**I题可见光室内定位装置**

中国科学技术大学 刘泽 张士龙 张君宇

**摘要**

本装置以STM32单片机作为控制核心，实现了可见光室内定位和通信。LED驱动模块驱动三个白光LED发出白光作为信号源以及定位的标志点。测量模块利用OV7670，通过多点测试LED光点的像素位置和摄像头物理位置，利用线性插值的方法获得摄像头坐标。同时，利用光电二极管的特性设计可见光通信接收模块完成数字信息的可见光通信。单片机同时驱动LCD屏幕显示相应信息。本装置具有结构简单，制作成本低，控制精度较高，抗干扰能力强等优点。

关键词：室内定位技术,可见光通信，STM32，光电二极管

# 一、系统方案

本系统主要由LED模块、控制模块、测量模块、白光通信接收模块构成，下面分别论证这几个模块方案的选择。

## 1.1 LED驱动芯片的论证与选择

方案一：DD311。DD311是单一通道输出的LED恒流驱动器，内建电流镜与电流开关机制，有绝佳的恒流输出特性。并且通过控制端口可以控制其亮灭，开关速度极快，可以承载数字信号。

方案二：PT4205。PT4205是一款连续电感电流导通模式的降压恒流源，其调光端DIM适合模拟调光，在光通信中适合承载模拟信号。

由于器件的非线性性，模拟信号传输会失真，为实现精确的通信功能，我们选择了数字通信，因此选择了方案二。

## 1.2 MCU的论证与选择

方案一：STM32F4。STM32F4系列芯片是ST开发的一种高性能微控制器。主频高，代码执行效率与计算能力高，功能相当丰富，但操作相对复杂，与主流的STM32F103代码不兼容，且价格较高。

方案二：STM32F103。STM32F103系列芯片功能丰富，功耗低，主频72M有足够的速度执行代码和进行计算，代码编写更加容易，功能较为合适。

综合以上两种方案，选择方案二。

## 1.3 测量系统的论证与选择

方案一：利用接收信号强度(RSS)定位技术，根据接收信号强度 RSS 和传播距离之间的关系，利用三边定位模型，从而计算出距离。RSS定位技术不需要进行时间同步，易于实现，但是容易受干扰且精度不高。

方案二：利用AOA 算法，在参考节点处发射出信号，在待定位节点处测量接收信号的到达角来进行定位，和RSS定位算法一样，AOA 算法也无需信号源及接收器之间进行时间上的同步，且精度高。但在射频信号传输中，需要在接收器端安装定向天线，才能得到接收信号的到达角，设备较多且操作复杂。

方案三：利用OV7670模块，对装置顶部进行拍照，通过图像处理技术，获取LED光点位置，通过多点测试LED光点的像素位置和摄像头物理位置，利用线性插值的方法获得摄像头坐标，精度高，算法相对简单。

综合比较以上三种方案，本系统采用方案三。

## 1.4 白光通信接收模块的论证与选择

方案一：光电管处于光伏模式（零偏置），即直接串联电阻与光电三极管，利用光电三极管在不同光强下阻值的不同，从而将光强变化转化为分压的变化。但因为三极管本身存在电容效应，在光强变化时，电压波形边沿较长，不适合感知高频信号。

方案二：使用运放将光电管反向偏置，使其工作在光导模式，外加偏压使得光电管耗尽区的宽度增大，结电容变小，响应度趋向直线，适合感知高频信号。

考虑到要传输三路音频，信道速率较高，因此选择方案二。

# 二、系统理论分析与计算

## 2.1 定位方法

利用OV7670模块，对装置顶部拍照，得到240\*320像素的图片，通过单片机进行处理得到LED中心在图片上的像素位置。由于照相机成像是镜像的，所以led中心的像素位置是与摄像头的物理位置成近似的线性关系。

将摄像头关于x，y方向作间隔5cm的led像素位置测量，形成数组存入程序中，对于测量点之间的值，进行线性插值处理，例如对x坐标，有

其中是当前测得的像素位置，、是当前像素位置的上下界值，对于y坐标的测量同理。这样可以已较高的精度得到坐标值，是可以满足题目要求的误差绝对值3cm以内的要求的。

## 2.2 信号发送与接收方法

### 2.2.1 信号发送

利用DD311驱动led，将单片机USART连接在芯片使能端口，8位数据位中的高低控制led的亮灭，从而将要传输的信息发送出去。

### 2.2.2 信号接收

利用反向偏置的光电管感知光强变化，并转化为电压波形，之后经过电压跟随电路隔离前后级，在进行合适的直流偏置并放大交流成分后经过电压比较器，恢复出USART传输的数字信号，并传输给接收端单片机。

## 2.3 抗干扰方法

### 2.3.1 三个白光LED 之间的相互干扰

1、摄像头拍照定位时的干扰

当两个LED相靠太近时，摄像头拍下的照片两个LED位置的光块会重合导致没办法准确分辨LED中心位置，解决方法是合理调整LED的位置，使拍得的照片中不同光块可以明显分开。

2、白光通信的干扰

为消除环境光的干扰，在功率要求内尽量的提高了led的亮度，在三路音频传输中，用单片机控制三个USART口分时传输，实现三路信号互不干扰。

### 2.3.2 环境光的干扰

针对环境光的干扰，合理的解决方法是保证装置需要遮挡的各面不透光。

### 2.3.3 长距离传输信号线之间的干扰

由于测量装置在装置外而传感器在设备里面，所以信号线至少需要80cm长，线间干扰以及线号线上的衰减会使各设备的控制产生困难，数据传输产生错误，为了解决这个问题，可以使用以下方法：时钟线以及白光通信接收端最后经比较器得到的信号等重要信号利用SMA天线进行传输，而其它数据线以及电源线等通过软排线传输。

## 2.4误差分析

摄像头的摆放角度发生改变导致拍得的相片上LED灯的相对位置发生改变，产生误差

# 三、电路与程序设计

## 3.1 电路的设计

### 3.1.1 系统总体框图

系统总体框图如图2所示

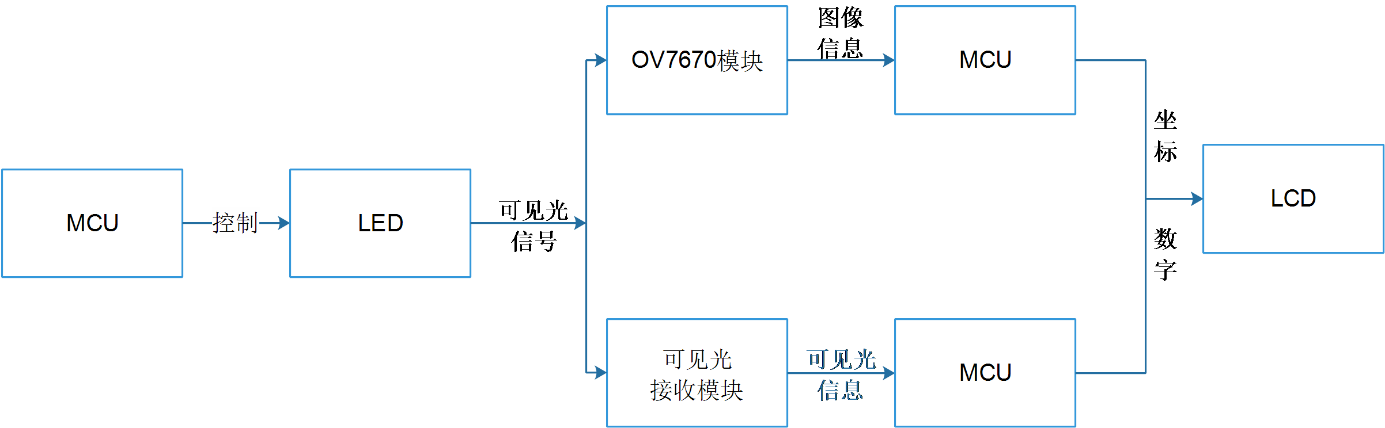


图1 系统总体框图

### 3.1.2 子系统框图与电路原理图

1. 可见光通信接收电路

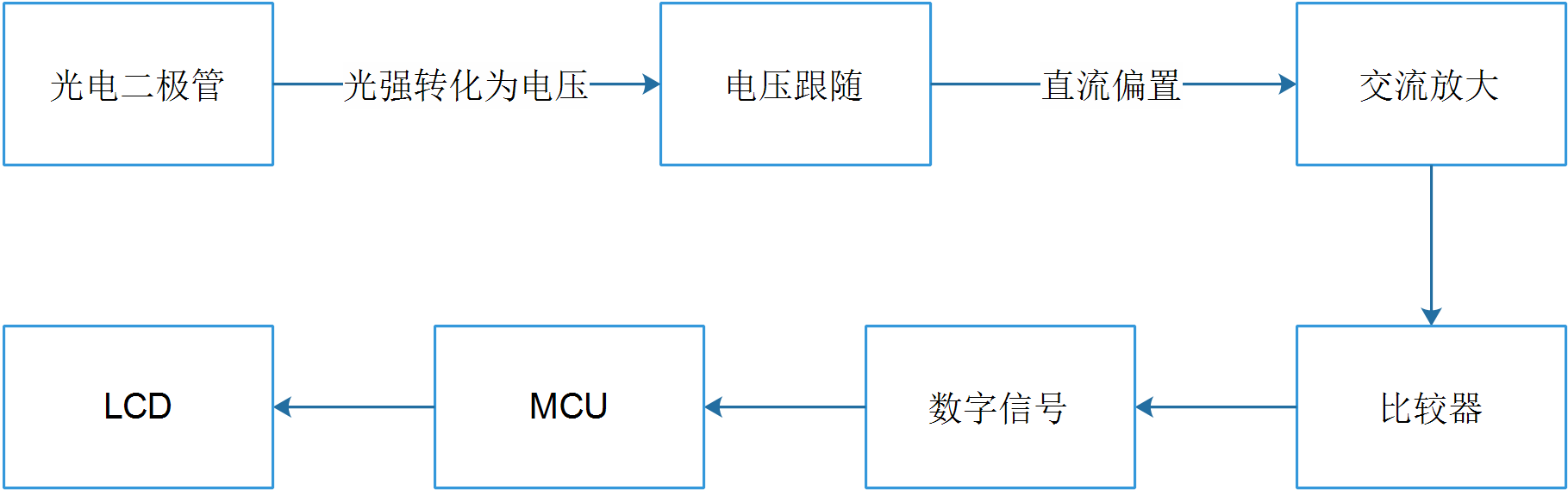


图2 可见光通信接收电路

2、电源降压模块

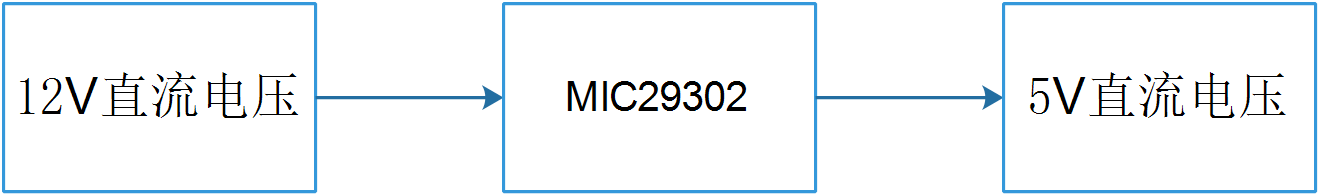


图3 电源降压模块

## 3.2 程序的设计

### 3.2.1 程序功能描述与设计思路

定位功能的程序实现为摄像头进行摄影，程序读取摄像头寄存器的像素信息并把图像显示在LCD屏幕上，在读取数据的过程中，读取高亮的像素点位置（像素值为0xffff），分区块的对区域内的高亮元素做坐标平均，得到图像中LED灯的中心位置，再将已经测好的标准像素位置的数组与中心像素位置做线性插值，得到摄像头的物理位置。

可见光通信的程序实现为发射端利用Uart协议控制led灯的亮暗，在接收端接受Uart信号后，控制显示屏输出数值。

### 3.2.2 程序流程图

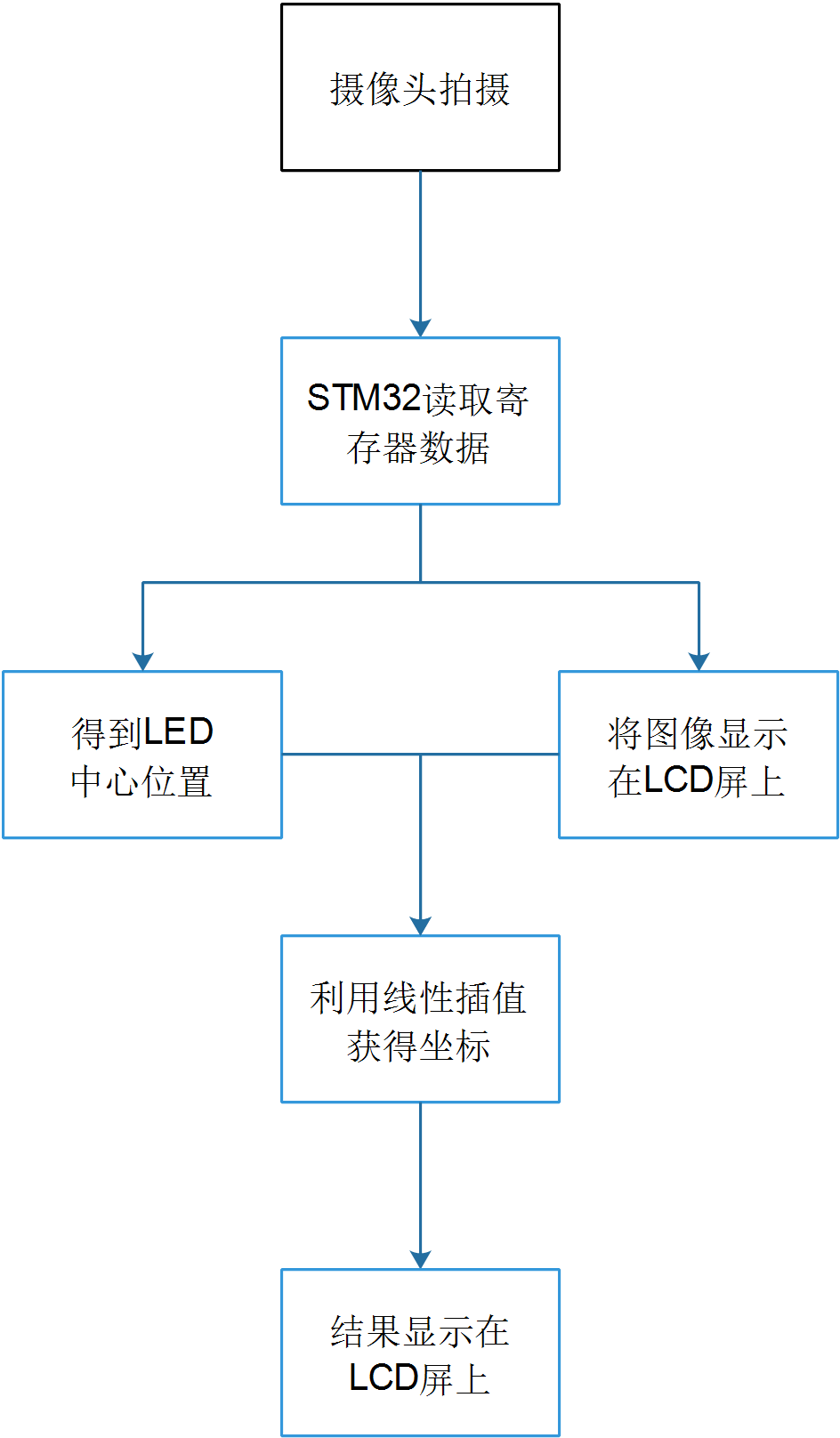


图4 定位软件流程图

# 四、测试方案与测试结果

## 4.1 测试方案

### 4.1.1 可见光室内定位测试方案

在底部的坐标纸上随机选取10个格点进行测试，记录测量值并与理论值进行分析比较。

### 4.1.2 可见光通信测试方案

由键盘输入9个阿拉伯数字，然后观察LCD屏幕显示的数字，进行对比。

## 4.2 测试条件与仪器

### 4.2.1 测试条件

关闭照明灯，打开窗帘，自然采光，避免阳光直射。

### 4.2.2 测试仪器

Gwinstek GPD-3303S(线性直流电源）、Keysight 34450A(高精度的数字毫伏表)

## 4.3 测试结果及分析

### 4.3.1 测试结果

1、可见光室内定位测试结果（单位：厘米）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0.0 | 5.0 | 15.0 | 20.0 | 25.0 | 30.0 | -10.0 | -15.0 |
|  | 0.0 | 10.0 | -5.0 | 20.0 | 10.0 | 35.0 | 20.0 | 25.0 |
|  | 0.0 | 4.4 | 15.6 | 18.2 | 23.4 | 31.2 | -8.9 | -13.5 |
|  | 0.1 | 11.5 | -4.2 | 19.5 | 9.7 | 37.5 | 19.6 | 23.2 |
|  | 0.0 | 0.6 | 0.6 | 1.8 | 2.6 | 1.2 | 1.1 | 1.5 |
|  | 0.1 | 1.5 | 0.8 | 0.5 | 0.3 | 2.5 | 0.4 | 1.8 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | -15.0 | -25 | 0.0 | -20.0 | -35.0 | -30.0 | -5.0 | -5 |
|  | -15.0 | 10.0 | -5.0 | -25.0 | -10.0 | -35.0 | 35.0 | 0 |
|  | -16.2 | -24.8 | 0.1 | -19.8 | -36.5 | -29.2 | -4.9 | -5.3 |
|  | -14.2 | 9.6 | -5.0 | -26.3 | -9.7 | -34.5 | 36.8 | 0.0 |
|  | 1.2 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 1.5 | 0.8 | 0.1 | 0.3 |
|  | 0.8 | 0.4 | 0.0 | 1.3 | 0.3 | 0.5 | 1.8 | 0.0 |

2、可见光通信测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 发送 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 接收 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

3、 供电与功率测试结果

供电电压为： 12V

输出电流为： 0.301A

功率为： 3.612W

### 4.3.2 测试分析与结论

根据上述测试数据，与实际数据进行比较，由此可以得出以下结论:

1、成功实现了可见光室内定位，且误差控制在3cm以内。

2、成功实现了通过可见光通信传输阿拉伯数字，准确率高。

3、实现了LED 控制电路采用+12V单电源供电，供电功率不大于 5W

综上所述，本设计达到设计要求。

# 五、参考文献

[1] 童诗白,华程英.模拟电子技术基础（第四版）[M].北京:高等教育出版社,2009.

[2] 阎石.数字电子技术基础（第五版）[M].北京:高等教育出版社,2009.[3]黄智伟,王彦,陈文光等.全国大学生电子设计竞赛训练教程[M].北京:电子工业出版社,2007.

[3] 高吉祥,唐朝京.全国大学生电子设计竞赛培训系列教程（电子仪器仪表设计）[M].北京:电子工业出版社,2007.

[4] 谭浩强.C语言程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2012

# 附录1：电路原理图

# C:\Users\john\AppData\Roaming\Tencent\Users\798782613\QQ\WinTemp\RichOle\K~~IO6MLS[A0VGBY%F{QXEF.png

图5 LED驱动电路

![C:\Users\john\AppData\Roaming\Tencent\Users\798782613\QQ\WinTemp\RichOle\)T@5X8FV7](1C2RT3$H3RNL.png](data:image/png;base64,)

图6 可见光通信接收端

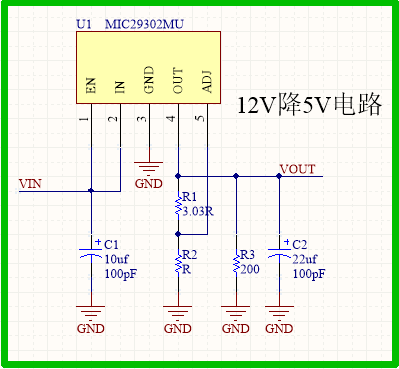


图7 12