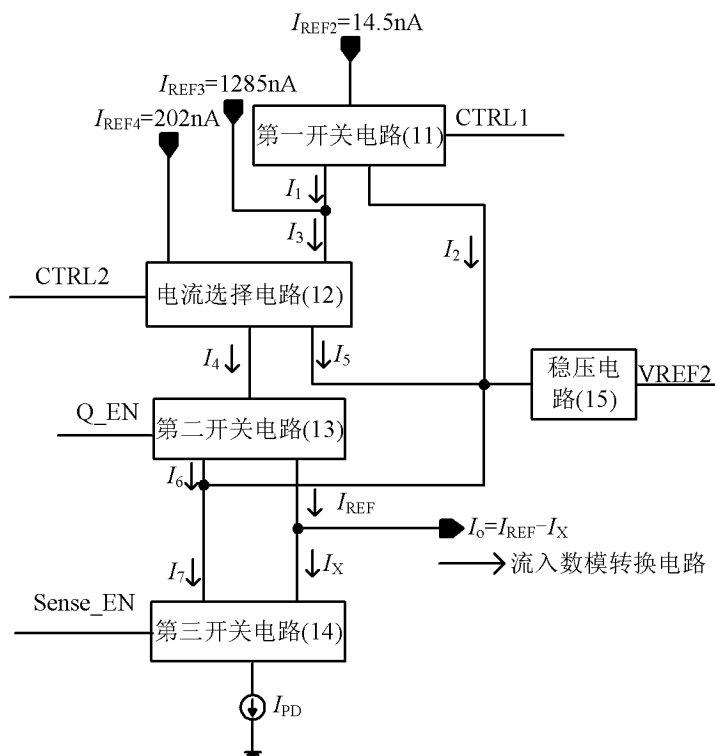


图 4

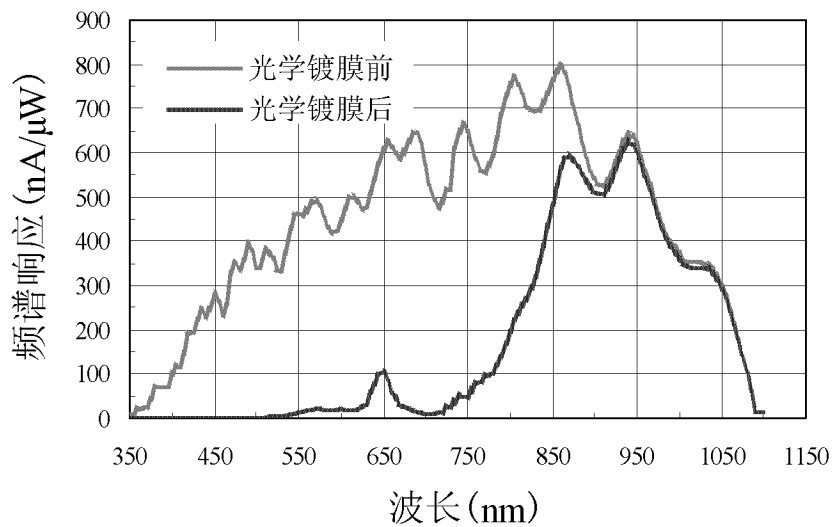


图 5

3

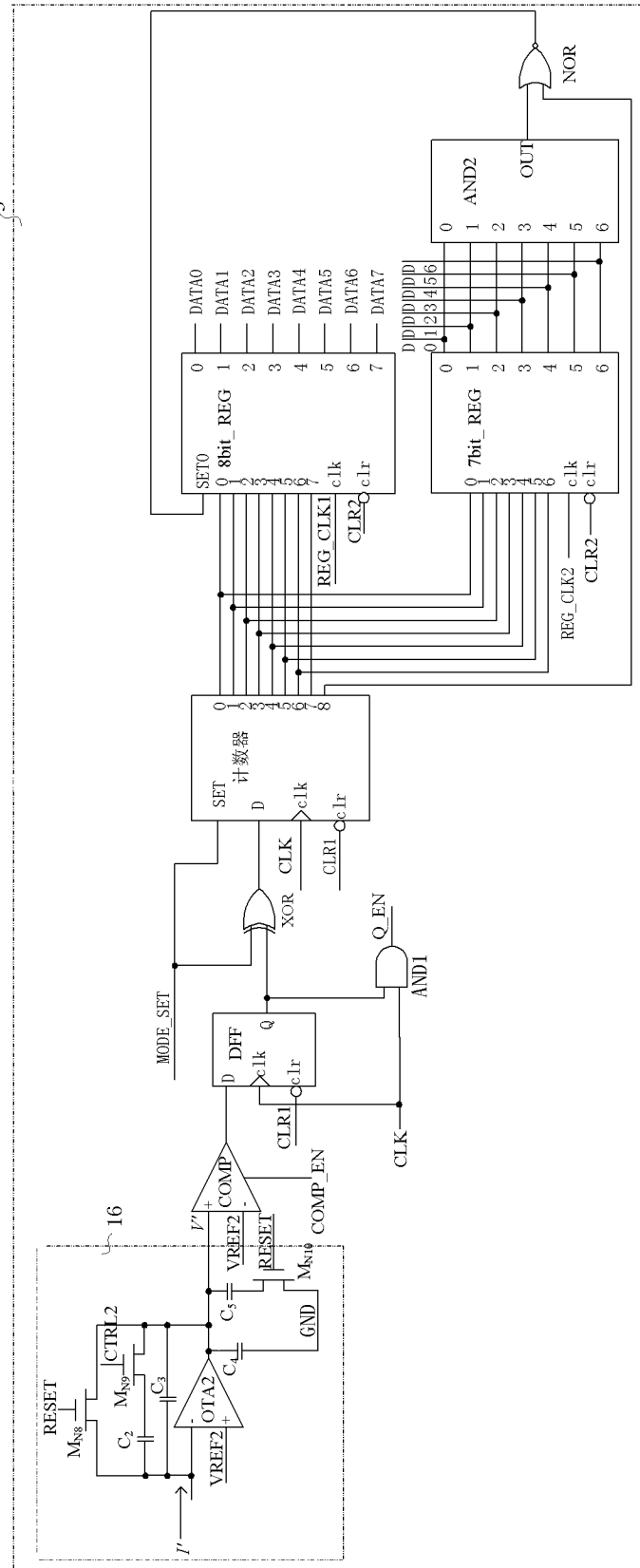


图 6

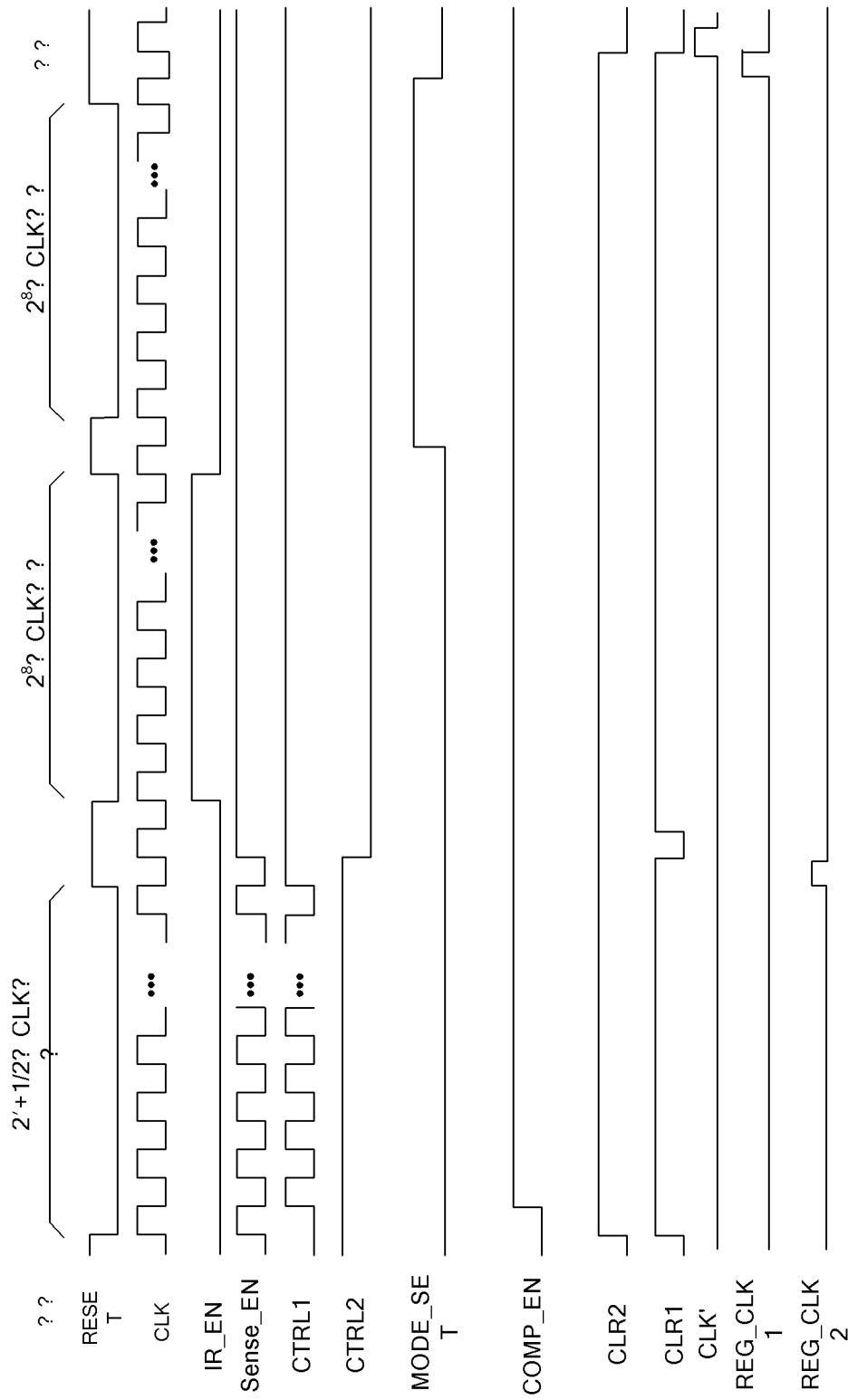


图 7

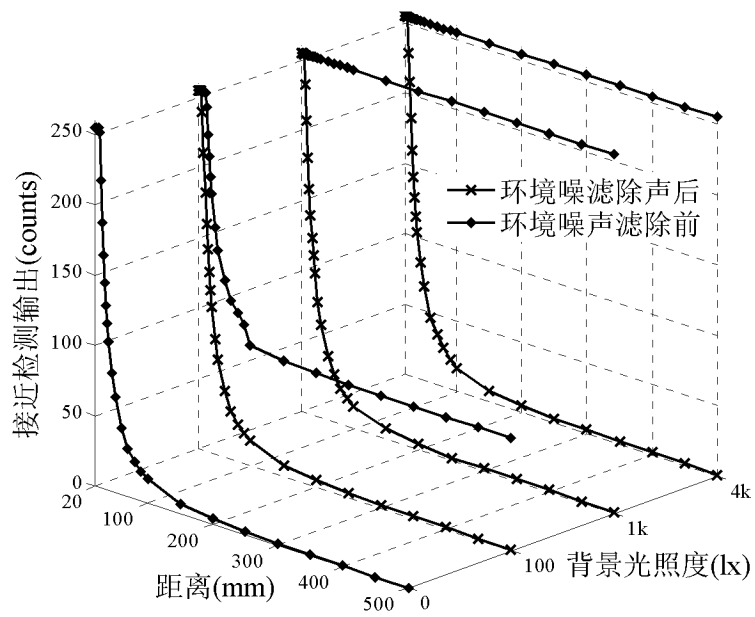


图 8

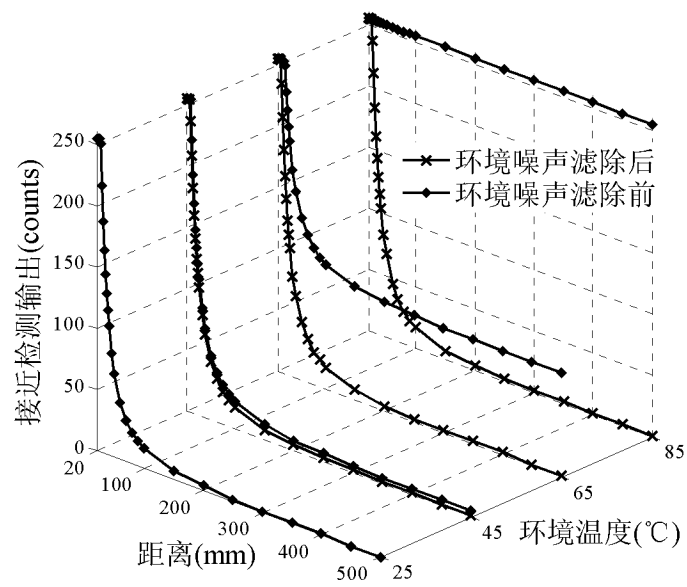


图 9