

# 一种基于语音控制的 3D 动态显示系统设计

张 伟<sup>1,2</sup>

(1. 扬州大学信息工程学院, 江苏 扬州 225001;

2. 北京奇虎科技有限公司 360 工业互联网安全研究院, 北京 朝阳 100015)

**摘要:** 光立方作为一种新型的裸眼 3D 显示技术, 用户不需要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。本文设计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的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、成本较高等的问题。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, 控制光立方的显示动画和工作模式, 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的响应速度快、识别精度高、工作稳定, 具有较好的使用体验, 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

## Design of a 3D Dynamic Display System Based on Voice Control

ZHANG Wei\*

(School of Physical Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225000, China)

**Abstract:** Light Cube, as a new type of naked eye 3D display technology, can achieve the naked eye 3D display without wearing any viewing aids. Especially, it brings a new visual experience to people and has become a research hot spot in research organizations home and abroad for the past few years. In this paper, a 3D dynamic display system based on voice control is presented, which solves the existing light cube display color single, low resolution, poor human-computer interaction performance, complex design, high cost, etc. The LD3320 non-specific vocal speech recognition chip and STM32F407 are used as controller core to realize the full-color high-order voice controlled light cube. The voice recognition module sends the voice recognition result to the STM32 via UART serial port as a control command for controlling the display animation and working mode of the optical cube, and playing the background music with the speaker provided by the module. The SM16126 cascade-to-cascade drive output circuit design reduces system power consumption and provides a viable implementation for high-order optical cube designs. Finally, tests show that this light cube display system has fast voice command recognition response speed, high recognition accuracy and stable work performance, which can make people's life more intelligent and user-friendly.

**Key words:** Light cube; voice control; STM32; full-color display; naked eye 3D

## 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<sup>[1]</sup>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, 现有的光立方显示色彩单一<sup>[2][3][4]</sup>、

分辨率不够高<sup>34[5]</sup>、人机交互性能差、设计复杂<sup>2[6][7]</sup>、成本较高，严重阻碍了光立方三维动态显示技术的实际应用。

为使光立方更好地改善智能化美好生活，设计了一种基于语言控制的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<sup>8[9][10]</sup>的不断发展，在诸多领域展现出出色的应用效果，成为了新型智能人机交互方式<sup>11[12][13]</sup>。本系统采用基于LD3320的语音识别模块<sup>14</sup>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的识别，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。

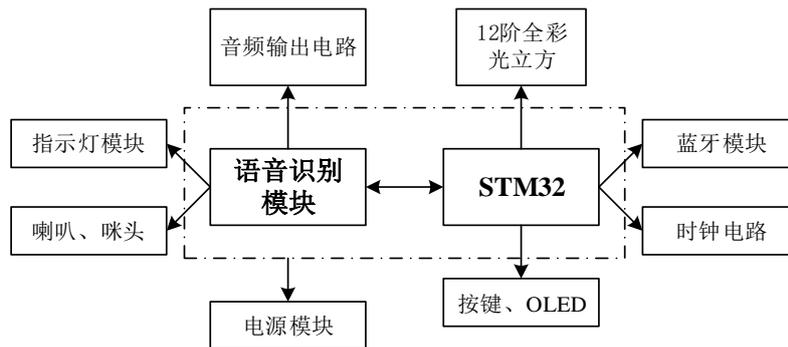


图1 系统结构框图

## 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，也就是说后排的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更容易看到光点。此外，还要注意LED光点的可视角度，雾状LED要比光面LED更大。

综上所述，本系统使用的LED灯为5MM、RGB雾状散光共阳极LED灯，其最大电流为20mA，电压范围3.0-3.5V，波长460-465nm。实物如图2所示：

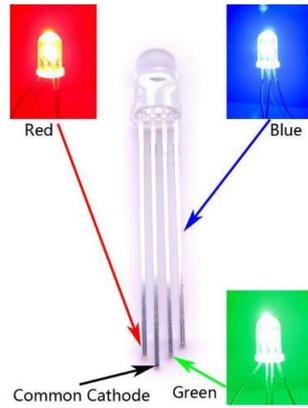


图 2 4 脚 RGB LED

## 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。将整个光立方模块分成三个 4\*12\*12 的子立方, 每层 48 个 LED 的阳极连在一起, 由两片 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 三个引脚分别连接在一起, 连接到 SM16126 的输出端口, 控制每个 LED 颜色。(具体实现如图 3 和图 4) 此外, 由于构成光立方的 LED 灯数量巨大, 对电流的要求就很高, 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, 保证了系统的稳定工作。

采用 SM16126 串转并级联驱动输出和公共端强上拉的设计, 可多个光立方自由拼接, 为高阶光立方的设计提供了一种可行的实现方案。

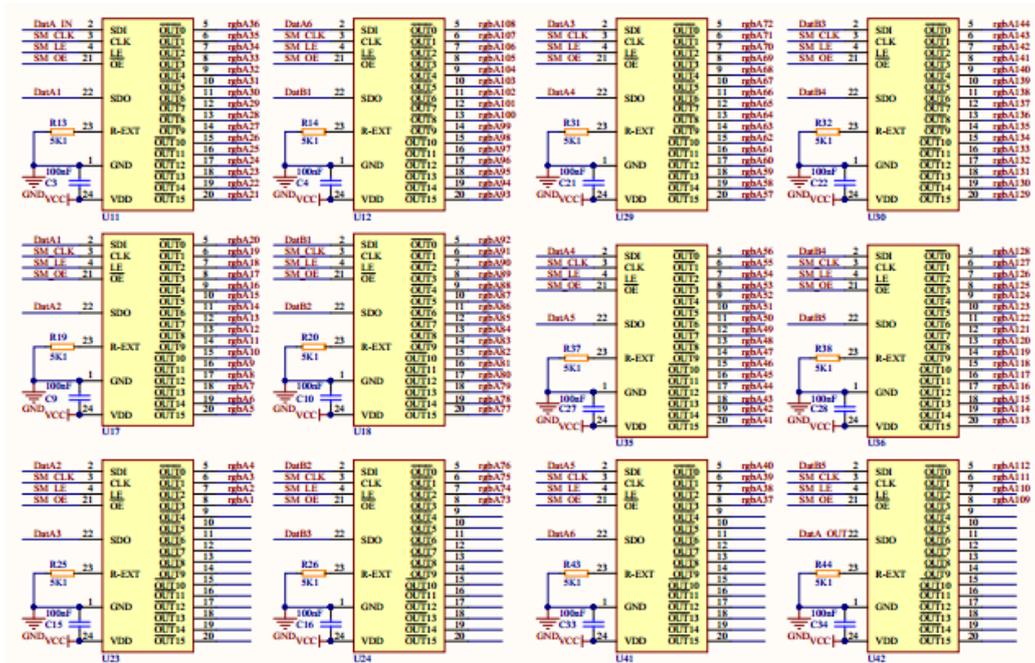


图 3 SM16126 串转并强驱动级联电路原理图

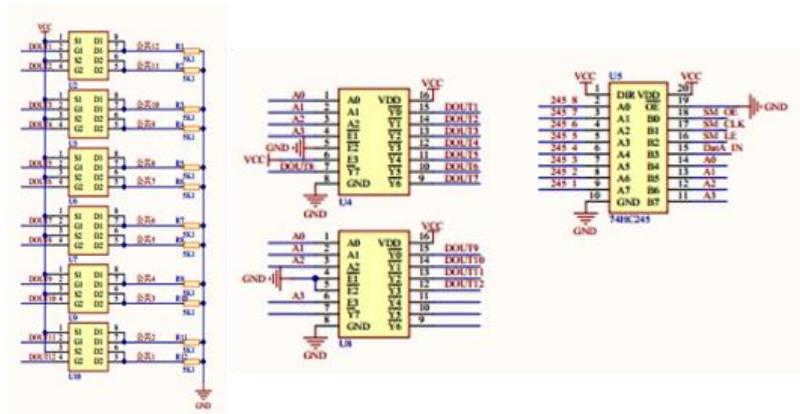


图 4 强上拉驱动和 4-16 层选择电路原理图

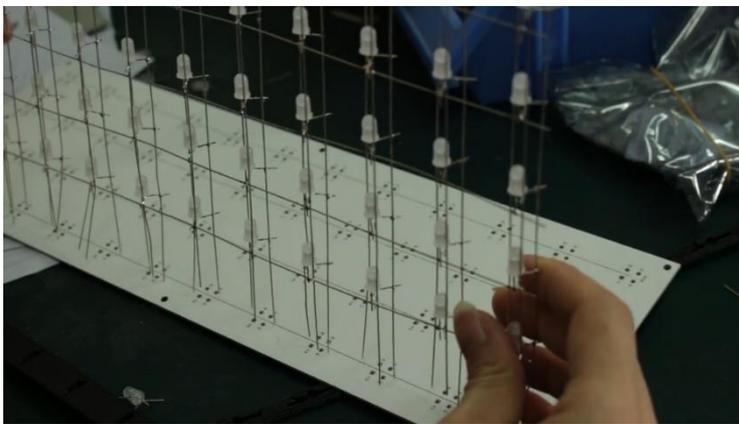


图 5 一面 LED 灯组装示意图

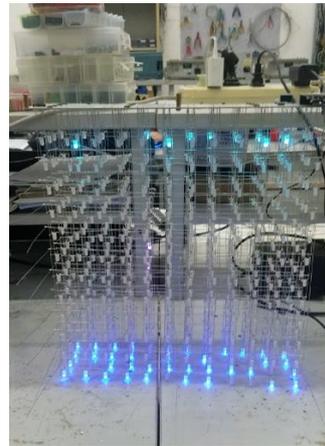


图 6 光立方组装测试图



图 7 光立方组装完成图

### 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。

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) 具备支持最大 4G mini 低速 TF 卡读取;
- (3) 可实现人机对话, 播放 MP3 功能, 播放歌曲、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 16 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。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, 系统更稳定耐用。

模块上有一个 TF 卡, 在利用语音模块时, 只需对 TF 卡内容进行修改, 就可对该模块进行操作。例如, 如图 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。

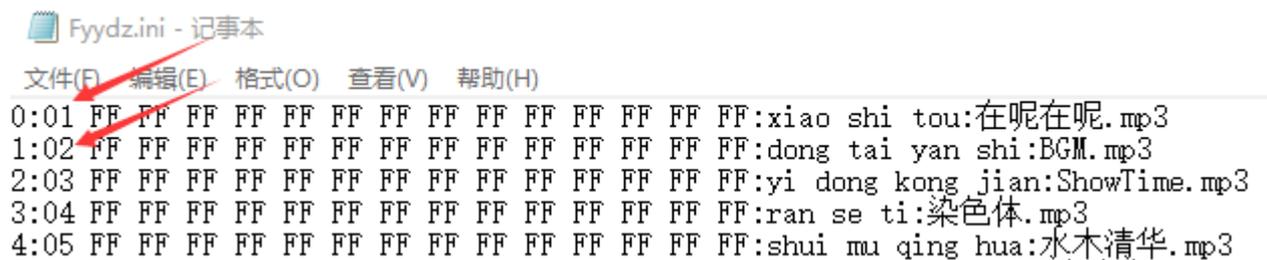


图 8 TF 卡主菜单文件

## 2.4 音频输出电路

LM358 是双运算放大器。内部包括有两个独立的、高增益、内部频率补偿的运算放大器, 适合于电源电压范围很宽的单电源使用, 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。它的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。

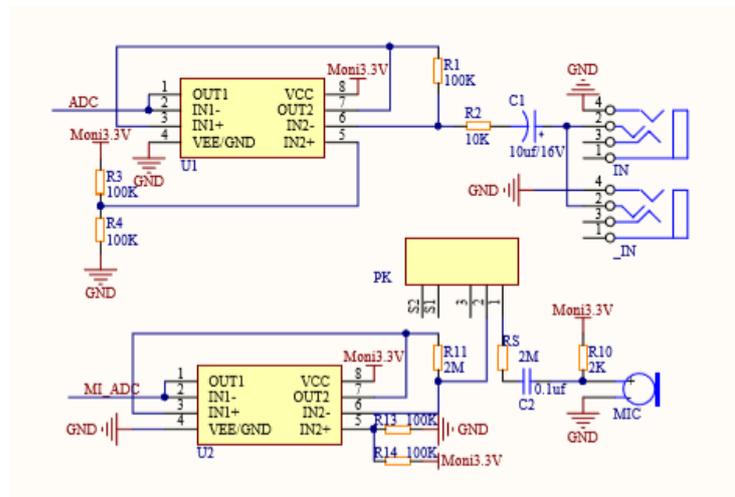


图 9 音频输出电路图

## 3 系统软件设计

### 3.1 系统程序设计概述

当系统启动之后，系统会处于一个休眠模式，一直显示开机动画，语音识别模块在后台一直进行语音监听。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，并播放语音提示“在呢在呢”、显示响应动画。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。

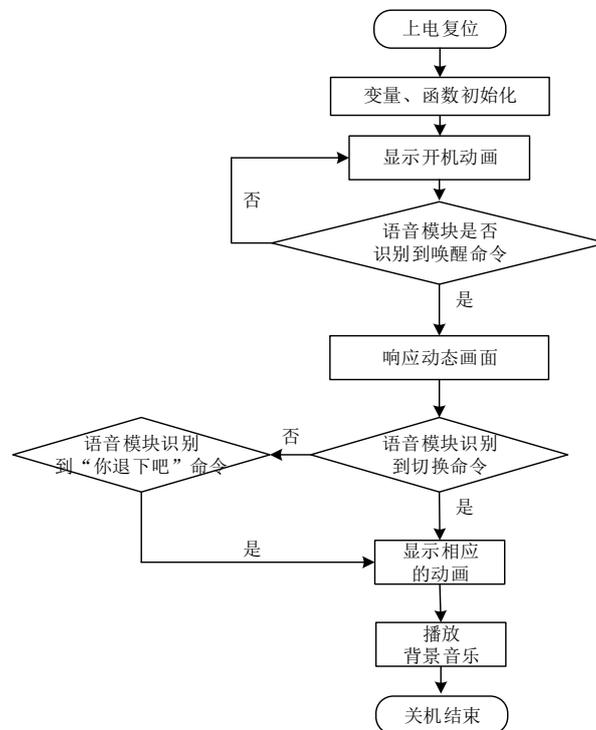


图 10 系统软件设计流程图

### 3.2 系统软件结构

该系统软件源代码目录如图 11 所示。

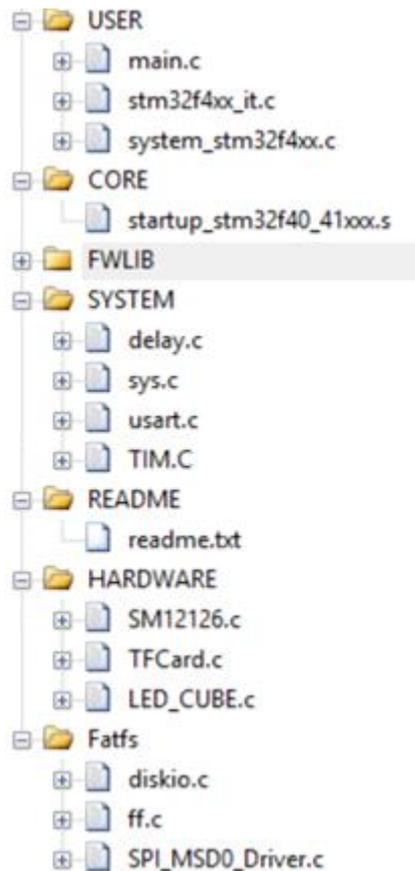


图 11 软件系统结构图

接下来结合具体的源文件来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，封装实现了 IO 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 IO 口寄存器等定义。sys.c 中封装了 IO 管脚的地址偏移；usart.c 中封装了串口模块；而 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 IIC 通信对 SM16126 寄存器进行操作，调用了底层的 IO 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，通过调用寄存器层的 IO 输入输出模块。

SPI\_MSDD0\_Driver.c 中封装了 SPI 总线驱动，调用了底层的 IO 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

应用层设计主要是面向用户并且负责处理具体事务。主要包括了显示系统，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()，它只负责启动任务模块。

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\_CUEB.h 中对所用管脚以及各全局变量进行了定义，如图 12。

```

/* 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

同时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。

```

//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

TFCard.c 中封装了 FATFs 文件系统调用的相关配置。通过基于 DMA 传输的 SPI 总线进行快速的对内存卡的扇区进行读写操作，同时该文件的头文件呢 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 系统来进行对文件的快速读写。先初始化 SPI 总线，然后挂载文件系统，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 faiLED : %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 IIC 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。具体实现过程为：(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 结束语

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的显示动画，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有如下优势：

- (1) 采用 LD3320 语音识别控制其工作，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，增强了三维视觉享受；
- (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，可多个光立方自由拼接，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。

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。

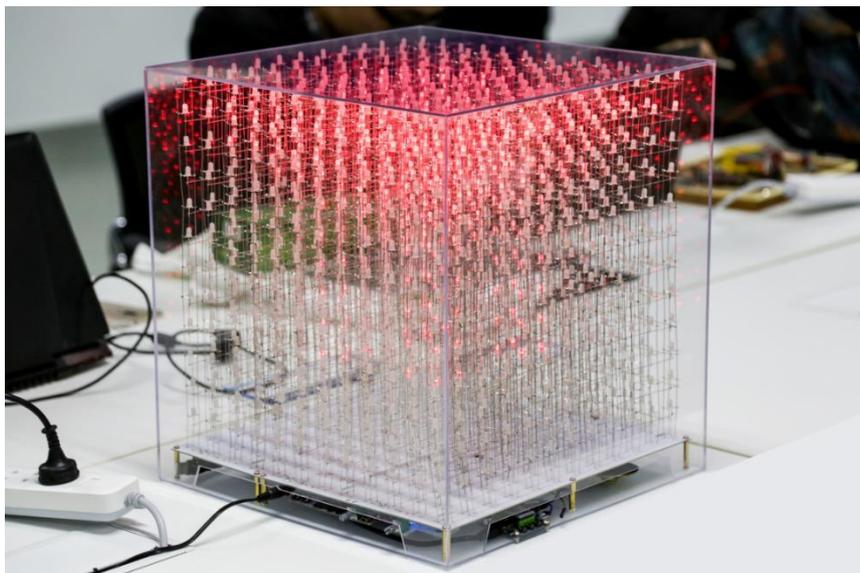


图 14 系统实现效果图

## 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(06):683-686.
- [3] 虞沧.基于单片机的光立方系统设计[J].电子测试,2015(06):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(02):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(03):268-270.
- [7] 汪倩颖,朱斌文,何娟娟,孙文学,董莉霞.基于单片机的光立方设计[J].机电信息,2018(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(06):43-45.
- [9] 王艳,陈姝君,李昂,王秀梅.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(02):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(05):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(05):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(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, 2: 48-49.