

热仿真技术在加固显示器热设计中的应用

盛 陈^{1,2}, 尹志乐^{1,2}, 唐光明^{1,2}, 严秋白^{1,2}

(1. 中国电子科技集团公司第五十五研究所, 南京 210016; 2. 国家平板显示工程技术研究中心, 南京 210016)

摘 要: 根据某型加固显示器的应用环境及内部功能模块的热特性, 选择强迫风冷的散热方式, 并通过热仿真计算指导风扇选型, 根据仿真结果验证散热方案的可行性。最终, 依据试验结果验证仿真结果的准确性, 为加固显示器的热设计提供思路。

关键词: 加固显示器; 热设计; 仿真计算; 强迫风冷

中图分类号: TN873+.93 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-488X(2020)01-0048-04

Application of Thermal Simulation in the Rugged Display Thermal Design

SHENG Chen^{1,2}, YIN Zhile^{1,2}, TANG Guangming^{1,2}, YAN Qiubai^{1,2}

(1. The 55th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210016, CHN; 2. National Flat Panel Display Engineering Research Center, Nanjing 210016, CHN)

Abstract: The forced air-cooling strategy for the rugged display was chosen based on the applied external environment and the thermal characteristics of the internal function modules. The thermal simulation was applied to guide the fan type selection and verify the feasibility of the proposed heat dissipation strategy. The accuracy of the simulation results were validated by the hardware experiments, providing a novel approach for the thermal design of the rugged display.

Key words: rugged display; thermal design; simulation calculation; forced air-cooling

引 言

随着加固显示器集成的功能越来越多, 其内部功能模块的热流密度也越来越高, 过多的热量会使 CPU 和 GPU 降频工作, 导致显示的图形、画面卡顿, 读取数据速率变慢, 甚至掉电、死机, 严重影响产品的可靠性, 因此加固显示器的散热问题日益突出^[1-4]。

某型加固显示器(以下简称显示器)是一款具备图形显示、图形计算、音视频采集、语音识别和人脸识别等功能的显示终端设备, 内部包含多个功能模块, 整机功耗较大。为保证该显示器可靠工作, 需对其进行合理的热设计。

1 显示器的散热方案设计

显示器的最大外形尺寸为 69 cm×43.5 cm×

收稿日期: 2019-09-30

作者简介: 盛 陈(1988—), 男, 工程师, 研究方向为加固液晶显示器结构设计; (E-mail: shengchenseu@qq.com)

尹志乐(1988—), 女, 工程师, 研究方向为加固液晶显示器工艺设计;

唐光明(1985—), 男, 工程师, 研究方向为加固液晶显示器结构设计。

8.4 cm,内部主要的功能模块及功耗如表1所示。

由表1可知,显示器整机功耗为155 W,体积功率密度为:

$$\Phi_v = \frac{\Phi}{V} = \frac{155}{20452} = 0.0076 \text{ W/cm}^3 \quad (1)$$

其中 Φ_v 为体积功率密度; Φ 为功耗; V 为显示器体积。

表1 内部功能模块及功耗

Tab.1 Internal function modules and power consumption

序号	名称	数量/个	功耗/W
1	计算及图形模块	1	77
2	电源模块	1	45
3	背光模块	1	23
4	语音识别模块	1	6
5	智能交互模块	1	4

显示器工作的高温环境为50℃,外壳体表面允许的最大温升小于25℃,且内部热源较为集中,根据表2^[5],应选取强迫风冷的散热方式。

表2 常用冷却方式单位体积的最大功耗表

Tab.2 Maximum volumetric power for commonly used cooling way

冷却方式	单位体积的最大功耗/(W·cm ⁻³)
自然冷却	0.0092
强迫风冷	0.429
液体冷却	0.613
蒸发冷却	1.226

根据显示器的结构特点、热源分布、芯片耐热性能、噪声控制及电磁兼容等要求,最终采用了独立风道的散热设计,在显示器背面并联两个轴流风扇对风道进行抽风;其中,为了缩短风道,减小风阻,将功耗较小的语音识别模块和智能交互模块布置在强迫风冷区域外,具体如图1所示。

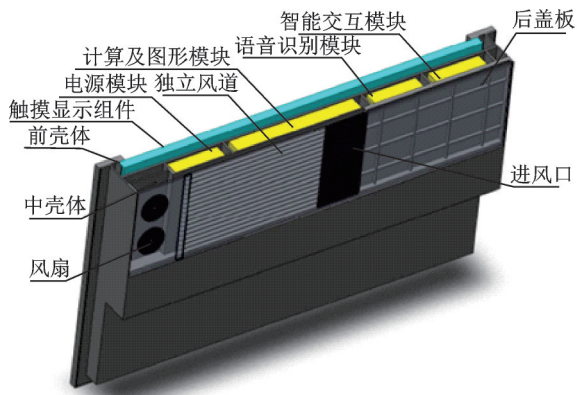


图1 显示器散热方案

Fig.1 The heat dissipation strategy of display

2 风扇选型及仿真计算

2.1 风扇选型

首先根据热平衡方程计算整机散热所需的风量^[6]:

$$V = \frac{Q}{\rho C_p \Delta t} \quad (2)$$

其中 V 为风量,m³/s;

Q 为发热功耗,W; ρ 为空气密度,kg/m³; C_p 为空气比热容,J/(kg·℃); Δt 为系统内最大空气温升,℃。

上述公式计算出的风量为理想风量,考虑冷却风量的各种损失,工程中一般按照1.5~2倍的裕量选择最大设计风量。需通过风扇散发的发热功耗为122 W,以最大气流温升25℃为设计目标,按两倍裕量设定风量,通过上述公式计算出所需风量为0.0075 m³/s。

风量确定后需确定风扇在散热系统工作时的风压值,该压力用来克服风道中的阻力损失,并在出口处形成一定的速度头。风道阻力损失包括沿程阻力损失和局部阻力损失:

$$P = f \frac{l}{d_c} \frac{\omega^2 \rho}{2} + \zeta \frac{\omega^2 \rho}{2} + \frac{\omega^2 \rho}{2} \quad (3)$$

其中 P 为风压值,Pa;

f 为沿程阻力系数; l 为风道长度,m; ω 为空气流速,m/s; ρ 为空气密度,kg/m³; d_c 为风道的当量直径,m; ζ 为局部阻力系数。

为减小沿程阻力,设计时尽可能缩短风道长度,使风道截面接近于正方形,同时需避免气流短路;为减小局部阻力,风道顺着气流流动方向,且不存在弯曲;具体所需风压值可在热仿真软件中利用简化模型进行初步估算。

分别使用开口(opening)和格栅(grille)简化模拟风扇和进风口,正确设置各零件材料和热源,划分网格后进行仿真计算,可得显示器风道进出口的压力分布和风道内速度分布,分别如图2和图3所示。

由图可知,单个风扇风量为0.00375 m³/s时,风压约为30 Pa,此即为风扇的工作点,且此时风道内风速分布均匀,流量在散热风道内得到合理分布。

根据上述工作点,最终所选择风扇的具体参数如表3所示,外形尺寸及性能曲线见图4、图5,且由性能曲线可知,风扇在此工作点附近运行时效率较高。

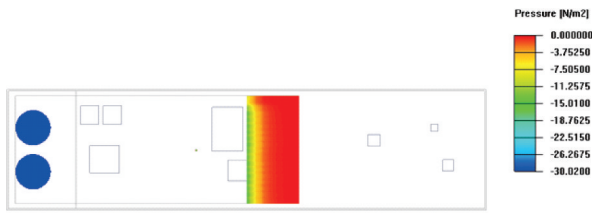


图 2 风道进出口压力分布

Fig.2 The pressure distribution of inlet and outlet

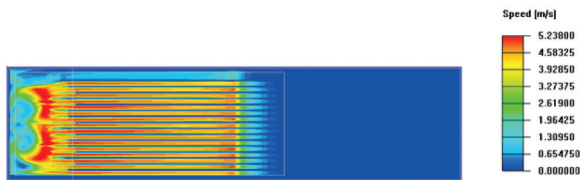


图 3 风道内速度分布

Fig.3 The velocity distribution in duct

表 3 风扇参数

Tab.3 Fan parameters

参数	数值
电压/V	12
电流/A	0.14
转速/rpm	6 000
最大流量/(m ³ ·h ⁻¹)	24.17
最大风压/Pa	60.41
噪声水平/(dB·A ⁻¹)	38.1
重量/g	35

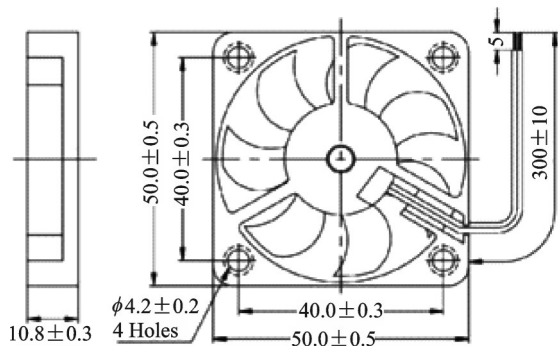


图 4 风扇尺寸图

Fig.4 Fan Dimensions

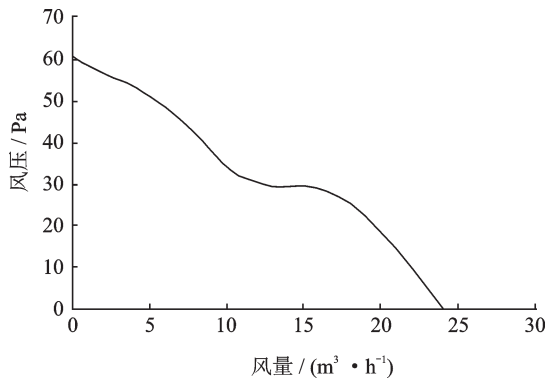


图 5 风扇性能曲线

Fig.5 Fan property curve

2.2 仿真计算

风道设计和风扇选型完成后便可进行详细的仿真计算^[7]:

(1)建立精确的风扇模型,输入风扇具体的性能曲线;

(2)导入各功能模块中PCB板的布线及过孔信息,计算PCB各项异性的导热率;

(3)使用双热阻芯片模型简化PCB上的大功率芯片,根据芯片供应商提供的手册,输入对应的结壳热阻 R_{jc} 和热源结到PCB的热阻 R_{js} ;

(4)设置不同器件间接触界面的接触热阻;

(5)选择适合于复杂几何体的光线追踪法辐射模型;

计算得到显示器外表面温度场和内部速度场分别如图 6、7 所示。其中壳体上最高温度为 68.69 °C,温升小于 25 °C,显示器内部的计算及图形模块中 CPU 芯片结点处温度最高,为 85.12 °C,满足芯片的使用要求,此时上侧风扇的流量为 0.002 67 m³/s,风压为 35.62 Pa,下侧风扇流量为 0.002 71 m³/s,风压为 35.03 Pa,流量在风道内分布均匀合理。

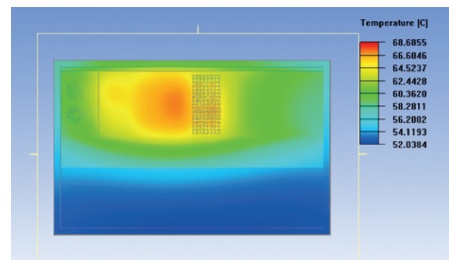


图 6 显示器外壳温度场分布图

Fig.6 The temperature distribution on display surface

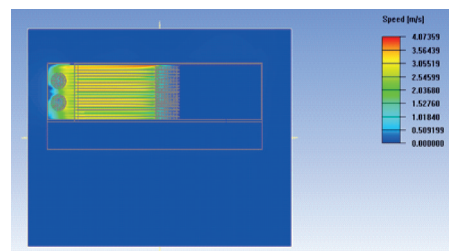


图 7 显示器内部速度场分布图

Fig.7 The velocity distribution in display

3 试验验证

为验证仿真结果的正确性,将显示器置于运行温度为 50 °C 的高温箱内进行试验,温度场达到稳态

后,使用热像仪进行测量,结果如图8所示。显示器壳体上最高温度为71.6℃,通过CPU芯片内置的温度传感读出的结点温度为87.4℃,与仿真结果相比误差均在3℃以内,同时显示器工作可靠,显示无异常。

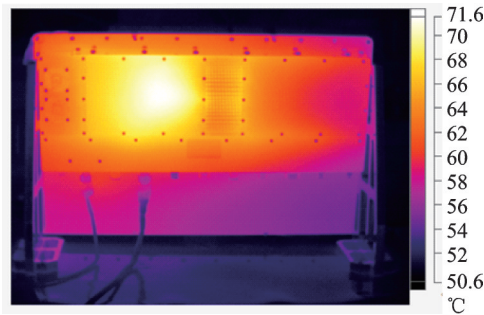


图8 显示器外表面实测温度分布

Fig.8 Measured temperature distribution on display surface

4 结 论

根据加固显示器的热特性、结构特点以及相关整机性能要求,合理确定散热方案,通过数值模拟

(上接第47页)OLED驱动芯片的PWM调亮电路。该电路对加在OLED阵列上的共阴极电压进行PWM调制来调节屏幕亮度,为了拓宽调亮范围, V_{com} 电压一般为负压,文章特别设计了负压电平位移电路,将正逻辑电平转换为负逻辑电平,驱动开关管对 V_{com} 在0和负压之间进行脉宽调制。电路采用0.18 μm 1P6M混合信号工艺完成了电路设计和流片验证。仿真和测试结果表明,当亮度从100 cd/m^2 调节到500 cd/m^2 时,灰阶特征得到了明显改善。

参 考 文 献

- [1] 王晓慧,王文博,陈淑芬,等.硅基有机发光微显示像素驱动电路设计[J].液晶与显示,2008,23(1):68-72.
- [2] 张白雪,秦昌兵,任健雄,等.一种高分辨率硅基OLED驱动芯片设计[J].光电子技术,2016,36(4):265-269.

技术匹配合适的风扇并计算整机温度及流场分布,发现壳体温升满足设计要求,流场分布均匀、芯片温度满足使用要求。与实测结果对比,仿真计算误差较小,在5%以内,满足工程应用需求。因此,数值仿真技术的使用能大幅提高加固显示器的研发效率,并保证产品可靠性。

参 考 文 献

- [1] 席传鹏,史洪波.基于Icepak的加固服务器热设计及优化[J].工业控制计算机,2018,31(04):36-38.
- [2] 刘玉绵.基于Icepak软件的电子设备机箱的优化设计[J].科技传播,2012,4(15):205-206.
- [3] 任 恒,刘万钧,黄 靖,等.基于Icepak的密闭机箱热设计研究[J].电子科学技术,2015,02(06):639-644.
- [4] 刘 恒,张学新,陈正江.基于Icepak的通信电子设备热设计及优化[J].通信技术,2014,47(09):1104-1108.
- [5] 王健石,朱炳林.电子设备结构工程师手册[M].北京:化学工业出版社,2013.
- [6] 邱成梯,赵惇旻,蒋全兴.电子设备结构设计原理[M].南京:东南大学出版社,2001.
- [7] 王永康.ANSYS Icepak电子散热基础教程[M].北京:国防工业出版社,2015.

- [3] 秦昌兵,徐亭亭,陈敏宏,等.一种高亮度均匀性硅基OLED像素电路设计[J].光电子技术,2019,39(4):257-260.
- [4] Prache O. Full-color SVGA+ OLED-on-silicon microdisplay [J]. Journal of the SID, 2002, 10(2): 133-138.
- [5] Wartenberg Philipp, Buljan Marina, Richter Bernd, et al. High frame-rate 1" UXGA OLED microdisplay and advanced free-form Optics for ultra-compact VR headsets [J]. SID Digest, 2018, 40(5): 514-517.
- [6] 张春燕,陈文栋,季 渊,等.基于OLED微显示器的原子扫描控制器设计[J].液晶与显示,2019,34(4):396-402.
- [7] 戴 爽,谢杉杉,陈 鑫,等.一种驱动MOS管工作在饱和区的硅基OLED微显示像素电路[J].液晶与显示,2016,31(1):97-103.
- [8] Yiorgos E Tsiatouhas. A stress-relaxed negative voltage-level converter [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems, 2007, 54(3): 282-286.