

一种基于语音控制的 3D 动态显示系统设计

张伟^{1,2}, 沈福周²

(1. 北京奇虎科技有限公司 360 未来安全研究院, 北京 朝阳 100015;

2. 扬州大学 信息工程学院, 江苏 扬州 225001)

摘要: 光立方作为一种新型的裸眼 3D 显示技术, 用户无需配戴任何观看辅助工具就能达到裸眼 3D 显示的效果, 给人们带来了全新的视觉体验。文中设计了一种基于语音控制的 3D 动态显示系统, 采用 LD3320 非特定人声语音识别芯片以及 STM32F407 作为光立方核心控制器实现全彩高阶语音控制光立方设计, 解决了现有光立方显示色彩单一、分辨率低、人机交互性能差、设计复杂、成本较高等问题。语音识别模块与 STM32 之间采用 UART 串口通信, 将语音识别结果作为控制指令发送给 STM32, 控制光立方显示动画及其工作模式, 并用模块自带的喇叭播放背景音乐。SM16126 串转并级联驱动输出电路的设计, 降低了系统功耗, 为高阶光立方的设计提供了一种可行的实现方案。测试表明, 光立方显示系统对语音指令识别具有响应速度快、识别精度高、工作稳定等优点, 使用体验良好, 使人们的生活更加智能化和人性化。

关键词: 光立方; 语音控制; STM32; 全彩显示; 裸眼 3D; 智能家居; 嵌入式系统; 显示器

中图分类号: TP274

文献标识码: A

文章编号: 2095-1302 (2022) 06-0062-05

0 引言

裸眼 3D 显示系统因其独特的 3D 显示视觉效果, 已经从公共信息展示等商业应用向消费类多媒体应用渗透, 也成为了近年来国内外的研究热点。光立方^[1]作为一种新型裸眼 3D 信息发布媒介, 给人们带来了全新的视觉体验。然而, 现有的光立方存在显示色彩单一^[2-4]、分辨率不高^[3-5]、人机交互性能差、设计复杂^[2,6-7]、成本较高等问题, 严重阻碍了光立方三维动态显示技术的推广应用。

为使光立方更好地改善智能化生活, 设计了一种基于语音控制的 3D 动态显示系统, 采用 RGB 全彩 LED 制作了 12×12×12 分辨率的光立方, 高阶全彩的动态显示效果极大地扩充了显示色域, 增强了三维视觉享受; 采用 SM16126 串转并级联驱动输出电路设计, 为高阶光立方的设计提供了一种可行的实现方案。

另外, 随着语音识别技术^[8-10]的不断发展, 在诸多领域展现了出色的应用效果, 成为了新型智能人机交互方式^[11-13]。本系统采用基于 LD3320 的语音识别模块^[14]控制其工作, 提高了人机交互性能, 拓宽了其应用范围, 使生活更加智能化、人性化。

1 系统总体设计

本智能语音 3D 动态显示系统主要分为语音识别模块和

12×12×12 全彩光立方两大部分, 采用语音识别模块、硬件驱动电路、STM32F407 核心控制器控制不同立体位点的 LED 亮灭和颜色变换, 显示多种炫彩三维动态画面。光立方采用 RGB 全彩 LED 焊接完成, 构成三维显示阵列; 通过读取外设 SD 卡内的数据流, 并送入级联的 SM16126 芯片控制每个 LED 灯的颜色; 采用语音识别模块对非特定人声语音指令进行识别, 并将结果通过 UART 串口发送给 STM32 控制光立方显示相应的动画, 并播放背景音乐。另外, STM32 的 UART2 串口连接蓝牙模块, 可使用手机蓝牙控制光立方显示。系统结构如图 1 所示。

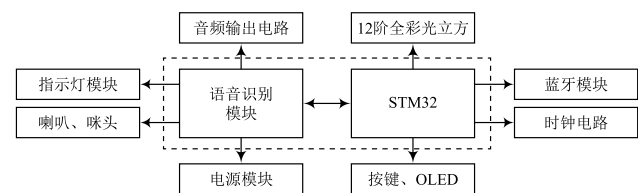


图 1 系统结构

2 系统硬件设计

2.1 LED 的选择

LED 发光体的体积越小, 光立方整体的通透性就越好, 即后排的 LED 就越不容易被前排的 LED 挡住; 另一方面, 使用直径更大或是雾面的 LED 越容易看到光点。此外, 还要注意 LED 光点的可视角度, 雾状 LED 比光面 LED 更大。

综上分析, 本系统使用的 LED 灯为 5 mm、RGB 雾状散

收稿日期: 2021-01-06

修回日期: 2021-03-18

基金项目: 江苏省大学生创新创业基金项目 (201911117138T)

光共阳极 LED 灯, 其最大电流为 20 mA, 电压范围为 3.0 ~ 3.5 V, 波长 460 ~ 465 nm。实物如图 2 所示。

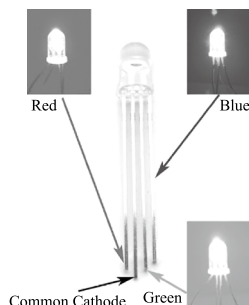


图 2 4 脚 RGB LED

2.2 光立方模块

光立方采用 RGB 全彩 LED 焊接完成, 实现三维显示阵列。将光立方模块分成 3 个 $4 \times 12 \times 12$ 的子立方, 每层 48 个 LED 的阳极连在一起, 由 2 片 74HC138 构成 4 ~ 16 选择器实现对层 (12 层) 的选择, 控制某一层和 / 或某

几层灯的亮灭; 竖直方向同列的 R、G、B 引脚分别连接 SM16126 的输出端口, 控制每个 LED 的颜色 (具体实现如图 3 和图 4 所示)。此外, 由于构成光立方的 LED 灯数量巨大, 对电流的要求很高, 故选择 74HC245 作为数据的强驱动缓冲器, 同时 SM16126 能够提供极为精确的稳定电流输出, 保证系统稳定工作。

采用 SM16126 串转并级联驱动输出和公共端强上拉设计, 多个光立方可自由拼接, 为高阶光立方的设计提供了一种可行的实现方案。一面 LED 灯组装机示意图如图 5 所示, 光立方组装测试如图 6 所示, 光立方组装完成图如图 7 所示。

2.3 语音识别模块

LDV5 语音识别模块主要包括 LD3320 非特定人声识别芯片和 STM32F103 微处理器。LD3320 芯片内部集成了高精度的 A/D 接口, 无需外接辅助 FLASH 和 RAM 即可实现语音识别、声控、人机对话功能, 并且识别的关键词语列表可动态编辑。

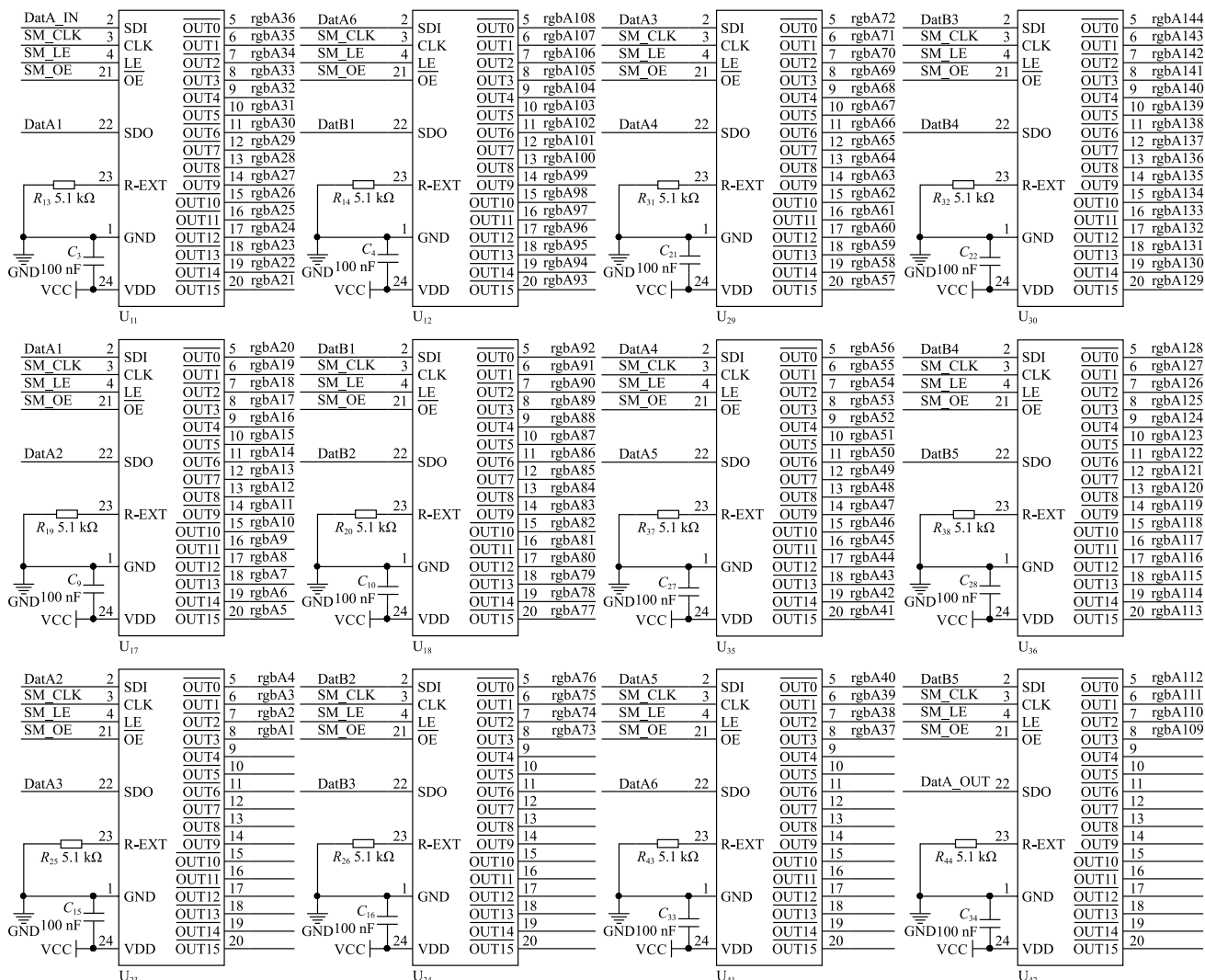


图 3 SM16126 串转并强驱动级联电路

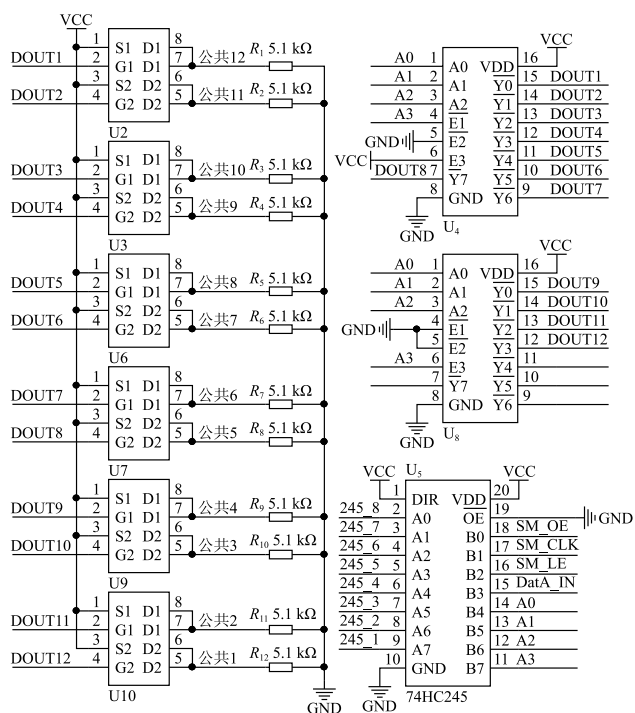


图 4 强上拉驱动和 4~16 层选择电路

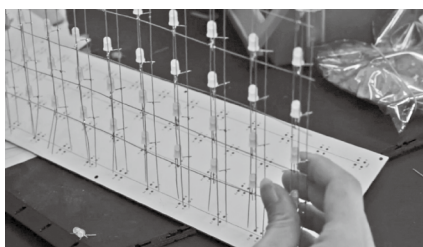


图5 一面LED灯组装示意图

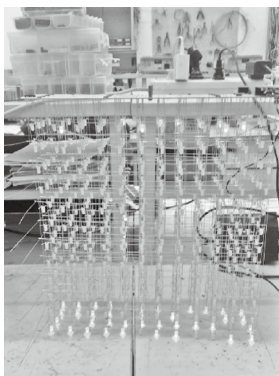


图 6 光立方组装测试



图7 光立方组装完成图

该模块具有以下优点：

- (1) LDV5 模块具备 USB 接口及 TF 卡读取 U 盘功能。
- (2) 支持最大 4G mini 低速 TF 卡读取。
- (3) 可实现人机对话, 具有播放 MP3、播放歌曲及对话等功能。
- (4) 具备串口输出识别码功能, 支持 1 ~ 12 字节自定义十六进制输出。

(5) 支持口令识别方式，例如：定义模块为“小光”，只有每次喊“小光”后，模块才能接收其他操作指令。另外，还支持普通识别模式、按键触发模式，以适应不同应用环境。

(6) 具备看门狗复位功能，系统更稳定。

模块上有一个 TF 卡，加入语音模块后，只需对 TF 卡内容进行修改就可对该模块进行操作。图 8 所示主菜单文件中的串口输出识别码 01、02，分别为语音模块响应时通过串口发送给 STM32 主控制器的识别结果。

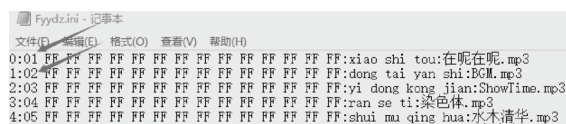


图 8 TF 卡主菜单文件

2.4 音频输出电路

LM358 是双运算放大器, 内部包括 2 个独立的、高增益、内部频率补偿的运算放大器, 适合于电源电压范围宽的单电源使用, 也适用于双电源工作模式, 在推荐的工作条件下, 电源电流与电源电压无关。其使用范围包括传感放大器、直流增益模块和其他所有可用单电源供电的使用运算放大器的场合。本系统用其进行音频播放。音频输出电路如图 9 所示。

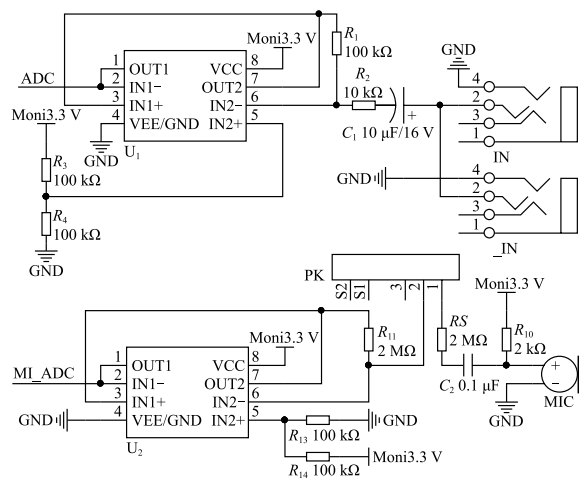


图9 音频输出电路

3 系统软件设计

3.1 系统程序设计概述

系统启动后,将处于休眠模式,显示开机动画,语音识别模块在后台进行语音监听。考虑到使用环境的多样性,程序设定了语音指令“小光”来唤醒语音交互功能,并播放语音提示“在呢在呢”,显示相应动画。此后,在限定的时间内检测语音指令,并将识别码通过串口发送给 STM32,控制显示相应的动画、播放背景音乐。系统软件设计流程如图 10 所示。

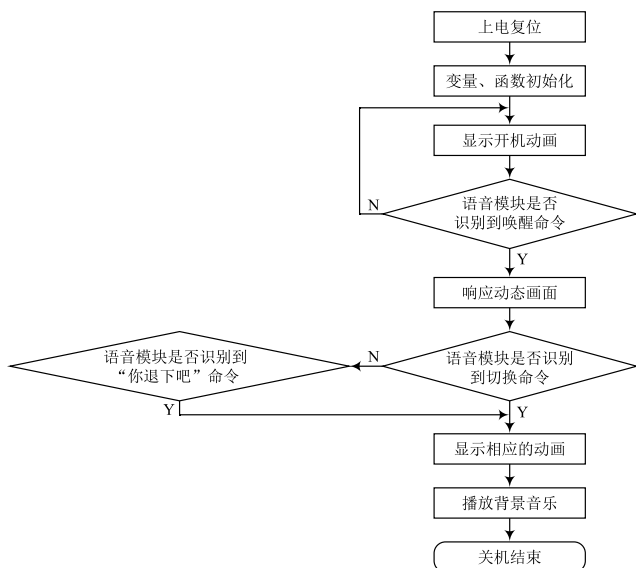


图 10 系统软件设计流程

3.2 系统软件结构

该系统软件源代码目录如图 11 所示。

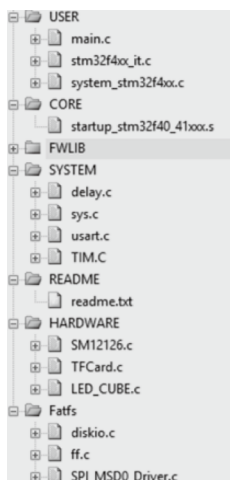


图 11 软件系统结构

结合具体的源文件分析每层实现的功能。

(1) 寄存器接口层

寄存器接口层是外设驱动层和单片机硬件之间的桥梁，它直接操纵单片机内部的寄存器，封装实现 I/O 输入输出模块、定时器模块、ADC 模块和串口模块。其中，STM32F4xx.h 头文件中定义了单片机的型号以及相关 I/O 口寄存器等。sys.c 中封装了 I/O 管脚的地址偏移；usart.c 中封装了串口模块；TIM.c 中封装了定时器模块。

(2) 外设驱动层

外设驱动层主要由 SM16126 驱动模块、SPI 总线驱动和 SD 卡读取驱动构成。其中，SM16126.c 中封装了 SM16126 驱动模块，通过 MCU 模拟 I²C 通信对 SM16126 寄存器进行操作，可调用底层的 I/O 输入输出模块以及定时器模块。

diskio.c 中封装了 SD 卡读写驱动，可调用寄存器层的 I/O 输入输出模块。SPI_MSD0_Driver.c 中封装了 SPI 总线驱动，可调用底层的 I/O 输入输出模块以及定时器模块，搭建了基于 DMA 传输的 SPI 通信协议。

(3) 应用层

应用层设计主要面向用户并且负责处理具体事务。主要包括显示系统、语音系统以及 FATFs 文件系统。main.c 文件中封装了整个程序的入口函数 main()，负责启动任务模块。LED_CUBE.c 文件中封装了显示系统的操作函数，同时其头文件 LED_CUBE.h 对所用管脚以及各全局变量进行了定义，如图 12 所示。

该文件已经完成了数十种动画的播放，并封装成了相应的函数，如图 13 所示。

```
/* Private define -----
//读缓存区大小定义
#define A0 PCout(11)
#define A1 PDout(0)
#define A2 PCout(10)
#define A3 PCout(12)

/* Private variables -----
extern int NONE_flag;
extern int ALL_flag;
extern int MAGIC_flag;
extern int JJ_flag;
```

图 12 LED_CUBE.h (1)

```
//static
void ShowALL(void);
void ShowNONE(void);
void ShowMAGIC(void);
void ShowJJ(void);
//moving
void ShowFPGA(void);
void ShowCUBE(void);
void ShowSPIRAL(void);
void ShowSWIRLS(void);
void ShowRIPPLE(void);
void ShowIMP(void);
void ShowSIN(void);
void ShowCOUNT(void);
```

图 13 LED_CUBE.h (2)

TFCard.c 中封装了 FATFs 文件系统调用的相关配置。借助基于 DMA 传输的 SPI 总线对内存卡的扇区进行快速读写操作，同时该文件的头文件 TFCard.h 中也封装了所占用的具体管脚以及 DMA 总线的初始化内容。

3.3 TF 读卡程序

通过移植 FATFs 系统对文件进行快速读写。初始化 SPI 总线，挂载文件系统，在 DMA 方式下读取文件数据，关闭文件。

TF 读卡程序如下：

```
FATFS fs; //FATfs 文件系统对象
FIL fnew; // 文件对象
UINT fnum; // 文件成功读写的数量
FRESULT res_flash; // 读取结果
BYTE buffer[ReadFileNum]={0}; // 读缓存区
unsigned char Face[2][5184]={0};
void TFCard_Init()
{
    MSD0_SPI_Configuration(); // 初始化 SPI 总线
    res_flash = f_mount(0,&fs); // 挂载文件系统
    if(res_flash != FR_OK) printf("mount filesystem failLED : %d\n\r",res_flash);
}
```

```
void ReadFile()
{
    f_open(&fnew,Filename,FA_OPEN_EXISTING|FA_READ);
    // 打开文件

    f_read(&fnew,buffer,sizeof(buffer),&fnum);
    // 读取文件中的数据

    f_close(&fnew);
    // 关闭文件

    convert();
    // 执行数据转换
}
```

3.4 SM16126 驱动程序设计

通过模拟 I²C 总线来驱动 SM16126 芯片,同时通过多次频繁的写入数据,模拟 PWM 脉宽调制来实现多灰度的显示。具体实现过程如下:

- (1) 数据端口准备数据;
- (2) 时钟端口拉高,发送数据线数据;
- (3) 时钟端口拉低,锁存数据;
- (4) 锁存器使能端打开,输出控制数据。

4 结 语

本文设计了一种基于语音控制的 3D 动态显示系统,通过语音识别控制高阶全彩光立方显示动画,改善了现有光立方显示色彩单一、分辨率低、人机交互性能差、设计复杂等问题,提高了三维显示系统的视觉体验。

本 3D 显示系统相较于其他显示系统具有如下优势:

- (1) 采用 LD3320 语音识别模块控制其工作,提高了人机交互性能,拓宽了其应用范围,使生活更加智能化和人性化;
- (2) 采用 RGB 全彩 LED 制作了 12×12×12 高分辨率的光立方,高阶全彩的动态显示效果极大地扩充了显示色域,增强了三维视觉体验;
- (3) 采用 SM16126 串转并级联驱动输出和公共端强上拉的电路设计,多个光立方可自由拼接,为高阶光立方的设计提供了一种可行的实现方案;
- (4) 采用 DMA 方式读取外设 SD 卡,动画修改更方便,读取时不占用系统资源,显示效果更加流畅。

作者简介: 张伟(1998—),男,云南曲靖人,软件研发工程师,研究方向为智能物联网 AIoT、机器学习。

沈福周(1998—),男,硕士,江苏淮安人,研究方向为智能物联网、自动控制。

(上接第 61 页)

- [13] KUMAR G R, SHEKHAR Y C, SHWETA V, et al. Smart agriculture-urgent need of the day in developing countries[J]. Sustainable computing: informatics and systems, 2021, 30.
- [14] Govind Singh Patel, Amrita Rai, Nripendra Narayan Das, et al. Smart Agriculture: Emerging Pedagogies of Deep Learning,

系统实现效果如图 14 所示。经实际测试,本系统能够达到预期的效果,对推进 3D 显示技术的实际应用具有一定的意义。

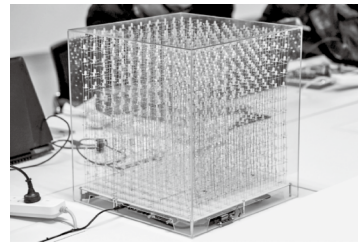


图 14 系统实现效果

参 考 文 献

- [1] LED Cube3-dimensional display[EB/OL].http://www.Instructables.com/id/Led-Cube-8x8x8/
- [2] 康志强,汪佳,汤勇明.基于 FPGA 的 3D 光立方设计[J].电子器件,2012,35(6):683-686.
- [3] 虞沧.基于单片机的光立方系统设计[J].电子测试,2015,22(6):28-30.
- [4] 曹月真.基于 51 单片机的 4×4×4 光立方设计[J].科技展望,2016,26(26):49.
- [5] 李振国,高敏.基于单片机的光立方设计与制作[J].计算机产品与流通,2018,35(2):270.
- [6] 陈思源,汲伟明.基于 FPGA 的多功能光立方显示驱动器[J].上海应用技术学院学报(自然科学版),2016,16(3):268-270.
- [7] 汪倩颖,朱斌文,何娟娟,等.基于单片机的光立方设计[J].机电信息,2018,18(33):110-111.
- [8] 雷高伟,徐小玲.智能声控小车的设计研究[J].广东石油化工学院学报,2018,28(6):43-45.
- [9] 王艳,陈姝君,李昂,等.基于语音控制和蓝牙通信的智能家居系统设计与实现[J].物联网技术,2018,8(12):99-102.
- [10] 王磊,何勇,张宇.智能语音控制系统的设计与实现[J].计算机测量与控制,2018,26(2):109-112.
- [11] 逢淑宁.移动智能终端新型人机交互技术研究[J].电信网技术,2013,39(5):5-9.
- [12] 王思迈.人机交互技术的发展现状及未来展望[J].科技传播,2019,11(5):142-144.
- [13] 楼海华.基于语音控制的智能人机交互助手的关键技术研究[J].计算机产品与流通,2017,34(12):103-105.
- [14] 洪家平.LD3320 的嵌入式语音识别系统的应用[J].单片机与嵌入式系统应用,2012,12(2):48-49.

作者简介: 陈志斐(1990—),女,硕士,助教,研究方向为电子商务经济。