

某型液晶显示器夜间亮度变化不均匀现象的分析与改进

韩志军, 郑悦, 刘嘉明

引用本文:

韩志军, 郑悦, 刘嘉明. 某型液晶显示器夜间亮度变化不均匀现象的分析与改进[J]. 液晶与显示, 2020, 35(8): 838–844.

HAN Zhi-jun, ZHENG Yue, LIU Jia-ming. Analysis and improvement of uneven change of night brightness of LCD[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(8): 838–844.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203508.0838>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

TFT-LCD TN曲面显示器色不均现象的研究

Prevention of uneven color for TFT-LCD TN curve panel

液晶与显示. 2020, 35(2): 128–135 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203502.0128>

液晶屏低灰阶下显示不均的改善和研究

Improvement and analysis of display nonuniformity of LCD under low gray level

液晶与显示. 2017, 32(7): 538–542 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173207.0538>

应用于硅基OLED微显示器的分段可调伽马校正

Gamma correction with adjustable segmentation for OLED-on-silicon microdisplay

液晶与显示. 2020, 35(8): 825–830 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203508.0825>

平板电脑类产品暗态均匀性影响因素的研究与改善

Analysis and improvement research of black uniformity for tablet personal computer production

液晶与显示. 2019, 34(11): 1067–1072 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193411.1067>

一种LED灯串故障自检测电路的设计与实现

Design and implementation of a fault self-detection circuit for LED string

液晶与显示. 2019, 34(4): 402–409 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193404.0402>

文章编号:1007-2780(2020)08-0838-07

某型液晶显示器夜间亮度变化不均匀现象的分析与改进

韩志军*, 郑悦, 刘嘉明

(北京青云航空仪表有限公司, 北京 101300)

摘要:某型液晶显示器夜间亮度变化不均匀,造成用户暗环境下对信息观察不准确。本文针对上述问题,结合设计方案进行问题分析并进行改进。即以每一档每一级的 PWM 输出实际测试值为基准,进行参数调整,保证了每一级的输出符合亮度指标要求。通过本解决方案,当亮度数据为 9 时,实测亮度为 $0.787\ 5\ \text{cd}/\text{m}^2$,满足指标 $0.726\sim 0.921\ \text{cd}/\text{m}^2$ 的要求。亮度数据 0 与 9 间的亮度实测值变化量由 $1.124\ \text{cd}/\text{m}^2$ 改进为 $0.712\ 55\ \text{cd}/\text{m}^2$,9 与 18 间的亮度实测值变化量由 $0.246\ \text{cd}/\text{m}^2$ 改进为 $0.772\ 5\ \text{cd}/\text{m}^2$ 。每档之间的亮度实测值变化量相近,变化均匀,改善了显示效果,满足了用户的要求。

关键词:液晶显示器;亮度调节;变化不均匀

中图分类号: TN394.1 **文献标识码:** A **doi:** 10.37188/YJYXS20203508.0838

Analysis and improvement of uneven change of night brightness of LCD

HAN Zhi-jun*, ZHENG Yue, LIU Jia-ming

(Beijing Keeven Aviation Instrument Co., Ltd., Beijing 101300, China)

Abstract: Aiming at the problem that the changes of night brightness of a certain type of LCD is not uniform, which affects the use's visual measurement of information in the night environment, the problem is analyzed in combination with the design scheme, and formulates the external positive measures. Based on the actual test value of PWM output of each gear and level, the parameters are adjusted to ensure that the output of each level is consistent with the brightness requirements. Through this solution, when the luminance data is 9, the measured luminance is $0.787\ 5\ \text{cd}/\text{m}^2$, which meets the requirements of the index ($0.726\sim 0.921\ \text{cd}/\text{m}^2$). The measured value in luminance between 0 and 9 is improved from $1.124\ \text{cd}/\text{m}^2$ to $0.712\ 55\ \text{cd}/\text{m}^2$, and the measured change in luminance between 9 and 18 is improved from $0.246\ \text{cd}/\text{m}^2$ to $0.772\ 5\ \text{cd}/\text{m}^2$. The variation of the measured value of true degree between each gear is similar and uniform, which improves the display effect and meets the user's requirement.

Key words: LCD; brightness adjust; uneven change

收稿日期:2020-02-27;修订日期:2020-04-28.

* 通信联系人, E-mail: hanzhijun-nuc@163.com

1 引言

目前,液晶显示器的使用越来越广泛,从小屏幕的手持设备、手机到大屏幕的液晶电视、电脑显示器等,在人们的生活中占据了越来越重要的位置^[1]。随着对现代显示器件的要求越来越高,广色域、低功耗、超高清、低成本等产品的需求日益强烈^[2]。而用于某些特殊领域(军用和警用)的液晶显示屏,除了需要具有上述特点外,还需要与夜视成像系统兼容,既能够在正午阳光直射显示屏的情况下清晰地显示内容,又能在没有光线的夜晚使用户舒适地看清显示的内容^[3]。液晶屏自身不是自主发光,需要一个强劲的光源给它提供背光^[4-6]。液晶显示器使用 LED 背光源已成为发展趋势,相比传统背光源冷阴极荧光灯(CCFI)而言,它的优点在于高亮度、白点位置可调、即时色彩管理、发光效率高、高色彩饱和度、高动态对比度及环保无汞^[7]。

飞机座舱中液晶显示器的背光亮度调节功能非常重要,背光亮度直接影响信息的可读性^[8]。同时液晶显示器的背光亮度直接决定显示器的平均亮度。通常通过调节液晶显示器的背光亮度来调节显示器的亮度。为提高座舱显示器的易读性和缓解视觉疲劳,显示器的亮度还应能根据周围环境和用户需求进行调整,避免用户在环境光很强时看不清显示内容,或在环境光很暗时感到刺眼^[9]。

2 问题概述

某型液晶显示器接收图形板发送的亮度值(0~255,共16档,由亮度数据分档)在日模式下,当亮度数据为最小值时,显示器的白光亮度为2.6~5.2 cd/m²;当亮度数据为最大值时,显示器的白光亮度为760~1 020 cd/m²。在夜模式下,当亮度数据为最小值时,显示器的白光亮度为0.06~0.12 cd/m²;当亮度数据为最大值时,显示器的白光亮度为19~23 cd/m²。

在日模式下调节液晶显示器显示亮度档,每一档均满足用户使用要求。但是在夜模式下调节液晶显示器显示亮度档,存在以下问题:液晶显示器在亮度数据0时的亮度与在亮度数据9时的亮

度相对液晶显示器在亮度数据9时的亮度与在亮度数据18时的亮度要明显亮一些。即亮度在0~9之间的跨度比亮度在9~18之间的跨度大,从而产生亮度变化不均匀的现象,造成视觉冲击、刺眼的不舒适感,不符合人机功效的要求。另一方面因座舱内有不同的液晶显示器,座舱内所有显示设备采用统一的亮度档进行调光。因此,相较其他显示器,本型显示器在亮度数据为9的显示效果明显偏亮,从而造成对比亮度不协调,影响用户在夜晚环境下观看其他显示器内容的显示。通过亮度测试仪进行亮度测试,结果如表1所示。

表1 某型液晶显示器夜模式亮度测试结果

Tab.1 Result of one's LCD night mode brightness test
(cd · m⁻²)

亮度数据	亮度要求		亮度实测值
	亮度最小值	亮度最大值	
0	0.06	0.12	0.08
9	0.726	0.921	1.204
18	1.392	1.722	1.45

由实测值可知,当图形板发送亮度数据为9时,液晶显示器的亮度为1.204 cd/m²,超出了要求值(0.726~0.921 cd/m²)的范围。此外,亮度数据0与9间的亮度实测值变化量为1.124 cd/m²,9与18间的亮度实测值变化量为0.246 cd/m²。证实了夜模式下亮度值0与9之间相对9与18之间跨度偏大,变化不均匀,因此感到刺眼。

3 液晶显示器背光亮度调节电路设计及算法实现

3.1 背光亮度调节电路设计

某型液晶显示器由液晶显示模块、图形板、电源板、母板和壳体组成。液晶显示模块与图形板通过RS422总线进行通信,接收图形板的RGB信号并对其进行显示,框图如图1所示。

液晶显示模块主要由导光板、屏组件、加热玻璃、背光组件、扩散板、控制板组件以及结构件(外壳前盖、内壳、外壳、导电衬垫、塑框等)等组成。

屏组件由防护玻璃、增强玻璃、液晶屏及温度传感器组成。

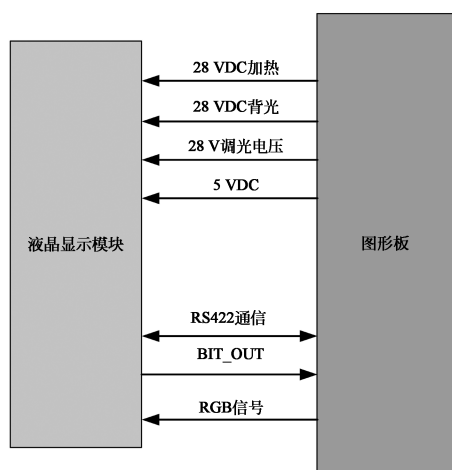


图 1 液晶显示器框图

Fig.1 Block diagram of LCD

控制板组件电路主要由视频处理电路、通讯电路、背光驱动电路、模拟采集电路、加热控制电路、液晶屏供电电路及电源转换模块等组成。控制板组件收到图形板发送的 RS422 信号亮度设置值后,将收到的亮度设置值转化为脉冲宽度调制(PWM)信号输出。

背光板组件由 LED 灯和背光板组成。背光板组件为液晶屏显示提供光源,采用直下式背光。LED 灯由白灯、红灯、绿灯以及蓝灯组成,LED 排布采用白灯+红绿蓝灯相间均匀排布,确保显示组件亮度均匀。在昼模式下,亮度要求高,主要是白灯工作,较少的红绿蓝灯进行补偿。在夜模式下,亮度要求低,又有夜视兼容要求,只有红绿蓝灯工作,白灯不工作。

PWM 即脉宽调制,通过控制 PWM 波形高电平的占空比,不同的占空比对应 LED 灯不同的电流,对应 LED 灯不同的光照亮度。改变 PWM 控制信号的占空比即可调节背光亮度,即实现 PWM 对背光亮度进行线性调节。在 PWM 高电平期间,驱动芯片能够控制恒流驱动 LED 灯。其工作原理如图 2 所示。

3.2 背光亮度调节算法实现

PWM 信号连续线性的占空比大小决定背光每一档所对应的亮度值。PWM 信号的输出通过软件实现,通过软件调节可实现 0~100% 的占空比。不同的占空比对应不同的亮度值,使亮度达到线性变化。

PWM 占空比采用微处理器的可编程计数器

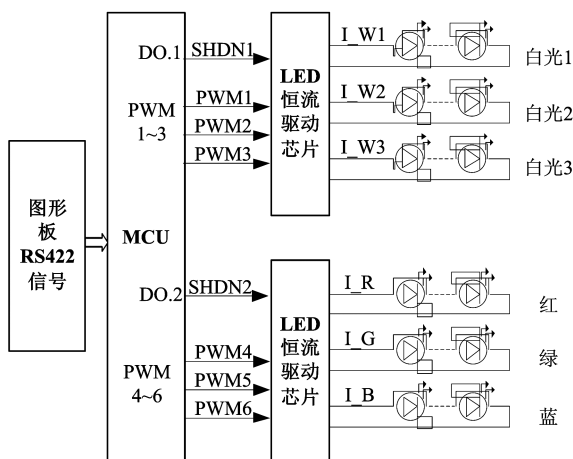


图 2 背光驱动控制原理图

Fig.2 Schematic of backlight drive control

模块(PCA)设定,将 PCA 通过软件配置成 16 位脉宽调制器方式。

$$\text{PWM 占空比} = \text{设置值} / 65535, \quad (1)$$

其中设置值 $= k_i x + b$ 。 k_i 为一次函数的系数,决定每增加一档,输出占空比的步进大小; x 为图形板通过 RS422 通讯发送的调光数据,范围为 0~255; b 为设置值的最小值,占空比的最小值,是决定日、夜模式的最小亮度值; 65535 为软件设置为 16 位脉宽调制器的最大计数值。

如某型液晶显示器对应的一次函数系数 k 。

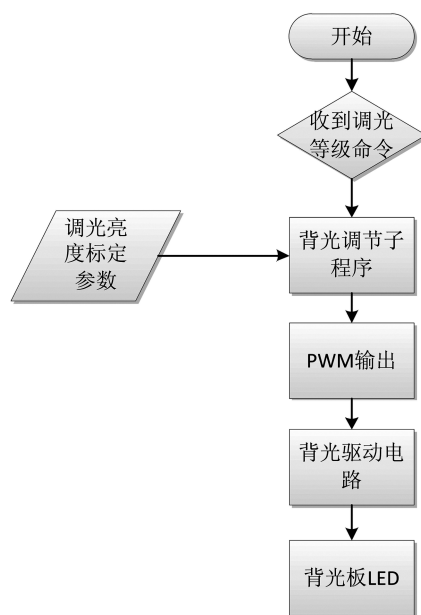


图 3 背光调节程序实现流程图

Fig.3 Flowchart of backlight adjust programming

取 62, 占空比的最小值 b 取 130。当 x 取 0 时, 设置值 $= 62 \times 0 + 130$, 即亮度数据为 0 时, 对应的 PWM 占空比为 130/65 535。

通过调整调光亮度标定参数 k_i , 可以使每一级的亮度输出不同的 PWM 占空比。

背光调节程序实现流程图如图 3 所示。

4 问题分析及改进

4.1 背光亮度需求分析

液晶显示器应具备背光亮度调节功能, 其背光亮度应能够根据总线数据进行调节, 用于背光亮度调节的对应数据范围为 0~255。

在日模式下, 当亮度数据为最小值时, 显示器的白光亮度为 2.6~5.2 cd/m²; 当亮度数据为最大值时, 显示器的白光亮度为 760~1 020 cd/m²。当亮度数据由最小值到最大值线性变化时, 显示器的亮度也应从最小值到最大值线性变化。

在夜模式下, 当亮度数据为最小值时, 显示器的白光亮度为 0.06~0.12 cd/m²; 当亮度数据为最大值时, 显示器的白光亮度为 19~23 cd/m²。当亮度数据由最小值到最大值线性变化时, 显示器的亮度也应从最小值到最大值线性变化。

经分析, 日模式和夜模式的亮度值为一次函数。根据要求的亮度范围可以确定一次函数的关系式。具体如下:

日模式: 由亮度最小所对应的最大亮度值 5.2 cd/m² 和亮度最大所对应的最大亮度值 1 020 cd/m², 可得到一次函数 $y = 3.98x + 5.2$; 由亮度最小所对应的最小亮度值 2.6 cd/m² 和亮度最大所对应的最小亮度值 760 cd/m², 可得到一次函数 $y = 2.97x + 2.6$ 。日模式可调节范围为这两个一次函数之间所包括的区域, 如图 4 阴影部分所示。

夜模式: 由亮度最小所对应的最大亮度值 0.12 cd/m² 和亮度最大所对应的最大亮度值 23 cd/m², 可得到一次函数 $y = 0.089x + 0.12$; 由亮度最小所对应的最小亮度值 0.06 cd/m² 和亮度最大所对应的最小亮度值 19 cd/m², 可得到一次函数 $y = 0.074x + 0.06$ 。夜模式可调节范围为这两个一次函数之间的所包括的区域, 如图 5 阴影部分所示。

通过对液晶显示器亮度需求分析, 可以得到

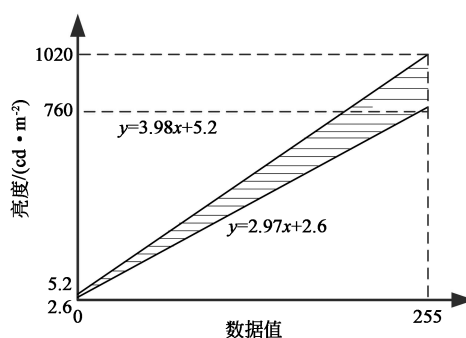


图 4 日模式亮度函数关系式

Fig.4 Brightness function relation of daytime mode

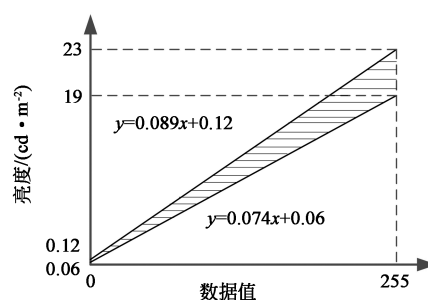


图 5 夜模式亮度函数关系式

Fig 5 Brightness function relation of night mode

0~255 任何亮度数据对应的亮度理论值, 即得到每一级亮度指标要求。

4.2 LED 亮度影响因素分析

LED 特性影响显示组件背光的亮度, 根据 LED 的器件特性可知, 影响其发光强度有正向电压和正向电流 2 个指标。

4.2.1 伏安特性

LED 的正向电压和正向电流呈正增长趋势, 也就是随着正向电压的增大, 正向电流增大, 发光强度也随着增大。显示组件的背光供电电压为 28 V, 背光板设计通过 LED 串联的方式满足 LED 的正向电压达到正常范围值 (2.8~3.6 V), 伏安特性如图 6 所示。

4.2.2 正向电流与相对光强特性

由伏安特性曲线和背光板设计原理得出, 28 V 背光供电电压不变, 则正向电压不变, 影响发光强度的为 LED 的正向电流。由图 7 特性曲线得出, 正向电压不变, 光强度随着正向电流的增大而增强。

4.3 背光亮度变化不均匀原因分析

背光亮度调节的实现由 LED 灯背光驱动电

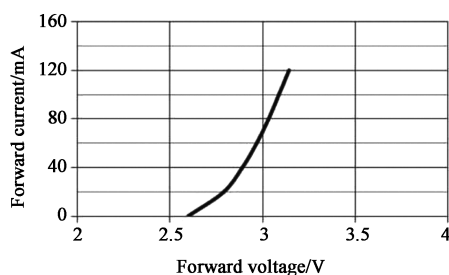


图 6 伏安特性曲线

Fig.6 V-I characteristics

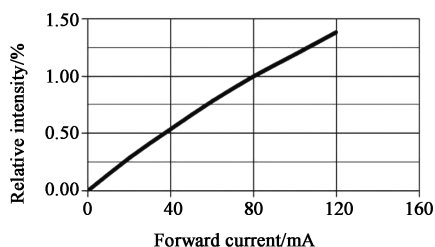


图 7 正向电流与相对光强特性曲线

Fig 7 Relative intensity-ampere characteristics

路和软件输出 PWM 信号两部分构成。

通过软件调节 PWM 占空比,可以使背光亮度呈一次函数线性变化,即软件输出 PWM 信号为线性关系。

根据图 7 可知,LED 灯背光驱动电路中 LED 灯背光电流和背光亮度不呈一次函数线性变化,而且每批次 LED 灯亮度指标不能保证完全一致。两部分叠加后,背光亮度调节不呈线性关系,即液晶屏亮度线性度不能保证完全一致,进而产生亮度变化不均匀的现象,造成视觉冲击、刺眼的不舒适感。需要采取措施纠正。

4.4 改进措施

经分析,主要有 2 个解决方法:

(1)通过专用测试仪器对 LED 灯进行筛选,选择灯亮度指标相近的器件;

(2)修正背光亮度调节算法,调整调光亮度标定参数 k_i 。通过调整调光亮度标定参数设置值的大小,输出与之对应的 PWM 占空比。

第 1 个方法由于背光电流和背光亮度不是呈一次函数线性变化,且每批次 LED 灯亮度指标不能保证完全一致,如果筛选需要耗费大量的人力、物力,且需要试验验证;

第 2 个方法是目前液晶屏背光亮度调节的常

用方法,容易实施且能够达到预期要求。

因此选用方法 2,通过调整调光亮度标定参数,即公式(1)中设置值,以满足亮度要求。

4.4.1 原调光参数设置

图形板发送 0~255 级调光命令,分成 0, 9, 18... 共 16 档。背光亮度 PWM 函数关系式,通过测试起点和终点的实际亮度值进行确定,中间过程点通过理论计算确定调光参数。即仅测试了 0、255 两点的亮度值,未对 1~254 中间点的亮度值进行测试。1~254 中间点的调光参数 $k_1 \sim k_{254}$ 通过理论计算得出。通过实测 0、255 两点的亮度值,可以确定 0、255 两点对应的调光参数 k_0 、 k_{255} ,通过此方法得到的 PWM 函数关系式不能满足 1~254 所有点亮度值的要求。

原背光调节等级和 PWM 输出线性关系见图 8。

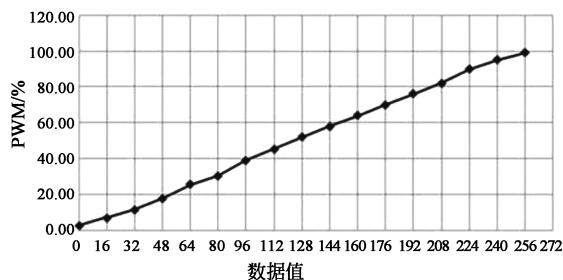


图 8 改进前背光调节等级和 PWM 输出关系

Fig.8 Relationship of backlight adjustment level and PWM before improvement

4.4.2 改进后调光参数设置

图形板发送 0~255 级调光命令,分成 0, 9, 18... 共 16 档,每一档每一级的 PWM 输出通过实际测试值进行确定参数 k_i ,即对 0~255 共 256 个点,对每个点的亮度值进行实际测试。依据 0~255 共 256 个点日模式和夜模式函数关系式,可以得到 256 个点每个点亮度指标要求值。结合 0~255 每级亮度的实测值,可以计算出 0~255 每个点分别对应的调光亮度标定参数 k_i 。即可保证日模式 0~255 每个点和夜模式下 0~255 每个点输出的 PWM 符合亮度指标要求。背光调节等级和 PWM 输出线性关系,如图 9 所示。由图 9 可知,新的方法对每一级的亮度进行了调节,细化了调节方式,确保每一级的亮度满足指标要求。

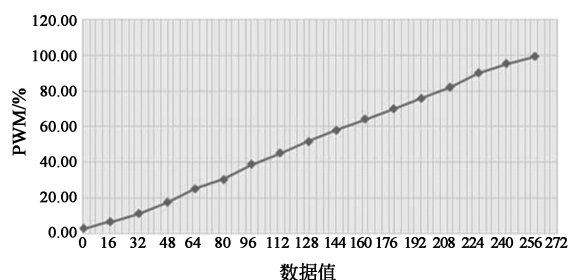


图 9 改进后背光调节等级和 PWM 输出关系

Fig.9 Relationship of backlight adjustment level and PWM after improvement

5 验 证

将液晶显示器重新进行亮度标定,并用亮度测试仪器将日模式、夜模式进行每一档、每一级亮度测试,均满足要求。以 0~18 共 19 个点为例,测试结果如表 2 所示。

由表 2 数据可知,夜模式下亮度数据为 9 时,对应的亮度实测值为 $0.787\ 5\ \text{cd}/\text{m}^2$,满足亮度要求($0.726\sim 0.921\ \text{cd}/\text{m}^2$)。

表 2 改进后某型液晶显示器夜模式亮度测试结果

Tab.2 Results of one's LCD night mode brightness test after improvement ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)

亮度数据	亮度要求		亮度实测值
	亮度最小值	亮度最大值	
0	0.06	0.12	0.074 95
1	0.134	0.209	0.149 7
2	0.208	0.298	0.250 0
3	0.282	0.387	0.334 5
4	0.356	0.476	0.351 2
5	0.43	0.565	0.420 5
6	0.504	0.654	0.484 9

参 考 文 献:

- [1] 卢春鹏.背光调节在降低液晶显示器功耗中的作用[J].电子设计应用,2009,7(4):55-59.
LU C P. Adjust backlight to reduce LCD power consumption [J]. *Electronic Design & Application World-Nikkei Electronics China*, 2009, 7(4): 55-59. (in Chinese)
- [2] 汪栋,张思凯,万冀豫,等.TFT-LCD 光致发绿不良改善、机理分析及研究[J].液晶与显示,2019,34(1):1-6.
WANG D, ZHANG S K, WAN J Y, et al. Improvement, mechanism analysis and research of TFT-LCD light-caused green Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(1): 1-6. (in Chinese)

续 表

亮度数据	亮度要求		亮度实测值
	亮度最小值	亮度最大值	
7	0.578	0.743	0.661 4
8	0.652	0.832	0.725 4
9	0.726	0.921	0.787 5
10	0.8	1.01	0.841 2
11	0.874	1.099	0.904 4
12	0.948	1.188	0.971 0
13	1.022	1.277	1.128
14	1.096	1.366	1.247
15	1.17	1.455	1.323
16	1.244	1.544	1.450
17	1.318	1.633	1.510
18	1.392	1.722	1.560

6 结 论

通过本解决方案,夜模式下亮度数据 0 与 9 间的亮度实测值变化量由 $1.124\ \text{cd}/\text{m}^2$ 改进为 $0.712\ 55\ \text{cd}/\text{m}^2$,9 与 18 间的亮度实测值变化量由 $0.246\ \text{cd}/\text{m}^2$ 改进为 $0.772\ 5\ \text{cd}/\text{m}^2$ 。即亮度数据 0 与 9 间相对 9 与 18 间的亮度实测值变化量由 $0.878\ \text{cd}/\text{m}^2$ 改进为 $0.059\ 9\ \text{cd}/\text{m}^2$ 。每档之间的亮度实测值变化量相近,变化均匀,改善了显示效果,满足了人机功效的要求,因此在调整背光亮度时不会感到刺眼。

针对液晶显示器夜模式下亮度变化不均匀的问题,结合背光亮度调节设计方案,进行问题分析并进行改进。通过测试验证,证实该方案切实可行,有效。

- [3] 崔海田,朱向冰,钱立勇,等.夜视兼容的 LED 液晶显示器背光模组的设计[J].中国照明电器,2017(5):35-38.
CUI H T, ZHU X B, QIAN L Y, *et al.* Design of night vision compatible LCD backlight LED module [J]. *China Lighting & Lighting*, 2017(5): 35-38. (in Chinese)
- [4] 叶芸,喻金辉,林淑颜,等.量子点背光技术的研究进展 [J]. 中国光学, 2020, 13(1): 14-27.
YE Y, YU J H, LIN S Y, *et al.* Progress of quantum dot backlight technology [J]. *Chinese Optics*, 2020, 13(1): 14-27. (in Chinese)
- [5] 李洪雷,周青超,潘俊,等.量子点液晶显示背光技术 [J]. 中国光学, 2017, 10(5): 666-680.
LI H L, ZHOU Q C, PAN J, *et al.* Advances and prospects in quantum dots based backlights [J]. *Chinese Optics*, 2017, 10(5): 666-680. (in Chinese)
- [6] 李继军,聂晓梦,李根生,等.平板显示技术比较及研究进展 [J]. 中国光学, 2018, 11(5): 695-710.
LI J J, NIE X M, LI G S, *et al.* Comparison and research progress of flat panel display technology [J]. *Chinese Optics*, 2018, 11(5): 695-710. (in Chinese)
- [7] 王丽萍,范峰岩.TFT-LCD 用高亮度 LED 背光系统的设计[J].山西电子技术,2008(5):52-53,60.
WANG L P, FAN F Y. Design of High-Bright LED BLU for TFT-LCD [J]. *Shanxi Electronic Technology*, 2008 (5): 52-53, 60. (in Chinese)
- [8] 向艳,陈春,朱向冰.座舱显示器背光驱动电路的研制[J].电子设计工程,2012,20(4):15-18.
XIANG Y, CHEN C, ZHU X B. Development of backlight brightness circuit of cockpit display [J]. *Electronic Design Engineering*, 2012, 20(4): 15-18. (in Chinese)
- [9] 罗青青,朱向冰,陈瑾,等.一种用于座舱显示器的直下式 RGB LED 背光驱动技术[J].中国照明电器,2011(7):11-13,18.
LUO Q Q, ZHU X B, CHEN J, *et al.* The direct RGB LED backlight driver technology used for cockpit display [J]. *China Light & Lighting*, 2011(7): 11-13, 18. (in Chinese)

作者简介:



韩志军(1983—),男,山西晋中人,硕士,高级工程师,2009 年于中北大学获得硕士学位,主要从事座舱显示控制与人机工程的研究。E-mail: hanzhijun-nuc@163.com。