

Circuit Design of Ambient Light Sensing and Distance Sensor Module for Tablet Computer

Laiman Li

Shenzhen Kaida High-tech Digital Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

With the development of smartphones and tablets, the demand for ambient light sensors and distance sensors is also increasing. The role of ambient light sensors and distance sensors is to provide position information of the device. This paper introduces a kind of high precision ambient light sensor module circuit design, the module using LDMOS technology, integrated multiple highly sensitive infrared light source and LED lamp, including two photodiode array (PD), two LM 341 optical sensor module and a laser transmitter, can accurately detect the strength of the ambient light change, so as to realize the distance and position calculation of tablet computer.

Keywords

ambient light sensor; distance sensor; sensor module

平板电脑的环境光感和距离传感器模组电路设计

李来满

深圳市凯达高科数码有限公司, 中国 · 广东 深圳 518000

摘 要

随着智能手机和平板电脑的发展, 对环境光传感器和距离传感器的需求也越来越大。环境光传感器和距离传感器的作用是提供设备的位置信息。论文介绍了一种具有高精度的环境光传感器模组电路设计, 该模组采用LDMOS技术, 集成多个高灵敏度的红外光源及LED灯, 包括两个光电二极管阵列 (PD)、两个LM341型光传感模块以及一个激光发射器, 可以准确地检测到环境光线的强弱变化, 从而实现平板电脑距离与位置计算。

关键词

环境光感; 距离传感器; 传感器模组

1 引言

近年来, 智能平板电脑的屏幕尺寸不断增大, 分辨率也在不断提高, 但是屏幕仍然需要更多的光线来进行显示。因此, 越来越多的智能手机、平板电脑配备了环境光传感器和距离传感器。环境光传感器和距离传感器是将红外线光发射到红外光电二极管阵列中以检测出环境光线强弱变化进而计算出设备所在物体位置的器件 / 模块。

目前, 许多制造商正在研发可实现高精度测量功能的激光 / 红外传感器模组。随着科技的发展, LDMOS 技术已经开始应用于各种便携式电子设备中了。论文结合深圳市凯达高科数码有限公司对平板电脑电子数字产品的多年开发经验, 介绍了一种可用于测量距离和环境光感以及提供设备所处位置信息的 LDMOS 模组电路设计, 并在此基础上设计了一种具有高灵敏度环境光传感器模组电路, 并利用集成光

电二极管阵列 (PD) 和红外 LED 光源来实现传感器模组电路中光源灵敏度和探测范围方面性能之间的折中。

2 工作原理

环境光传感器模组由两个 PD 阵列、两个 LM341 型激光发射器和一个可编程的数字光学滤波器组成, 其中 L 表示距离, W 是波长。当光源通过传感器时, 通过对反射率的计算, 可以得到每个 PD 阵列所对应的接收光强度, 即反射率 W 。同时, 在每个 PD 阵列内分别加入 LED 光源作为模拟光源进行补光。其中, LM341 型光传感模块采用 LED 作为模拟光源, 而激光发射器则在其内部集成了一个激光发射器电路; 在两个 PD 阵列上加入红外光学滤波器对接收光进行滤除。当环境光线通过传感器时, 由于 PD 阵列对可见光线的敏感性很高并且很稳定, 所以当被测物体发出的红外信号经过光电转换后就会形成一个电平突变信号^[1]。

由于 LED 是一种具有良好发光特性的器件 (发光波长为 655nm), 其发射光会受到环境光线的影响而发生变化 (发射光的波长与入射激光波长相差很大), 因此可通过接收反

【作者简介】李来满 (1963-), 男, 中国广东汕头人, 从事新型平板电脑研发及应用研究。

射信号来计算物体位置。

2.1 激光发射机

LM341 激光发射器电路中的芯片由 Cadence 公司提供, 型号为: C7T630E。LM341 型激光发射器是一种单极性发光二极管(LED)产品, 通过控制两个 LM341 型激光发射管的偏转角度大小来控制 LED 的发光方向及亮度。C7T630E 芯片内部集成了一个具有高达 10dB 增益带宽的双 D 类放大器, 可以增强对红外信号的灵敏度。双 D 类放大器由两个独立驱动的开关管构成, 每一个驱动管导通后会立即关闭另一个输入管。LM341 激光器采用了高效率双 D 类功率放大器和具有增益带宽调整功能的增益级, 提高输出功率, 从而提高了系统灵敏度。

2.2 PD 阵列

PD 阵列的基本原理是: 根据入射激光与 PD 之间的距离计算出反射率。由于接收器的光斑大小受光的反射率、光源波长和入射夹角等因素的影响, 所以在测量反射率时需要对其进行校正。当入射光垂直于传感器表面时, 由于接收光在到达接收器前先被空气吸收, 从而导致输出电压降低; 当入射光作用在传感器表面时则相反; 而该角度差也可通过对光线的人射角进行校正得到。可以通过两个通道来进行修正: 由于两个通道电流不同, 通过改变电流大小就可调节两者间的相位差; 进而可调节输入电流。根据输入电流大小可以将通道间相位差设定为 0° 、 90° 和 180° 。

2.3 滤光片

要想对目标物体进行定位, 需要在两个 PD 阵列上分别加入滤光片以滤除背景光线。当入射激光波长与环境光的波长相差较大时, 可通过计算两个 PD 阵列的反射率来确定被测物体所在的位置^[2]。由于入射激光波长与环境光的波长相差较大, 因此可以将接收光分为红、绿、蓝三路光来分别进行测量。其中红、绿和蓝分别代表被测物体发出的 3 种不同颜色的光。利用滤光片的选择性, 可对接收光谱进行滤除或吸收等处理, 得到被测目标物体发出各种颜色光线时对应的反射率值, 从而得到被测物体位置。由于入射激光为红色光, 故接收光谱中红光部分所占比例较大; 由于绿、蓝两路光谱分别对绿色和蓝色有较大吸收, 因此其对应的吸收率也大于其他波段发射光的吸收率。通过计算三路接收光谱对应波长处所需加滤光片的数量, 即可得到目标物所在位置(红蓝环)。

3 设计要求

环境光传感器模组要求具有很高的精度, 需要有良好的分辨率、响应时间及稳定性, 而且测量范围要广。

①响应时间: 从 0 到最大 1ms, 也就是要求环境光传感器能够在 1ms 内进行检测, 这是不可能实现的。

②分辨率: 从最小 1ms 到最大 30ms, 也就需求环境光传感器具有很高的分辨率(像素尺寸为 $4\text{mm} \times 6\text{mm} \times 3\text{mm}$ /

像素)。

③响应时间: 从 1s 到 100ms 内的测量时间不能超过 1s。

④稳定性: 在 30s 内不能出现明显的漂移。

⑤可靠性: 灵敏度必须稳定可靠, 传感器之间也要稳定可靠才可以进行测量。

⑥成本效益: 要达到最大响应时间, 需要有很高的灵敏度、很好的线性度, 要求各个模块价格合理。

⑦系统性能: 系统必须满足在各种环境条件下对精度和灵敏度、重复性和稳定性等方面的要求。

⑧一致性: 传感器要能够实现与数字信号处理系统相兼容, 要求各模块在不同的工作条件下不能出现明显差别(即在相同条件下测量值可能不一样)。为了实现一致性, 传感器之间应当尽量独立安装在同一环境中, 同时避免与其他模块或者元器件进行耦合。

⑨可编程性: 各模块之间要能够相互配合, 以完成测量功能; 同时能够与各种数字信号处理系统进行接口兼容。

⑩功耗: 要求传感器模块的功耗低、精度高、稳定性好并且体积小。

⑪通用性: 各模块可以很容易地与其他元器件进行连接和集成。可以实现在多种不同条件下测量结果的互换; 且不影响其他功能电路正常工作, 同时能够与相关硬件系统兼容。

⑫使用环境: 对温度、湿度以及振动等因素十分敏感; 要能够适应各种不同环境条件下的测量。

⑬可扩展性: 要求传感器可以满足多种不同环境条件下应用, 同时可支持不断增加模块数量, 以满足日益增长的应用需求。

4 电路设计与 PCB 仿真

根据上面的原理, 我们可以设计出一个符合要求的环境光传感器模组。该元件采用光敏电阻与光电二极管, 两个 PD 模块, 一个 LM341, 两个 LMS。其中, 光敏感电阻 LMP2、LMP1 分别是光敏电阻, LM341 是光电二极管, 两个 LMS 是激光器与红外发射器^[3]。光敏感电阻的主要功能是检测到光源与激光是否在同一个平面内, 如果没有则不能工作。另外, 光电二极管阵列也可以被用来实现测距功能。为了让 PCB 板达到最好的工艺性能, 需要对这些元件进行仿真和优化。对于一个复杂的系统来说, 仿真是非常必要的。

通过对这几个关键点进行分析就能够找到设计上的不足并提出改进意见和措施。其中, 最主要的两点: ①电源电压较高时可能会导致光电二极管阵列短路; ②光学中心在水平平面内时不能保证其对称性。对于第一个问题, 通过仿真可以发现电路中存在的问题。其中, 最主要的原因在于光电二极管阵列中光学中心位置不对称。通过对这些元器件的仿真发现, 当垂直于元件表面时会导致元件中心位置出现偏移; 当水平放置一个光敏感电阻元件时则会使整个元件出现

偏移现象。对于第二个问题,需要重新设计光学中心位置并提高其对称性进行改善后才能解决这个问题^[4]。

5 系统性能测试

为验证系统的可靠性,论文采用了一款便携式手持终端进行测试。手持式终端是一款便携式手持终端,其使用简单方便。在手持式终端使用过程中,环境光变化情况对系统影响很大。手持式终端的电池寿命是限制系统可靠性的重要因素之一^[5]。

5.1 不同光强下的距离传感器响应时间

环境光的变化对距离传感器的响应时间有很大影响,而光照强度又是一个重要参数。对于相同的距离传感器来说,其光强响应时间也是不同的。光照强度增加时,其灵敏度会降低,因此需要补偿光强传感器之间的偏差。在上述测试中我们发现:当光强小于30mcd时、光强值大于30mcd时,系统的响应时间会显著增加;而当光强达到30mcd后、光强值小于20mcd时则变化不大。

从以上分析可知:通过测量系统内部器件间的光路来补偿系统的光电二极管和光电三极管可以使传感器的响应时间达到很好的平衡,即不会出现过高或过低的情况。

5.2 环境光变化对距离传感器精度的影响

在室内自然光照明的环境下,模拟环境光照变化情况。为了验证系统的可靠性,论文将环境光变化情况分为两种情况:①不同距离下的光通量变化率;②不同距离上的光通量变化率。由于在室外自然光照明和室内灯照明下,手持终端对不同光照情况下的响应特性有所不同。所以本次测试分别采用了两种典型应用场景:①不同距离、不同光照条件的测试;②在相同光照条件下测试。

测试结果为:①在室外自然光照明的环境下,手持终端距离传感器对光照光变的响应明显下降较快,因此使用该手持终端需注意避免长时间面对直射太阳;②在室内灯光照明的环境下测试,则表明手持式终端具有较高的系统可靠性。通过以上分析可知:手持式终端对光通量变化要求较高且有一定滞后性,因此需要进行精确测量和补偿。

6 实验结果及分析

环境光传感器模组的基本参数:温度范围为0℃~+50℃,响应时间为10ns;环境光检测模块的精度测试可在实验室环境下进行,测试内容为距离和位置信息的测量,测试结果如下:

①测量距离和位置的精度,通过对环境光线的灵敏度,探测距离与测量位置的对比可以看出测量结果有较大差异。

②根据测试结果对传感器进行标定和校准,使其满足精度要求。

③温度特性:通过温度扫描式热电偶可以测量温度的变化情况。

④环境光检测模块在高温(>40℃)环境下工作时,

测得该模块的工作电压为1.8V,在-40℃以下有轻微下降;而当温度超过60℃时,测得在120°~140°变化。

⑤光学误差:该实验中由于光敏元件之间存在一定间隙,因此测得各元件之间存在一定距离。当测试结果不满足要求时,可将其替换成其他功能模块或软件。

对环境光检测模块标定:在实验室条件下,对环境光检测模块进行标定和测试,以达到精度要求;将标定后的模组进行测量对比测试后,得到环境光线信号输出端与传感器的相对距离;将测试结果与设定值进行比较,当两个结果之差大于一定值时,判断传感器发生了错误;使用示波器测试传感器信号输出端波形(包括波形、峰值、谷值等);将示波器测量结果与传感器的绝对温度偏差对比测试,如果存在偏差,则说明传感器发生了错误。

对环境光测量结果进行处理:对于标准的RGB三色通道电路来说:当外部信号输入为8Vrms时,输出信号为16V;当外部光线输入为16Vrms时,输出电信号为16kVrms,此时输出电压达到了10V(对于单端输入的驱动电路来说);对于双端输出的驱动电路来说。当外部光线输入为16Vrms时,输出电压达到了10V;对于非标准的RGB三色通道来说,当电源电压发生变化时,电流和电压波形均会发生变化。

7 结语

本设计采用CMOS工艺实现,整个系统尺寸较小,易于集成于平板电脑、智能手机或其他智能设备中。该传感器模组电路设计通过对传统的传感器原理进行改进,实现了环境光的探测与计算,提高了检测的精度。光电二极管阵列(PD)和激光发射器(LM341)构成了该传感模组的主体电路。LM341型光学传感器通过对光强度变化的响应来检测距离变化,可以检测到环境光线的强弱变化,并根据不同波长光强来计算相应位置。环境光传感器模组在整个生命周期内都可以提供稳定的准确位置信息。当使用环境照度恒定、测量范围内有障碍物、光源亮度变化等情况下,该传感器都可以准确地检测出距离变化。

参考文献

- [1] 帅建平.光感传感器在远程控制中的应用[J].产业与科技论坛,2014,13(11):53-54.
- [2] 倪世煜.平板电脑中传感器应用及其方案研究[D].天津:天津工业大学,2017.
- [3] 吕慧超,黄河清,陈工,等.基于手机环境光传感器的室内可见光定位方法[J].光通信技术,2022,46(4):89-93.
- [4] 李旭辉.平板电脑的环境光感和距离传感器模组电路设计分析[J].中国新技术新产品,2020(20):26-27.
- [5] 卢杭全.基于标准CMOS工艺的环境光与接近距离传感器的研制[D].厦门:厦门大学,2018.