

文章编号: 1007-2780(2013)04-0577-05

能源之星 6.0 液晶显示器背光源设计

王 欢, 辛武根, 王旭东, 叶 纯, 吕 昶,
涂志中, 尹榕俊, 徐宇博, 李乘揆

(合肥京东方光电股份有限公司, 安徽 合肥 230031, E-mail: wh19820710@126.com)

摘 要: 阐述了满足能源之星 6.0 的液晶显示器的背光源设计思路和方法。介绍了能源之星 6.0 的功耗标准以及测试方法, 在原有 51.1 cm(20.1 in) 能源之星 5.0 液晶显示器的基础上, 将原来低光效的 3020-LED 灯条更换为高光效的 4014-LED 灯条, 使得背光源的功耗大幅度下降。对实际样品进行测试, 整个液晶显示器的能源之星 6.0 功耗在 14.34 W 左右, 远低于能源之星 6.0 对此款液晶显示器的最大功耗标准 16.60 W。且对能源之星 6.0 功耗的预估值和实测值进行了对比和分析, 发现预估值和实测值基本吻合。

关 键 词: 液晶显示器; 能源之星 6.0; 背光源; 4014-LED

中图分类号: TN873

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20132804.0577

Design of Backlight for Liquid Crystal Display Energy Star 6.0

WANG Huan, SHIN Moo-keun, WANG Xu-dong, YE Chun, LV Chang,
TU Zhi-zhong, YOON Yong-jun, XU Yu-bo, LEE Seung-kyu

(Product Development Institute, Heifei BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd.,
Heifei 230031, China, E-mail: wh19820710@126.com)

Abstract: This paper presents the backlight design ideas and methods of liquid crystal display which meets Energy Star 6.0. The standard of Energy Star 6.0 power consumption and testing method were introduced, and we replaced 3020-LED bar with low luminous efficiency to 4014-LED bar with high luminous efficiency on 51.1 cm(20.1 in) liquid crystal display Energy Star 5.0, which made the power consumption of backlight significantly decreased. Tested data show the Energy Star 6.0 power consumption is about 14.34 W of whole liquid crystal display, which is much lower than the requirement value 16.60 W. Besides, the estimated and tested data were compared and analyzed, the result shows the estimated and tested data are almost same.

Key words: liquid crystal display; energy star 6.0; backlight; 4014-LED

1 引 言

节约能源是当今世界的一种重要社会意识, 世界能源委员会 1979 年对此提出的定义: 采取技术上可行、经济上合理、环境和社会可接受的一切措施, 来提高能源资源的利用效率^[1]。除了寻找新的能源, 利用现有技术进行节能是目前最直接

有效的措施, 为此国际社会和世界各国对各类办公室用品、家电、照明、电机等提出了一系列节能环保的指标。针对台式计算机的液晶显示器, 目前在欧美市场普遍采用的是美国能源部和美国环保署所共同推行的能源之星(Energy Star, ES)指标。

液晶显示器的功耗主要来源于两个部分: 液

收稿日期: 2012-12-18; 修订日期: 2013-02-15

作者简介: 王欢(1982—), 男, 江苏无锡人, 博士, 主要从事 TFT-LCD 背光源开发工作。

晶模组和系统板,而液晶模组功耗又来源于两个部分:液晶面板和背光源。通常情况下背光源功耗占整个液晶模组功耗的绝大部分,因此背光源功耗的降低对整个液晶模组功耗的降低至关重要。

本文在原有一款尺寸为 51.1 cm(20.1 in),亮度规格为 250 cd/m²,功耗满足 ES5.0 的液晶显示器的基础上,通过对背光源进行改进,设计了一款符合 ES 6.0 功耗指标的液晶显示器。通过此款液晶显示器的设计,详细阐述了满足 ES6.0 液晶显示器的背光源设计思路和方案。

2 背光源设计

文中所述背光源是 LED 背光源。LED 背光源分为直下式和侧入式,直下式厚度较厚,通常用于尺寸较大的液晶显示设备(≥76.2 cm)^[2-3],例如液晶电视,台式电脑液晶显示器主要采用侧入式。侧入式 LED 背光源由背板、边框、胶框、导光板、光学膜片、LED 灯条等组成^[4],LED 灯条从导光板的侧边入射,经过导光板及光学膜片之后由原来的线光源变成画面品味较佳的面光源^[5],再由液晶面板进行调制使其形成画面,而背板、边框和胶框起到支撑作用。

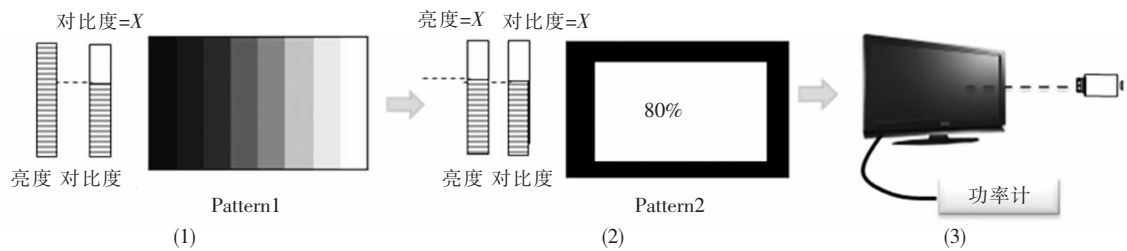


图 1 能源之星测试步骤
Fig.1 Test step of Energy Star

表 1 ES6.0 功耗测试亮度标准	
Table 1 Brightness standard of ES6.0 power	
Screen size/cm	Brightness/(cd · m ⁻²)
size<76.2	200
76.2≤size<152.4	At least 65% of Maximum brightness

由表 1 可知,51.1 cm 的显示器是在中心亮度为 200 cd/m² 下测试功耗。另外,对于不同尺寸和分辨率,ES6.0 的功耗指标也不一样,ES6.0 的功耗指标计算方法如表 2 中所示。

2.1 ES6.0 简介

美国环保署于 2011 年初在 ES5.0 的基础上进行修订而推出 ES6.0 功耗指标,已于 2013 年上半年生效。相比于 ES5.0,ES6.0 在功耗方面有更加严格的要求。

液晶显示器的显示模式有 3 种:(1)正常工作模式;(2)休眠模式;(3)关机模式。以下阐述的都是在正常工作模式下的设计方案和思路。

如图 1 所示,ES 的功耗测试分为 3 个步骤:

- (1)将显示画面调整 8 灰阶画面,调整系统对比度并保证相邻两灰阶画面肉眼可辨;
- (2)将画面调整至有 80%白画面且四周是黑框的显示模式,并通过调背光源电流把整个液晶显示器的中心亮度调整致 ES 所规定的亮度;
- (3)在这个画面模式下用功率计进行功耗测试。

在(2)中调节中心亮度时,不同的尺寸 ES 所规定的亮度值不同。表 1 中所示是 ES6.0 对其所规定的数值,对于尺寸小于 76.2 cm 的液晶显示器,ES6.0 所规定的中心亮度是 200 cd/m²;而对于尺寸在 76.2~152.4 cm 的液晶显示器,测试功耗时所规定的中心亮度至少为最高亮度的 65%。

表 2 不同尺寸 ES6.0 功耗计算公式	
Table 2 Computational formula of ES6.0 power for different size	
Screen size/cm	Max power/W
size<30.5	$P_{on}=6.0\times MP+0.323\times A+3.0$
30.5≤size<43.2	$P_{on}=6.0\times MP+0.065\times A+5.5$
43.2≤size<58.4	$P_{on}=6.0\times MP+0.161\times A+3.7$
58.4≤size<63.5	$P_{on}=6.0\times MP+0.387\times A-4$
63.5≤size<76.2	$P_{on}=6.0\times MP+0.645\times A-14.5$
76.2≤size≤154.9	$P_{on}=1.742\times A+8.0$

其中 P_{on} 为最大允许功耗,MP 为分辨率(单位 MP),A 是显示区面积(计算时按单位 cm² 计算)

此款 51.1 cm 液晶面板的分辨率为 1.44 MP,显示区面积为 2 611.2 cm²,根据表 2 中的公式可以计算得到此款液晶显示器的 ES6.0 最大允许功耗为 16.60 W @200 cd/m²。

2.2 设计思路和方案

此款液晶显示器的 ES6.0 功耗值是把中心亮度降低到 200 cd/m² 下测试,可以通过两种方法来降低功耗:(1)在保持液晶模组亮度不变的情况下降低功耗,可以降低液晶面板功耗,也可以降低背光源功耗;(2)在功耗不变的情况下提升液晶模组的亮度,可以提升液晶面板的透过率,也可以提升背光源的亮度。本论文通过降低背光源功耗以及提升背光源亮度来降低 ES 功耗。

基于原有 51.1 cm ES5.0 液晶显示器,我们把原来低光效的 3020-LED 变更为高光效的 4014-LED 来降低背光源功耗和提升亮度,液晶面板、机构及光学膜片都未做变更。两者均采用单短边侧入光方式,即在背光源的短边采用单根灯条作为其光源,两种 LED 的对比参数如表 3 所示。

表 3 3020-LED 和 4014-LED 参数

Table 3 Parameters of 3020-LED and 4014-LED

Package	I/A	V/V	L/lm
3020 *	0.06	3.2	16
4014 *	0.06	3.0	20

* 使用 LED 厂家为 LG Innotech

由于 LED 参数的变更,需要重新设计灯条的结构(重新选定 LED 的颗数),以及评估其结构变更对液晶显示器亮度和功耗的影响。根据公式(1)和(2)以及表 3 中的参数,可以得到如图 2 中的预估的 51.1 cm ES6.0 液晶模组中心点亮度和背光源灯条功耗随 LED 颗数的变化曲线。

$$\frac{B_{ES5.0}}{B_{ES6.0}} \propto \frac{L_{3020} \times Q_{3020}}{L_{4014} \times Q_{4014}} \tag{1}$$

其中 $B_{ES5.0}$ 和 $B_{ES6.0}$ 分别是 51.1 cm ES5.0 和 ES6.0 液晶模组中心点的亮度, Q_{3020} 和 Q_{4014} 分别是单颗 3020-LED 和 4014-LED 的亮度, Q_{3020} 和 Q_{4014} 分别是 51.1 cm ES5.0 和 ES6.0 的 LED 颗数,其中 $B_{ES5.0}$ 实测值为 240 cd/m², Q_{3020} 为 52 颗。

$$\frac{W_{ES5.0}}{W_{ES6.0}} = \frac{V_{3020} \times I_{3020} \times Q_{3020}}{V_{4014} \times I_{4014} \times Q_{4014}} \tag{2}$$

其中 $W_{ES5.0}$ 和 $W_{ES6.0}$ 分别是 51.1 cm ES5.0

和 ES6.0 背光源灯条的功耗, V_{3020} 和 V_{4014} 分别是单颗 3020-LED 和 4014-LED 的电压, I_{3020} 和 I_{4014} 分别是单颗 3020-LED 和 4014-LED 的电流。

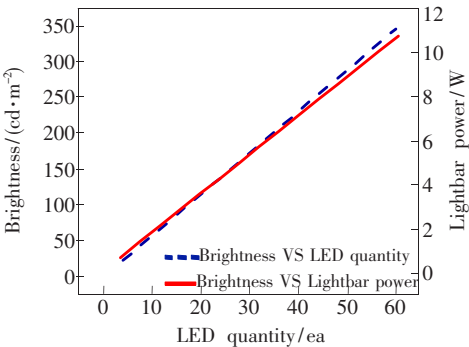


图 2 预估的亮度和灯条功耗随 LED 颗数变化的曲线
Fig. 2 Estimated brightness and lightbar power vary with LED quantity

根据图 2,当 4014-LED 颗数为 44 颗时,液晶模组的亮度就可以满足 250 cd/m² 的规格要求,但是考虑到当 LED 为 44 颗时有 hotspot 风险^[4],所以我们考虑用 48 颗 4014-LED。从图 2 可以看出,当用 48 颗 4014-LED 时液晶显示器中心亮度为 277 cd/m²,背光源功耗为 8.64 W。另外,由于 LED 封装和颗数都发生了变更,所以需要对导光板进行重新调节以确保画面品味。

当 LED 电流和电压下降时,亮度并不是随之线性下降,图 3 是对某一 LED 进行测试的发光效率(简称光效)随电流的变化,可以看出电流越低 LED 的光效越高。

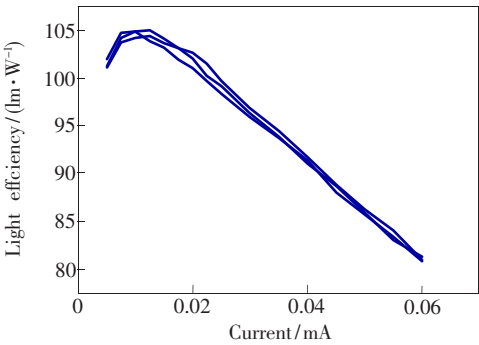


图 3 LED 光效随电流变化曲线
Fig. 3 Curve of LED light efficiency vary with current

由于 LED 光效与电流之间的这种非线性关系,当降低液晶模组亮度到 200 cd/m² 测试时得到的功耗值会比用线性关系(亮度与电流和电压之间的线性关系)推算所得到的数值小。为

了准确预估灯条变更之后液晶显示器的 ES6.0 功耗,我们首先测试了 51.1 cm ES5.0 液晶模组的亮度随 3020-LED 灯条电流的变化值,以及 3020-LED 灯条电压随电流的变化值,如图 4 所示。同时根据表 3 中列出的 3020-LED 和 4014-LED 的电压值,两者不同的 LED 颗数以及上文计算得到的亮度值,可以推算出当灯条更换为 4014-LED 灯条时,51.1 cm 液晶模组的亮度随电流的变化曲线,以及电压随电流的变化曲线,如图 5 所示。

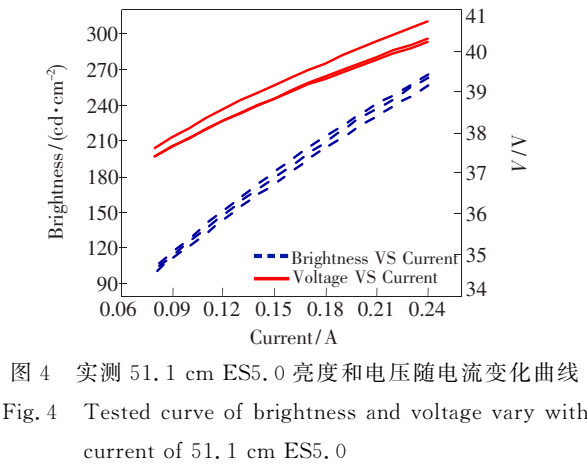


图 4 实测 51.1 cm ES5.0 亮度和电压随电流变化曲线
Fig. 4 Tested curve of brightness and voltage vary with current of 51.1 cm ES5.0

根据图 5,在 200 cd/m² 下液晶模组的电流和电压值分别为 0.155 A、0.150 A、0.160 A 和 36.79 V、36.40 V、36.58 V,由此计算可得在 200 cd/m² 下背光功耗分别为 5.85 W、5.46 W、5.71 W,平均值为 5.67 W。此款液晶显示器的液晶面板的逻辑功耗为 4.0 W,所以整个液晶模组的功耗为 9.67 W。另外液晶显示器还包括系统板的功耗,一般占整个系统功耗的 30%。根据公式(3)计算可得在 200 cd/m² 下 51.1 cm 液晶显示器 ES5.0 的功耗为 13.81 W,设计值满足 ES6.0 功耗指标(≤16.60 W)。

$$P_{\text{ES6.0}} = \frac{P_{\text{LCM}}}{(1 - \text{系统板功耗比例})} \quad (3)$$

表 4 正常工作时的测试数据
Table 4 Test data of normal operation

Sample	Brightness/(cd · m ⁻²)	Voltage/V	Current/A	BLU* Power/W	Logic Power/W	System Power/W
1	265	36.50	0.24	8.76	3.95	17.00
2	264	36.52	0.24	8.76	3.95	16.96
3	271	36.15	0.24	8.68	3.90	16.77
Average	267	36.39	0.24	8.73	3.93	16.91

* BLU 指背光源

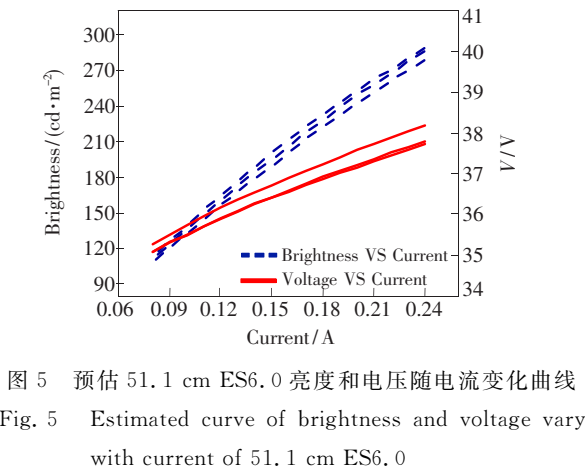


图 5 预估 51.1 cm ES6.0 亮度和电压随电流变化曲线
Fig. 5 Estimated curve of brightness and voltage vary with current of 51.1 cm ES6.0

其中 $P_{\text{ES6.0}}$ 是指整个液晶显示器在 200 cd/m² 时的功耗,是值液晶模组在 200 cd/m² 时的功耗。

3 实测数据分析

根据上文所述的方案进行制作样品,且在调整导光板确保画面品质之后,组装 3 片样品对液晶模组亮度、逻辑功耗、背光源功耗以及 ES6.0 系统功耗(HP 系统)进行实测,其结果如表 4 和表 5 所示。

从表 4 中可以看出实测样品的亮度(267 cd/m²)要比预估值(277 cd/m²)低 10 cd/m²。另外,从表 5 可以看出实测整个液晶显示器的 ES6.0 功耗(14.34 W)要比预估值(13.81 W)高 0.53 W。亮度和 ES6.0 功耗都与预估值存在差异。

形成亮度差异的主要原因是由于灯条 LED 颗数及 LED 封装的变更,导光板网点分布要重新设计以确保其画面品质,导光板的重新设计导致了液晶模组的亮度与预估值之间的差异。

实测亮度与预估值之间的差异和实测系统板功耗与预估值之间的差异,导致了实测 ES6.0 功耗与预估值之间的差异。实测的 3 片液晶模组的逻辑功耗平均值为 3.93 W(见表 4),液晶模组中

表 5 ES6.0 状态下的测试数据
Table 5 Test data of ES6.0 operation

Sample	Brightness/(cd · m ⁻²)	Voltage/V	Current/A	BLU Power/W	System Power/W
1	200	35.47	0.178	6.31	14.43
2	200	35.55	0.182	6.47	14.41
3	200	35.13	0.173	6.08	14.17
Average	200	35.38	0.178	6.29	14.34

心亮度为 200 cd/m²时的背光源功耗的平均值为 6.29 W(见表 5),由此可以得知 200 cd/m²时的整个液晶模组的功耗为 10.22 W。实测液晶显示器的 ES6.0 功耗为 14.34 W(见表 5),因此可以得到系统板功耗为 4.12 W,占整个系统的28.7%(预估时是按照 30%来计算)。另外,按照实测样

品的亮度值 267 cd/m²对图 5 重新进行绘制,可以得到如图 6 中亮度和电压随电流的变化,计算可以得到在 200 cd/m²时的背光源功耗平均值为 6.22 W,因此在 200 cd/m²下的液晶模组功耗为 10.15 W,根据公式 3 计算可得,ES6.0 功耗为 14.24 W,与预估值只有 0.1 W 的差异。

从上文的数据分析可以看出,在考虑了实际的亮度和系统版功耗之后,预估值与实测值之间的差异不大。

4 结 论

在原有 51.1 cm ES5.0 液晶显示器的基础上,通过把低光效的 3020-LED 更换为高光效的 4014-LED,设计了一款满足 ES6.0 功耗指标的液晶显示器,经过数据矫正之后,预估值与实测值之间基本没有差异,详细阐述了满足 ES6.0 液晶显示器背光源的设计思路和方法,为以后新产品的

参 考 文 献:

[1] 郑江绶. 能源效率及其测度指标体系研究[J]. 求索,2010,(8):11-13.
[2] 马丽,张丽蕾,万丽芳. 一种直下式 LED 背光源的设计[J]. 现代显示,2009,20(9):50-54.
[3] 王帅,李荣玉,陈秀锦,等. 新型直下式正三角阵列 LED 背光源的光学分析和设计[J]. 液晶与显示,2009,24(6): 845-849.
[4] 华广胜,布占场,郑晓盼,等. 低功耗液晶电视 LED 背光源设计[J]. 液晶与显示,2011,26(4):460-463.
[5] 王海雄,李积彬. LCD 导光板微结构成型技术及发展趋势[J]. 液晶与显示,2012,27(4):486-492.