

具有视角偏转或 HDR 功能的液晶显示模块的设计

一、项目背景

液晶显示已广泛应用于人们的日常生活、工业生产和军工国防等领域。液晶显示器由背光模块、液晶面板和驱动电路构成。在液晶显示模组中，由两块偏振片构成一个偏光的光学系统，利用液晶光学和电学的各向异性特性，以及薄膜晶体管对驱动液晶的电信号的开关作用，可对背光源入射进液晶盒的光起到调制作用。由于背光源各光学膜片、偏光片、液晶、彩色滤光片的吸收和像素开口率的影响，背光源发出的光大部分都被损耗了。提升背光源的利用效率，是液晶显示领域进行技术改进的重要目标。

液晶显示器光效提升的方法一般有使用高光效的 LED、光学膜组，偏振复用，提高像素开口率等。液晶显示器的主视场角一般在屏幕的法线方向，在一些特殊的使用场景下，如户外和展厅在远处悬挂的显示器，车载、舰载和机载座舱的显示器，主视角方向会偏离法线一定的角度。这些情景中，在不增加功耗的前提下，通过一定的技术手段，实现主视场角的偏转，可提高光能的利用效率，减少光污染。

液晶背光模块视角偏转的实现方法，目前主要包含两种，即使用具有光线偏转功能的光学薄膜和使用非对称发光的 LED。对前者，其功能层一般为微棱镜结构，可参考：控制光线角度的光学膜表面微结构设计[J]，光电子技术，2017，37(1): 35-40. 该技术方案可适用于底背光和侧背光。对后者，使用非对称的封装透镜，使 LED 的光强曲线向所需的方向偏转，可参考：全彩 LED 显示屏用非对称节能型 LAMP 器件的设计[J]，现代显示，2013，148: 5-9. 非对称发光的 LED 和扩散板相结合，可实现具有视角偏转的底背光。

在液晶显示器中，图像显示质量也是一项关键指标。随着人们对显示器的高分辨率、高对比度、低功耗的要求不断的提高，一种新型的技术应用而生——HDR（高动态范围）。HDR 技术来源于摄像摄影技术，在对图像进行采集时，针对同一图像，改变曝光时间，得到不同程度的曝光图像，再进行合成，可以很好的对场景进行呈现，而且能够保持高光亮和低光亮部分的细节信息。显示效果如图 1 所示。

传统LCD显示器的最大亮度能够得到300-400nit之间,对比度最高为1000:1。然而人眼所能识别的亮度范围为 $10^{-3}\sim 10^6$ nit, 瞬间的对比度感受范围能够达到 10000: 1。所以, 传统的显示器已经远远没有覆盖眼睛的感受能力范围。但HDR 技术的使用能使普通的显示器呈现出更加明亮、更加清晰、更加自然的画面, 已经成为显示领域的新的研究焦点。



(a) 单张保留高光图片 (b)单张保留低光图片



(c) HDR 图片图片

图1 HDR 图片效果对比

二、项目描述

请在以下项目功能中挑选一个, 完成设计和开发:

A. 视角偏转功能

通过 LED、光学薄膜的设计和组合, 实现底背光模块主视角方向偏离法线 $15\pm 2^\circ$, 同时在偏离法线 50° 时, 亮度不低于主光线方向的 70%, 背光的亮度均匀性 $>85\%$, 建议使用 Lighttools 软件进行仿真模拟, 有条件的可完成背光模块的制作 (亮度均匀性定义为 $U_L=2L_{\min}/(L_{\max}+L_{\min})$), 数值模拟对整个有效背光区

域进行评价，实物模型进行九点测试)。

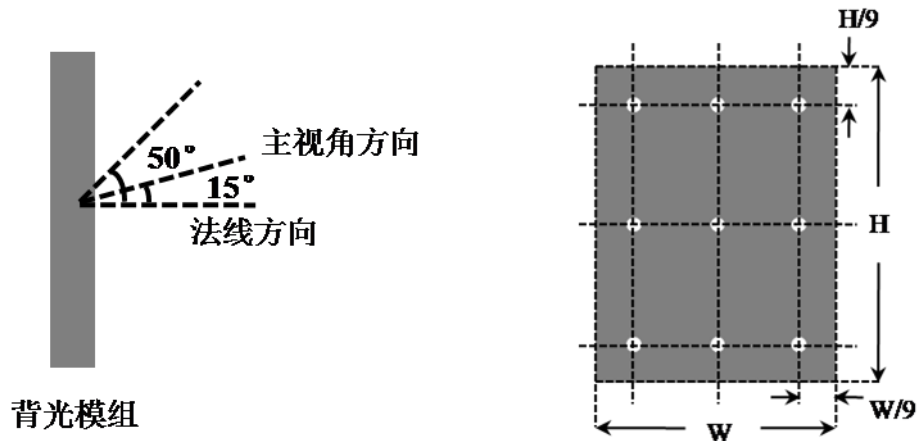


图 2 视角考核示意图和亮度均匀性九点测试示意图

B. HDR 功能

为了达到 HDR 显示效果，需要对输入信号进行处理、背光进行控制。所以，HDR 显示的关键技术主要有：视频动态范围增强技术、背光动态控制技术。

(1) 视频动态范围增强技术

由于大部分视频源不是标准的 HDR 视频源，其数字动态范围非常窄，可能出现某些接近的灰度上集中了图像的大部分像素的情况，造成对比度下降。因此，需要对图像的对比度进行增强，以提高动态范围。

(2) 背光动态控制技术

背光动态控制技术主要有局部调暗技术和峰值亮度提升技术两部分。

1) 局部调暗技术：

传统的液晶显示面板只是通过控制加在液晶的电场大小，来改变液晶的扭曲程度，来改变其透光率，以达到改变像素亮度的目的。由于，背光在显示器的工作过程中是出于常亮状态，因此极大的浪费了背光的能量，导致显示器功耗大。对应的解决措施为：通过图像亮度特性，控制局部背光亮度，与液晶面板配合，可以在保证亮度的同时大大降低功耗，且由于在图像较暗的区域，背光本身亮度变暗，抑制了由于液晶漏光造成的发白，使黑态更黑，很好的提高了对比度。

2) 峰值亮度提升技术

单一的局部调暗可以得到很好的暗态，但由于最高亮度上不去，图像整体的

动态范围依然有限。峰值驱动是在一幅图中寻找最亮的几块，分区控制，并在此基础上继续将亮度提高，使图像中亮的部分更亮。

技术指标和要求：

- 1、采用 DVI/HDMI 作为视频输入接口，系统供电采用 28V；
- 2、输入视频或图像分辨率不低于 1080P；
- 3、动态范围（一个图片或场景下，最高亮度除以最低亮度）：不低于 20000:1；
- 4、显示视频图像不能有拉线，图像跳动，闪烁等缺陷；

三、项目考核

根据提交的项目申请书、项目结题报告、设计程序和功能样机等，从**功能性指标（70%）**和**综合评分（30%）**对提交的项目进行考核。具体如下：

A 光学方面，在实现所有功能指标的前提下，主视角方向的光效越高，功能性得分越高；综合评分是对技术方案的新颖性、可实现性进行综合评价。

B 电路方面，在实现基本的 HDR 功能的前提下，功耗越低，功能性得分越高；算法的复杂程度，可实现性，电路的效率和实现成本等作为综合评分项。

四、补充说明

为鼓励和方便大家参与，光学方面，我们在 Light-tools 里建立了一个简单的 3 寸底背光模型供参考，可在模型的基础上进行增加视角偏转膜，更改 LED 的配光曲线等操作。对设计中需要考虑的问题，做如下建议：

1. 底背光亮度的均匀性取决于 LED 的分布、混光距离、扩散板、背光腔形状等因素，尤其选用非对称发光的 LED 时，需关注以上因素。

2. 主光线亮度和偏离法线 50° 方向的亮度，可通过光学薄膜（扩散板等）的扩散特性平衡。

3. 不同光学薄膜之间，通过折射率匹配，可降低光学薄膜的反射，提升背光的光效。

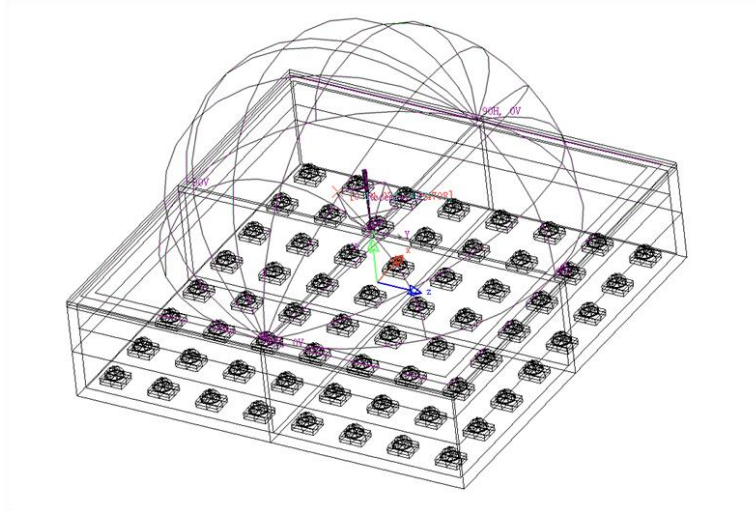


图 3 底背光模型结构示意图

电路方面补充要求：

1、要求 HDR 算法功能通过 FPGA 实现，推荐使用 Xilinx 系列 FPGA；算法要有详细的说明以及仿真结果（Matlab，Modelsim）；代码要求有完整注释，和统一的编码规范和风格。

2、电路原理图和 PCB 推荐使用 Altium Designer 设计；结题时需要提交完整的原理图、PCB 文件，以及元器件清单和对应的芯片手册。