

文章编号:1007-2780(2019)12-1148-07

一种基于 LPC1788 的 OLED 显示按键矩阵设计

周国良, 曾范昌*

(中国船舶重工集团公司第七一六研究所, 江苏 连云港 222006)

摘要:为了实现人机交互场景中按键矩阵的硬件通用化设计, 功能软件自定义设置、按键数量可扩展, 对 OLED 显示按键进行了研究, 并设计了基于 OLED 显示按键的按键矩阵。根据 OLED 显示按键的驱动原理, 设计了基于 LPC1788 控制器的按键矩阵电路原理图, 提出了基于硬件通用化设计方案, 及各部分电路的工作原理。根据 OLED 显示按键的控制时序、状态变换, 进行了 LPC1788 控制器的固件设计, 以及 OLED 显示按键的上位机配置软件设计, 实现了显示文字、图片的软件可配置。对设计 OLED 显示按键矩阵进行了测试, 实现了硬件的通用化设计、按键功能可定义、可扩展设计。设计实现表明, 可以将 OLED 显示按键设计为人机交互场景中按键矩阵, 按键显示分辨率 96×64 像素, 180° 视角, 调光范围 $0 \sim 250 \text{ cd/m}^2$, 高清晰度、高对比度, 全屏幕显示, 通过软件灵活配置, 实现矩阵翻页设计, 扩展为更多的按键需求, 节省了结构空间。基于 LPC1788 的 OLED 显示按键矩阵设计, 共 18 个按键, 可实现 $18 \times N$ 组按键的扩展, 稳定可靠、清晰度高、通用性强、外形美观、人机界面友好, 可以广泛地应用于车载、舰载、机载等按键需求的人机交互系统中。

关键词: LPC1788; OLED 显示按键; 按键矩阵; 人机交互

中图分类号: TN873 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20193412.1148

Design of OLED display key matrix based on LPC1788

ZHOU Guo-liang, ZENG Fan-chang*

(China Shipbuilding Industry Corporation Jiangsu Automation Research Institute,
Lianyungang 222006, China)

Abstract: In the human-computer interaction scenario, in order to realize the hardware universal design of key matrix, function software custom settings, and the number of keys can be expanded, the OLED display keys are studied, and the key matrix based on OLED display keys is designed. According to the driving principle of OLED display keys, the circuit schematic diagram of key matrix based on LPC1788 controller is designed. The design scheme based on hardware generalization and the working principle of each part of the circuit are proposed. Then, according to the control sequence and state transformation of OLED display keys, the firmware design of LPC1788 controller and the configuration software design of the upper computer of OLED display keys are carried out, which realizes the configurability of the software for displaying text and pictures. Finally, the design of OLED display key matrix is tested, and the universal hardware settings, key function definable and extensible design are realized. The design and implementation show that OLED display keys can be designed as key matrix in human-computer interaction scene. The key display resolution is 96×64 pixels, 180°

收稿日期: 2019-04-25; 修订日期: 2019-09-26.

* 通信联系人, E-mail: zengfanchang0112@163.co

perspective, dimming range is $0 \sim 250 \text{ cd/m}^2$, high definition, high contrast and full screen display. Through flexible configuration of software, matrix page turning design can be realized, which expands to more key demand and saves structure space. The OLED display key matrix design based on LPC1788 is stable, reliable, clear, versatile, beautiful in appearance, friendly in man-machine interface, and can be widely used in man-machine interaction system for keyboard requirements of vehicle, ship and airborne.

Key words: LPC1788; OLED display keys; key matrix; human-computer interaction

1 引言

随着军用装备的不断更新换代和人机交互技术的发展,不仅对操控设备的性能要求越来越高,对操控设备的可视化和图形化的显示需求、人机界面友好性的要求也越来越迫切,并对操控设备的功耗、减少光污染方面提出了更高的要求。在车载、舰载、机载等一体化大屏幕显示器应用中,周围需要大量的按键来辅助实现操控信息的输入输出^[1],以更加方便、直观、快捷地实现人机信息的交互。

传统的按键矩阵多采用瑞士 EAO 公司和国内 851 厂的按键,按键标识采用胶片印字的方式,并通过 LED 背光源实现按键表面标识字符的发光显示,无法实现按键的通用化设计和按键功能数量的扩展,想要更改按键的功能标识只能重新设计胶片进行更换,对于现场按键标识的更改非常不方便,并且采用 LED 灯作为背光源,照明不均匀,胶片的显示效果差。如果按键数目不能满足设计要求,只能重新设计按键矩阵,可扩展性差,无法满足硬件通用化设计。

OLED 显示屏具有广视角、高亮度、自发光、响应速度快、高清晰、低功耗、抗震性能优异、制造成本低、超轻、超薄等特点,在手持终端及嵌入式设备,应用范围及其广泛^[2-3]。将 OLED 屏应用到按键上,可以充分满足用户可视化、图形化的显示需求。本文为了实现人机交互场景中按键矩阵的硬件通用化设计,按键功能软件自定义、按键功能数量可扩展,对 OLED 显示按键进行了研究,并设计了基于 LPC1788 的 OLED 显示按键矩阵,将字库、图片存储在板载 Flash 中,实现了显示文字、图片的软件可配置。将 OLED 图形显示技术应用于显示按键,实现按键提示信息可编程,按键功能标识及显示内容可配置,按键数量通过

设置翻页功能可扩展,进一步节省了人机交互空间、简化了人机交互设备,提升了人机交互体验^[4-5]。

2 系统设计

2.1 矩阵系统的硬件构成

基于 LPC1788 的 OLED 显示按键矩阵设计^[6],采用面向用户的设计理念,实现硬件通用化设计,按键功能、按键显示画面可通过软件实现用户自定义,控制板采用 NXP 公司的 LPC1788 处理芯片,按键矩阵主要包括 OLED 按键、SPI FLASH 模块、PWM 调光模块、电源电路、MCU 处理模块以及上位机六部分,系统功能框图如图 1 所示,以下分别介绍各部分的组成及功能^[7]。

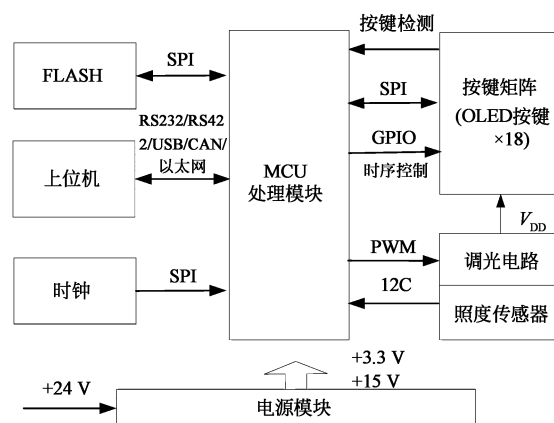


图 1 系统功能框图

Fig.1 Function block diagram of system

2.2 OLED 按键

OLED 显示按键矩阵采用的是 NKK 公司的 ISF 型 OLED 显示按键,为彩色 OLED 显示模块,16 位模式下达 65 536 色范围,能满足细小文字、图表的精细显示,180°视角,显示达 6 行,每行 10 个字符。具有高清晰度、高对比度的特点,分

分辨率为 96×64 像素,集成了位图显示功能,结构尺寸小,通过指令及串行通讯接口提供数据(SPI 接口)进行显示,可视面积达 $21.28 \text{ mm} \times 18.74 \text{ mm}$ 。图 2 为 ISF 型 OLED 显示按键功能框图。按键结构紧凑,可靠性高,操作流畅静音,具有单元组合显示功能,应用方便灵活。

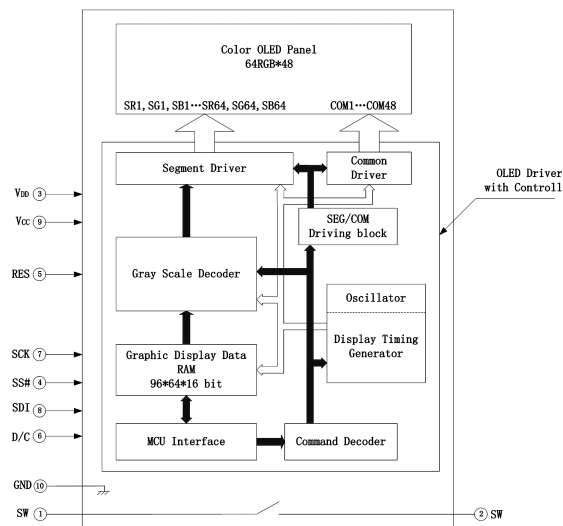


图 2 OLED 显示按键功能框图

Fig.2 Function block diagram of OLED key

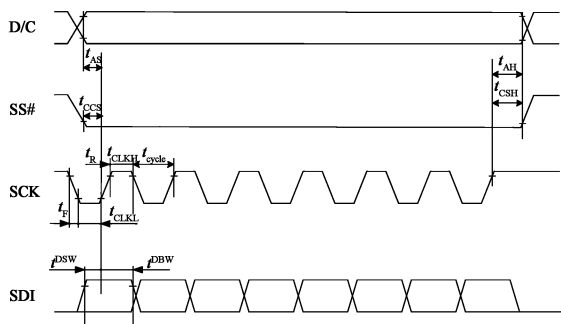


图 3 按键驱动时序

Fig.3 Display key drive timing

OLED 显示按键通过从选择信号、复位信号、数据指令控制信号 3 个控制信号和 SPI 接口实现与 MCU 的数据通信。控制信号 SS 为 OLED 显示按键从选择信号,低电平有效;RES 为 OLED 显示按键的复位信号,低电平有效,复位时 OLED 显示按键进行初始化;D/C 为 OLED 显示按键数据、指令控制,低电平数据解析为指令,高电平数据被认为数据;SCK 为 OLED 显示按键的 SPI 接口的时钟;SDI 为 OLED 显示按键的数据线;VDD 为逻辑电路电源,控制 OLED 显

示按键的背光亮度;一对 SW 引脚为开关两端, VCC、GND 为 OLED 显示按键的电源和地信号。图 3 为 ISF 型 OLED 显示按键的驱动时序,表 1 为 ISF 型 OLED 显示按键的驱动时序参数^[8]。

表 1 按键时序参数

Tab.1 Display key timing parameters

项目	代号	最小值/nm	典型值/nm	最大值/nm
时钟周期时间	T_{cycle}	150	—	—
D/C 设定时间	t_{AS}	40	—	—
D/C 保持时间	t_{AH}	40	—	—
/SS 设定时间	t_{CSS}	75	—	—
/SS 保持时间	t_{CSH}	60	—	—
写数据设定时间	t_{DSW}	40	—	—
写数据保持时间	t_{DHW}	40	—	—
SCK 低位时间	t_{CLKL}	75	—	—
SCK 高位时间	t_{CLKL}	75	—	—
SCK 上升时间	t_{R}	—	—	15
SCK 下降时间	t_{F}	—	—	15

2.4 PWM 调光模块

PWM 调光模块包括光强传感器和调光电路,光强传感器采用 MAX44009 串口光强度传感器模块,测量范围 $0.045 \sim 188\ 000\ \text{lx}$,并且具有 I2C 接口,MCU 可直接通过 I2C 总线进行数据采集。

根据 OLED 显示按键背光的亮度由按键的逻辑电源 VDD 控制,逻辑电源典型值为 DC 15 V,为了实现 OLED 按键的亮度调节设计了基于 PWM 调压技术的调光电路。如图 4 所示为 PWM 调光电路,PWM 调光电路通过 LPC1788 通用 PWM 管脚输出占空比可调的方波信号,PWM 信号经过两级开关三极管进行电压变换,并进行两级 LC 积分滤波处理,得到输出为接近直流的电压信号,电压信号的幅值为 $15 \times X(\text{V})$,其中 X 为 PWM 信号占空比,其值为 $0 \sim 100\%$,通过调节 PWM 信号的占空比从而实现了 OLED 显示按键逻辑电源 $0 \sim 15\text{V}$ 区间内可连续平滑调节,即实现了 OLED 显示按键亮度调节,OLED 显示按键亮度调节范围 $0 \sim 250 \text{ cd/m}^2 [10-13]$,可以满足在白天、傍晚、黑夜等不同光线条件下的按键的亮度调节需求和文字、图片的显示需求。

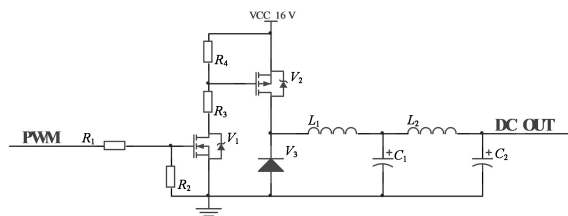


图 4 PWM 调光电路

Fig.4 Design of PWM dimmer circuit

2.5 电源电路

OLED 显示按键矩阵电源采用 +5 V 外部电源供电,内部需要 VCC + 3.3 V 和 VDD + 15 V 两种电源供电,根据图 5 按键状态变换和图 6 电源上电、断电顺序,设计了图 7 电源供电电路,供电电路选用了 Linear 公司的 LTC3531ES6-3.3 电源芯片产生 +3.3 V、TI 的 TPS61041 电源芯片产生 +15 V,并选用了 TI 的 TPS3103K33 芯片来控制 +3.3 V 和 +15 V 的上电时序。

2.6 MCU 处理模块

MCU 处理模块采用 NXP 公司的 LPC1788, 该芯片为 ARM7 框架, 外设组件包括高达 512 kB

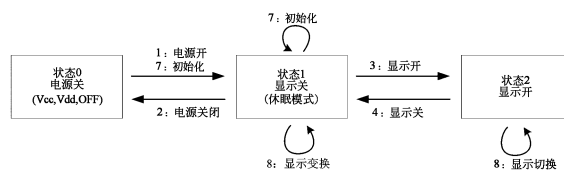


图 5 按键状态变换

Fig.5 State transformation of display keys

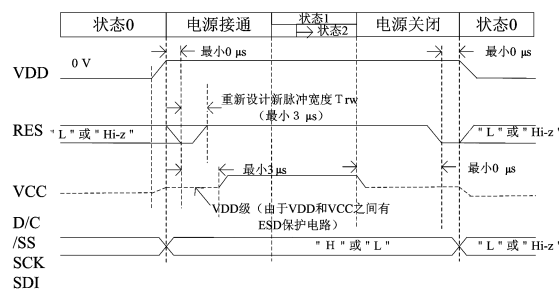


图 6 按键上电顺序

Fig.6 Power-on sequence of keys

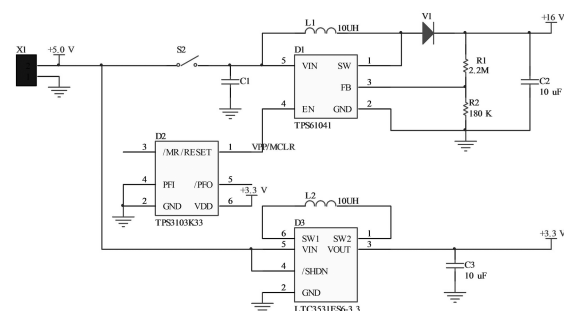


图 7 电源电路设计

Fig.7 Design of power circuit

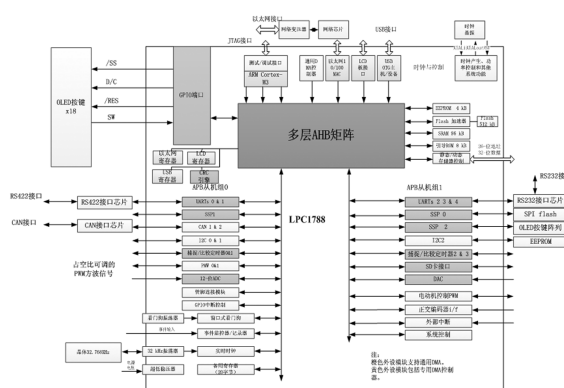


图 8 MCU 处理模块功能框图

Fig. 8 Function block diagram of MCU processing module

的 Flash 存储器、高达 92 kB 的数据存储器、4 kB

的 EEPROM 存储器、一个用于 SDRAM 和静态存储器存取的外部存储器控制器、一个 6 输出的通用 PWM、具有以太网 MAC、USB、UART、SSP 控制器、I2C、双通道 CAN 等丰富的通信接口、一个正交编码器接口、4 个通用定时器、一个带独立电源和时间监控器/记录器的超低功耗 RTC、一个窗口看门狗定时器,丰富的资源有效减少了外围电路。

图 8 所示为 MCU 处理模块功能框图,MCU 处理模块以 LPC1788 为核心处理芯片,主要功能包括控制 SPI flash、EEPROM 的读写,OLED 按键的时序控制,以及对外提供 USB、RS232、

RS422、CAN 接口等通信接口。

3 软件设计

软件设计主要包括 LPC1788 的固件设计和 OLED 按键矩阵上位机设计,为提高控制系统的可靠性,控制系统的软件采用模块化结构,上位机配置界面如图 9 所示。上位机界面分为通信接口选择、按键编号选择、字库选择、按键背景配置、按键字体配置、按键图片配置等,图 10 所示为 OLED 按键矩阵配置流程图。

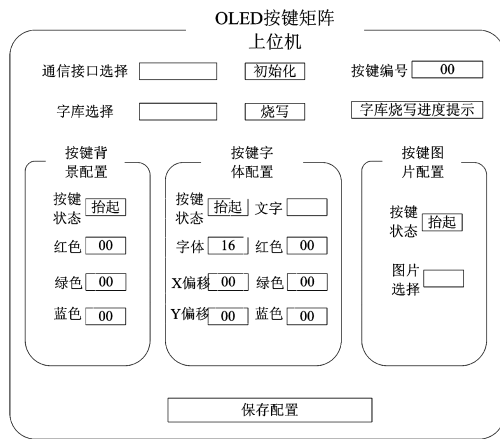


图 9 上位机配置界面

Fig.9 Configuration interface of display Key

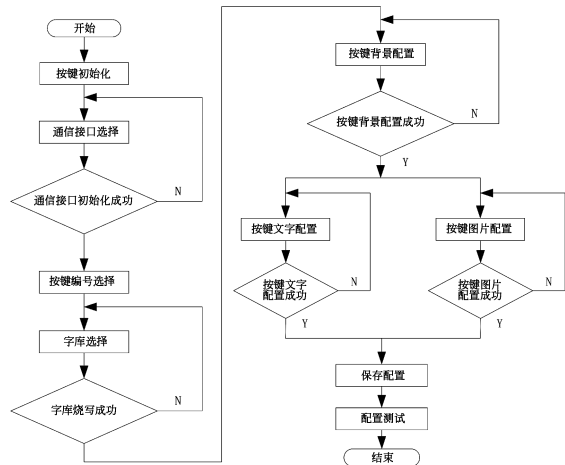


图 10 按键配置流程

Fig.10 Process of key configuration

4 设计实现

OLED 显示按键矩阵核心部件是键盘控制板, OLED 按键安装在键盘控制板上,每个按键通过金属管脚焊接在键盘控制板上,键盘控制板安装在结构外壳的内部,并通过结构外壳上表面开孔将 OLED 按键裸露出来,进行显示与按键操作。OLED 按键与结构外壳上表面平齐安装。

OLED 按键矩阵需要显示的字库和图片存储于键盘控制板的 Flash 存储器中,LPC1788 通过 SPI 接口与 OLED 按键通信,根据需要读取 Flash 中存储的字库和图片到 OLED 按键进行显示。

LPC1788 控制器实时检测 OLED 按键的抬起、按下变化情况,输出按键抬起、按下变化的编

码值,同时根据按键抬起、按下状态从 Flash 中读取需要显示的内容,从而控制 OLED 按键的显示内容。按键矩阵一方面可以通过照度传感器实时检测环境光照强度,并根据环境光照强度调节按键背光的亮度,也可以通过上位机设置白天、傍晚、黑夜 3 种亮度模式调整按键背光亮度。

OLED 显示按键矩阵在设计及试制后,完成了调试验证工作,并进行了批量生产,产品实物如图 11 所示,按键矩阵由 9 行 2 列总共 18 个 OLED 显示按键组成,实现了硬件通用化、软件可定义设计,按键矩阵通过 USB 接口与上位机进行通信,可以根据软件配置灵活的定义按键功能和显示内容。OLED 显示按键矩阵还具有翻页扩展功能,通过按键翻页实现对同一个按键的多功能定义,满足更多按键个数的需求。

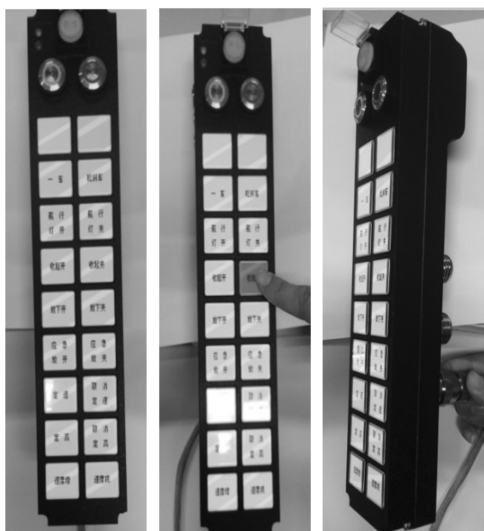


图 11 按键矩阵实物显示图

Fig.11 Object of display key matrix

5 结 论

设计的基于 LPC1788 的 OLED 显示按键矩阵设计,实现了按键矩阵的硬件通用化设计、软件可扩展设计,按键矩阵由 18 个 NKK 公司的 ISF 型 OLED 显示按键组成,按键显示分辨率 96×64 像素, 180° 视角,调光范围 $0 \sim 250 \text{ cd/m}^2$,高清晰度、高对比度,全屏幕显示,通过软件灵活配置,实现矩阵翻页设计,扩展为更多的按键需求,节省了结构空间。实现了按键背光根据环境光照强度的自动调节,达到减少光污染、延长产品使用寿命的目的。产品具有低功耗、清晰度高、人机界面友好、通用性强、可靠性高、可移植性好、外形美观等特点,现在已经实现了批量化生产和推广应用。随着 OLED 显示技术的进一步发展,性能的进一步提升,在车载、舰载、机载等人机交互场景中应用范围必将越来越广。

参 考 文 献:

- [1] 章鹏,王光腾.OLED 智能显示按键设计[J].光电子技术,2018,38(3):209-211.
ZHANG P, WANG G T. Design of an OLED smart display switch [J]. *Optoelectronic Technology*, 2018, 38(3): 209-211. (in Chinese)
- [2] 张德强,张国辉.OLED 产业技术现状及展望[J].新材料产业,2012(5):35-41.
ZHANG D Q, ZHANG G H. Current status and prospects of OLED industry technology [J]. *Advanced Materials Industry*, 2012(5): 35-41. (in Chinese)
- [3] 张军杰,杨铸.OLED 产业发展现状及趋势[J].现代显示,2010,21(6):25-30.
ZHANG J J, YANG Z. The development status & trend of global OLED industry [J]. *Advanced Display*, 2010, 21(6): 25-30. (in Chinese)
- [4] 徐会宾.OLED 图形化界面及按键设计[D].武汉:华中科技大学,2011.
XU H B. Design of the graphic interface and key driver for AM-OLED [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2014. (in Chinese)
- [5] 杨欣.基于单片机的 OLED 显示终端设计分析与研究[J].数字通信世界,2019(1):112.
YANG X. Design analysis and research of OLED display terminal based on single chip microcomputer [J]. *Digital Communication World*, 2019(1): 112. (in Chinese)
- [6] 蒋祺炜.基于 LPC1788 芯片的 OLED 模组驱动系统的设计与实现[D].成都:电子科技大学,2014.
JIANG Q W. Design and implementation of the system of construction safety video image analysis [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2014. (in Chinese)
- [7] 武春锋,王永伟,王志乾,等.基于 C8051F020 单片机的双接口 OLED 控制器设计与实现[J].现代电子技术,2019,42(4):14-18.
WU C F, WANG Y W, WANG Z Q, et al. Design and implementation of dual-interface OLED controller based on C8051F020 SCM [J]. *Modern Electronics Technique*, 2019, 42(4): 14-18. (in Chinese)
- [8] 闫晓剑.AMOLED 显示屏像素驱动电路的设计与实现[D].成都:电子科技大学硕士学位论文,2018.
YAN X J. Design and realization of pixel circuits of AMOLED display [D]. Chengdu: A Master Thesis Submitted to University of Electronic Science and Technology of China, 2018. (in Chinese)
- [9] 陈东成,胡敬营,吕卫国,等.基于 IP 核的多接口 LCD 控制器的设计及实现[J].液晶与显示,2017,32(2):117-123.

- CHEN D C, HU J Y, LV W G, *et al.* Design and implementation of multi-interface LCD controller based on IP cores [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(2): 117-123. (in Chinese)
- [10] 杨延宁, 刘立军, 张志勇. 基于 Proteus 的单片机汉字点阵显示电路设计[J]. 液晶与显示, 2009, 24(1): 98-102.
YANG Y N, LIU L J, ZHANG Z Y. Circuit design of dot-matrix Chinese characters display based on Proteus in MCU [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2009, 24(1): 98-102. (in Chinese)
- [11] 周福强. 基于 FPGA 的 OLED 驱动设计[D]. 南京: 南京理工大学, 2013.
ZHOU F Q. Design of OLED driver based on FPGA [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2013. (in Chinese)
- [12] 蒋明明. OLED 驱动芯片恒流驱动模块的设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
JIANG M M. Design of constant current driving module for OLED driver chip [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2013. (in Chinese)
- [13] 郑喜凤, 盖鑫玮, 魏春娟. 基于 C8051F020 的 OLED 驱动控制系统[J]. 液晶与显示, 2009, 24(4): 567-570.
ZHENG X F, GAI X W, WEI C J. Driving and controlling system for OLED based on C8051F020 [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2009, 24(4): 567-570. (in Chinese)

作者简介:



周国良(1980—),男,黑龙江肇东人,硕士,高级工程师,2002 年于哈尔滨理工大学获得硕士学位,主要从事舰船武器装备、舰船通信系统等方面的研究。E-mail: 17826531077@163.com



曾范昌(1986—),男,山东潍坊人,高级工程师,2011 年于武汉大学获得硕士学位,主要从事嵌入式多媒体显示技术方面的研究。E-mail: zengfanchang0112@163.com