



北京航空航天大学
B E I H A N G U N I V E R S I T Y

**第二十四届“冯如杯”学生
学术科技作品竞赛**

反馈 3D 图像的遥控探测车

摘要

3D 显示技术的关键，就是让人的左右眼分别接收到有视差的图像，然后经过大脑对图像信息的处理，构成一个具有立体效果的图像。为了使双眼所需要的图像出现在同一个地方，同时易于分离，提出如下设计。将两台相同尺寸的，具有相同偏振方向的 LED 显示器成 90° 角摆放于同一平面；在两台显示器的角平分线处放置一块半透半反玻璃。这时其中一块显示器在半透半反玻璃中因反射所成的虚像恰好与另一块显示器重合，而其偏振方向因经过玻璃的反射而发生了转变。另一方面，构建一个可以自由移动的遥控车，车上通过一个二自由度舵机连接一个平台，平台上设置两个间距约等于人的瞳距的 Wi-Fi 摄像头，两摄像头可对称转动，以模仿人的双眼。这样，我们就可以通过控制车的移动、平台的旋转和俯仰、摄像头的微调来模仿人类的观察行为。将两摄像头分别与上文所述两台 LED 显示器相连，人在半透半反玻璃一侧佩戴对应的偏振眼镜，并观察其中一个显示器，即可获得有视差的 3D 图像。

关键词：3D 显示，偏振光，LED 显示屏，仿生学

Abstract

The key technology of 3D display is that people's right and left eyes can receive parallax images. Then the brain processes the image information to form a three-dimensional image. In order to make the required images of each eye appear at the same place and the same time while easily to be separated from each other, we make the following design. We place two LED displays which have the same size and polarization direction in a 90° angle, and then placed a half transmission half reflection glass on the angle bisector of two monitors. At this time the virtual image of one display coincides with another piece of the display, but the polarization direction changes. On the other hand, we build a remote control car that can move freely. There were two Wi-Fi camera on this RC car just like people's eyes. Then we can control the vehicle to move, rotate, tilt as well as fine tune the camera platform to mimic the behavior of human observation. We connect the two cameras with the two LED displays, and wear polarized glasses to observe one of the display. We can see the 3D image.

Keyword: 3D display, Polarized light, LED display, Bionics

目录

摘要	i
Abstract.....	i
一、引言.....	1
二、作品背景及创意来源.....	1
2.1 3D 显示.....	1
2.2 车载机构.....	2
三、系统组成.....	3
四、项目简介.....	5
4.1 3D 显示.....	5
4.1.1 LED 屏幕.....	5
4.1.2 半透半反玻璃.....	6
4.1.3 偏振眼镜.....	6
4.2 车体结构.....	9
4.2.1 小车整体结构概述.....	9
4.2.2 行进控制部分.....	10
4.2.3 姿态控制部分.....	11
4.2.4 信息采集部分.....	12
4.2.5 手机控制部分.....	13
4.2.6 MCU 控制部分	13
五、作品优势和应用方向.....	14
5.1、相对于其他同类设备的优势.....	14
5.1.1 3D 显示方面.....	14
5.1.2 整体功能.....	14
5.2 应用方向.....	14
六、参考文献.....	15

图表目录

图 1	迈克尔逊干涉原理图.....	2
图 2	本项目光路图.....	2
图 3	在两个屏幕上分别播放 3D 电影的左右两眼的片源.....	3
图 4	透过半透半反玻璃看其中一块屏幕，有明显的视差.....	4
图 5	在两个屏幕上分别播放 3D 电影的左右两眼的片源.....	5
图 6	透过半透半反玻璃看其中一块屏幕，有明显的视差.....	6
图 7	左眼不可见屏幕而右眼可见.....	7
图 8	右眼可见屏幕而左眼可见镜子中的像.....	8
图 9	左眼不可见屏幕却可见镜子中的像.....	8
图 10	右眼可见屏幕却不可见镜子中的像.....	9
图 11	小车整体结构.....	10
图 12	减速电机.....	10
图 13	车轮示意图.....	10
图 14	小车“抬头”	11
图 15	水平旋转舵机和俯仰舵机.....	11
图 16	两摄像头.....	12
图 17	齿轮传动结构.....	12
图 18	手机控制端界面.....	13
图 19	搭载 STC89C52 芯片的单片机.....	14

一、引言

3D 技术从产生至今，已经广泛的应用于各个领域，在部分专业行业的应用，更是已经十分成熟。在工业领域，3D 技术可以用于过程控制、数值模拟、CAD/CAM 设计、危险产品生产安装等各个方面，带来前所未有的逼真视觉效果；在医疗卫生领域，3D 技术在内窥镜图像显示、眼科疾病诊断、MRI、CT、B 超成像、手术模拟以及虚拟医院等方面同样具有十分重要的应用前景，日本东京慈惠会医科大学的高维医学成像研究所，更是研制了一套虚拟 3D 人体解剖图系统，大大提高了手术成功率。在建筑、军事、娱乐等领域，3D 技术同样有着广泛的应用，创造了可观的价值。

可见，3D 显示凭借其逼真的显示效果和生动立体的视觉体验，正在一步步取代传统的 2D 显示方式，逐渐走进现代人们的生活、科研领域。但是 3D 摄影与成像技术，却从来没有被应用到探测机器上。小到管道机器人，大道嫦娥三号、“机遇号”火星探测器，都没有搭载 3D 摄像机。2011 年，NASA 决定放弃在火星探测车上装置 3D 摄影机计划。这个决定虽然令 3D 探测车的诞生延期，但是却在一定程度上指出了探测机器的一个发展方向。相比于 2D 显示，3D 显示在距离，角度等细节上，有着更加形象的体现，可以帮助观察者更加准确、清晰的认识现场信息，这决定了 3D 摄影必将成为未来探测器的一个发展趋势和方向。

二、作品背景及创意来源

2.1 3D 显示

如今，3D 技术已经被广泛地应用于各行各业。生活中，人们可以通过各种方式来体验 3D 技术的效果。实现方式也是多种多样。有偏振光 3D，有 120Hz 主动快门 3D 等等。当前的 3D 电影所应用的技术，就是用两个镜头按照人眼的位置安放，拍摄景物的双视点图像，再通过两台放映机把两个图像同步放映，在放映机和人眼之前都加上相应的偏振片，利用偏振消光技术使左眼只接收左机的图像，右眼只接收右机图像，形成视差，从而达到 3D 效果。

然而，电影院的设备不是能在家里使用的，NVIDIA 公司的 120Hz 主动快门 3D 也会由于快速闪动给眼睛造成不适。我们希望能用更简单的方法，制造出更细腻的 3D 显

示效果。借鉴迈克尔逊干涉的实验原理(如图 1),通过半透半反镜,令发出反射光的虚像与镜子后的实相重合,这样不就可以相当于空间中的一个点发出两种不同的光了吗^[1]? 虽然不是真的发出了光,但是在观察者的角度来看就是这样的。如此,就可以用普通的显示器,一块半透半反玻璃,观察者带上偏振眼睛,就可以看到 3D 效果(如图 2)。

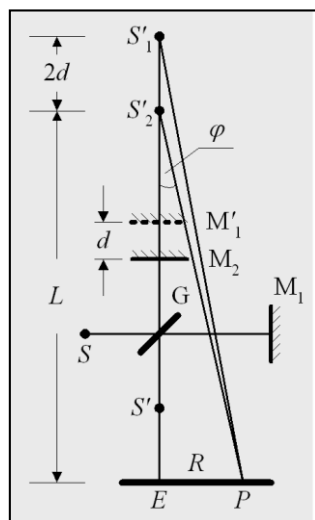


图 1 迈克尔逊干涉原理图

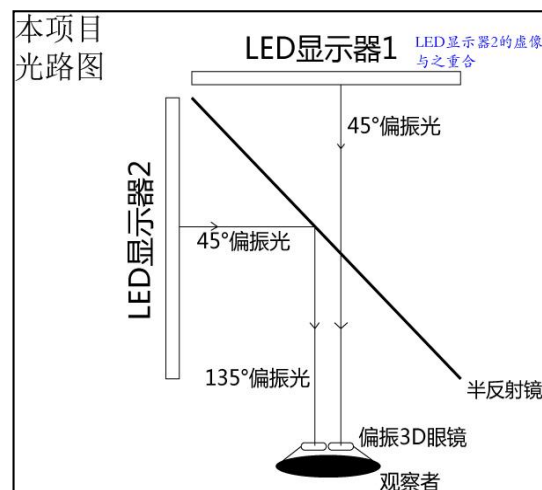


图 2 本目光路图

2.2 车载机构

上述的 3D 显示结构,已经可以实现基本的观看 3D 电影或运行 3D 游戏的功能。然而,我们并不只满足于将此种 3D 显示方式仅仅应用于娱乐。正如上文所述,目前还没有过搭载 3D 摄影机的探测器,而人们最习惯的观测方式,无非是身临其境,亲自勘察。

我们以遥控车为载体,通过车的移动、多个舵机及齿轮的相互配合,来模仿人的步行、转向、俯仰、双目对焦等行为,在遥控车上安置两个 Wi-Fi 摄像头,并分别与两 LED 显示器相连,同步传输图像(如图)。这样,观察者坐在显示器前,就可如身体力行,亲临现场般地感受现场环境状况。

三、系统组成



图 3 在两个屏幕上分别播放 3D 电影的左右两眼的片源

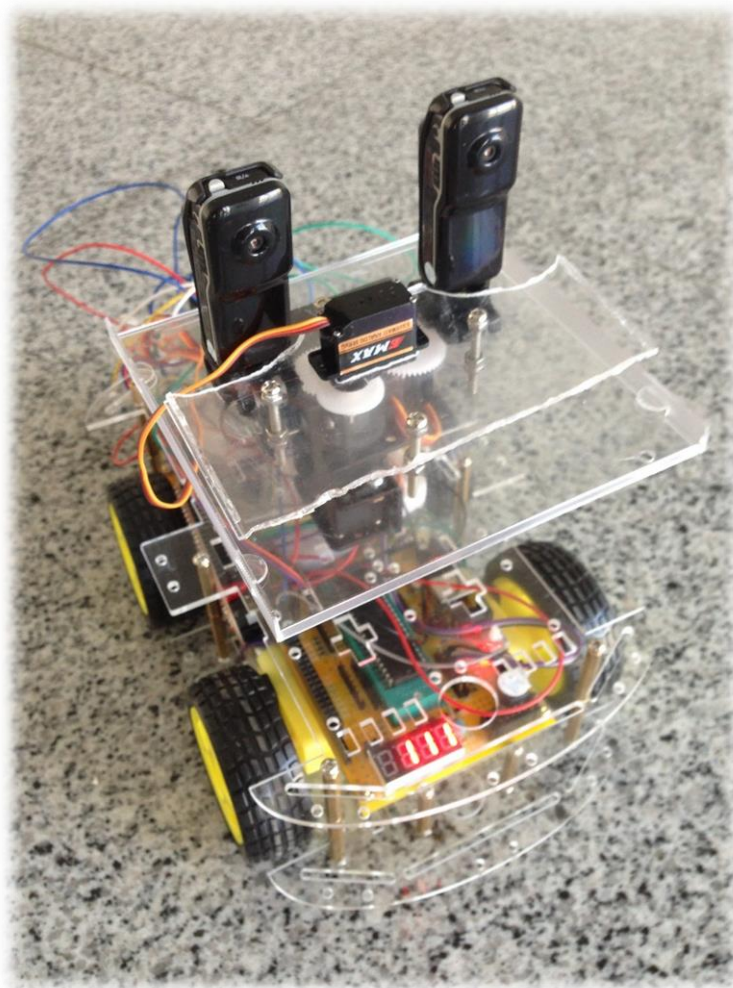


图 4 透过半透半反玻璃看其中一块屏幕，有明显的视差

系统的整体构成如图 3、图 4 所示。一个可以自由移动并调节各种姿势的遥控车（如图 4），车上的两个 Wi-Fi 摄像头相当于人的双眼，通过齿轮和舵机的作用，可以根据所观察物体的距离对称地转过相同的角度。

将两个摄像头分别与图 3 所示的两台笔记本电脑相连，同步传输拍摄到的视频信号。这样观察者在半透半反玻璃的一侧，佩戴偏振眼镜观察其中一块屏幕，就可以看到遥控车反馈回来的 3D 视频信息。

四、项目简介

4.1 3D 显示

4.1.1 LED 屏幕

要显示器屏幕产生单一方向的偏振光本可以通过在屏幕表面粘贴偏振膜来实现，鉴于本项目采用的是 LED 屏，而且 LED 屏在笔记本电脑使用的最为广泛，故现只讨论 LED 屏的情况。对于其他类型的屏幕，由于每种原理的屏幕原理并不一样，难以展开讨论。给出一般性概括，使用了 TN 面板的屏幕就可以使用本文中的方式实现 3D 显示^[2]。显示器的背光光源有 LED 和 CCFL（冷阴极荧光灯管）两种，现在由于 LED 环保，能耗低，得到更广泛的应用。关键是显示器的面板，只要是 TN 面板就可以使用这个技术。TN 面板的全称是 Twisted Nematic，扭曲向列型面板。

我们观察了周围同学的笔记本电脑显示器，发现几乎都是 TN 型面板。经过反复的实验，我们发现每个 TN 面板的显示器都是严格的 45° 偏振光，而且偏振光线纯度非常高。经过测试，当检偏器与偏振方向垂直时看到屏幕的效果几乎是全黑。所以不需要再在显示器外加线偏振膜，出来的就是高纯度的线偏振光，而且偏振方向都是高度一致。这样有一个非常大的好处，就是在其中一个显示器的光经过反射之后的偏振方向是镜像变化。如图 2 中所示，LED 显示器 2 发出的 45° 偏振光的偏振方向在反射之后变成了竖直轴对称的 135° ，而 135° 恰好与 45° 垂直，也就是与 LED 显示器 1 发出的光的偏振方向垂直^[3]。这样一来让左眼右眼的偏振片偏振方向分别是 135° 和 45° ，就可以让左眼只看到 LED 显示器 1 的图像，右眼只看到 LED 显示器 2 的图像了。这样还有一个很大的好处，就是在生产过程不用区分左眼屏幕和右眼屏幕。全部按照 45° 的偏振角生产就可以了。



图 5 在两个屏幕上分别播放 3D 电影的
左右两眼的片源

4.1.2 半透半反玻璃

图 2 中的半透半反镜是一个关键器件,也是这个系统最大的创新地方。正是由于有了这个半透半反镜,我们就可以在 LED 显示器 1 的位置上同时看到两个显示器所发出的图像。调整也非常方便。其实两个显示器并不用严格摆成 90° 的夹角,只要不影响视角误差 20° 以内都是可以的。而要把半透半反镜放到角平分线上也非常简单。摆好屏幕以后,先目测一下半透半反镜的位置,大致放在角平分线上,然后在观

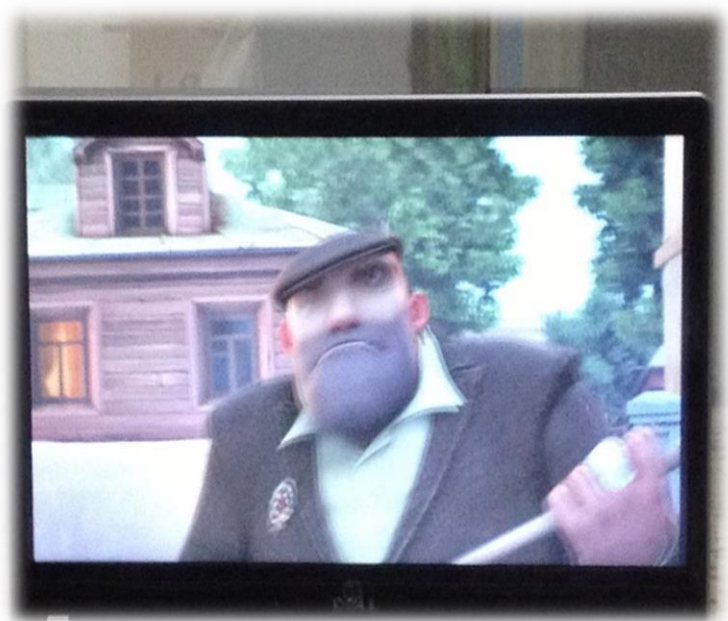


图 6 透过半透半反玻璃看其中一块屏幕,有明显的视差

测位置上戴上眼镜,先睁开右眼看 LED 显示器 1 的位置,然后睁开左眼看 LED 显示器 2 边框是不是与 LED 显示器 1 重合就可以了。如果以后做成独立的显示设备的话,角度固定一次之后就不用调了。同时,这还有一个很大的好处,就是虚像的位置不会随着视角的改变而改变,也就是说我们在观看的时候只要能同时看到两个屏幕,随便哪个角度都可以。关于半透半反的玻璃,理想参数是 $T/R=5:5$ (透射光强度/反射光强度),对于 14 寸的屏幕来说长 400mm,宽 250mm 就够了。厚度在保证 TR 比的情况下越薄越好,这样可以避免前后两个面反射重影带来的影响。无色玻璃最佳。

4.1.3 偏振眼镜

这个偏振眼镜用最普通的 3D 偏振眼镜就可以了。偏振方向分别是 45° 和 135° 。左右其实无所谓,因为电脑的输出可以根据眼镜左右来改设置。以现在的工艺,这种精度要求的偏振眼镜,质量好一些的成本也只有几块钱而已。效果如图 7-图 10 所示。图中是一台普通的笔记本电脑,屏幕左边与之垂直放置一面普通的镜子。显示器发出的光偏振方向是 45° ,镜子中的像发出的光偏振方向是 135° 。而图中的 3D 眼镜右眼镜片偏振方向是 45° ,左眼镜片偏振方向是 135° ,那么,因为线偏振光是不能通过偏振方

向与之垂直的偏振片的，所以通过两个镜片分别观察显示器和镜子中的像就会有不同的效果。由于拍摄角度的关系，不能很好地反应真实效果，实际观察的效果是通过右眼镜片只能看到实际的电脑屏幕，而看镜子中的电脑屏幕是黑的；通过左眼镜片只能看到镜子中的电脑屏幕，而实际的电脑屏幕是黑的。



图 7 左眼不可见屏幕而右眼可见

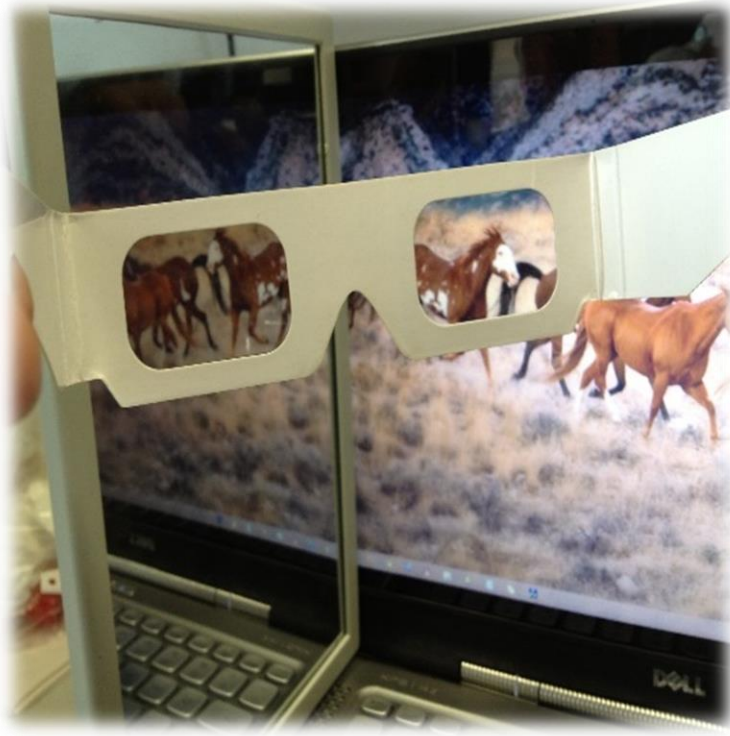


图 8 右眼可见屏幕而左眼可见镜子中的像



图 9 左眼不可见屏幕却可见镜子中的像



图 10 右眼可见屏幕却不可见镜子中的像

4.2 车体结构

4.2.1 小车整体结构概述

小车整体可分为以下五个部分：行进控制部分、姿态控制部分、信息采集部分、手机控制部分和 MCU 控制部分。行进控制部分由四个小车车轮组成，通过四个车轮不同方向的转动实现小车的前进、后退、左拐和右拐；姿态控制部分位于小车的顶端，由控制水平旋转的舵机以及控制俯仰的舵机构成，通过舵机驱动齿轮可实现两摄像头对不同方位不同物体的拍摄；信息采集部分主要由两个无线摄像头构成，用于图像信号的收集；手机控制部分用于向小车发送各种命令，操作者的指令主要在手机端完成；MCU 控制部分将手机端发送过来的命令进行整合处理，并发送给小车。

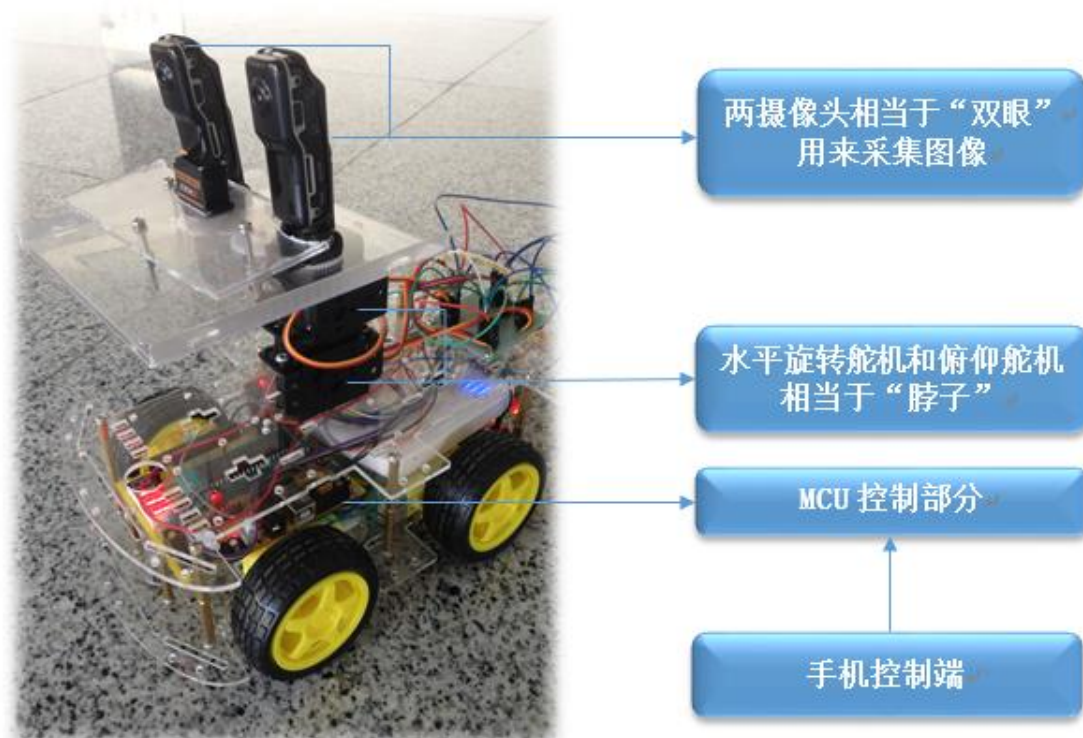


图 11 小车整体结构

4.2.2 行进控制部分

4.2.2.1 功能概述

该部分是是所有智能小车不可或缺的一部分，用户通过控制四个车轮进行不同方向的旋转，从而可以使小车进行前进、后退、左拐、右拐，到达指定的目的地进行拍摄。



图 12 减速电机

4.2.2.2 实现方案

小车车轮的驱动主要由四个减速电机完成，直接将四个减速电机固定在一块亚克力板上，再将其与配套四个车轮搭接在一起，结构上很简单，便与制作。单片机传来的信号通过双 L293D 驱动模块便可驱动减速电机。关于减速直流电机，我们选用了 48:1 的减速比，



图 13 车轮示意图

在 7.2V 电池供电情况下，行进速度大约是 0.65M/S。这个速度完全可以达到我们的要求，当然提高驱动电压就能提高其速度，不过电机工作电压一般在 5-10V 之间。采用四个减速直流电机控制，转弯灵活，方向性好，四驱动，马力十足。

4.2.3 姿态控制部分

4.2.3.1 功能概述

如果将两个摄像头比做人的两个眼睛的话，那么姿态控制部分则是用来控制眼睛看什么、往哪里看。姿态控制部分实现的功能有三：一是水平方向的旋转，实现左右“扭头”的功能；二是进行竖直方向的俯仰，实现“低头”、“抬头”的功能；这两部分合起来的作用相当于人的“脖子”，实现控制“眼睛”往哪里看的功能。第三个功能则是控制“双眼”的相对旋转，根据所看目标与“双眼”距离的不同来控制“双眼”的夹角，从而实现“对焦”的功能。

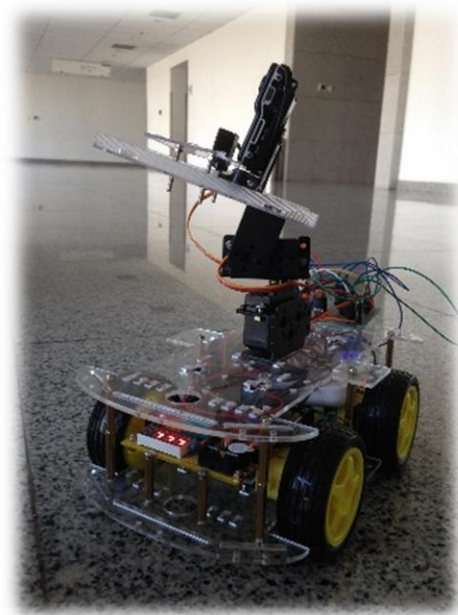


图 14 小车“抬头”

4.2.3.2 实现方案

上面所提到的三个功能主要由舵机来完成。首先在小车上安装一个控制水平方向旋转的舵机，再在其顶端搭接一个控制俯仰的舵机，这两个舵机配合工作，便可实现“脖子”的功能。在俯仰舵机的顶端安装一个平台，平台上装有四个齿轮，通过一个微型舵机带动齿轮旋转，使得两摄像头相对称旋转，实现“对焦”的功能。

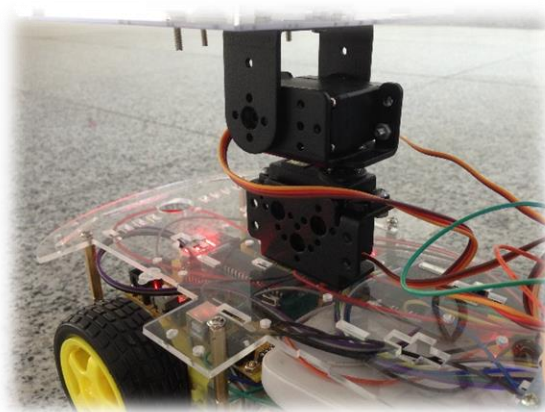


图 15 水平旋转舵机和俯仰舵机

4.2.4 信息采集部分

4.2.4.1 功能概述

该部分由两个无线摄像头构成，两个摄像头相当于人的两只眼睛，用来进行图像信息的采集。每个摄像头分别将采集到的图像传输给 3D 显示部分，经过 3D 显示装置的处理，最终显示出 3D 图像。

4.2.4.2 实现方案

上面提到了装有四个齿轮的平台，将两个摄像头分别固定到两个齿轮上，齿轮转动便可以带动两个摄像头转动。两个摄像头分别将采集到的信息经过 wifi 传输给两台电脑，便实现了图像信息采集的功能。



图 16 两摄像头

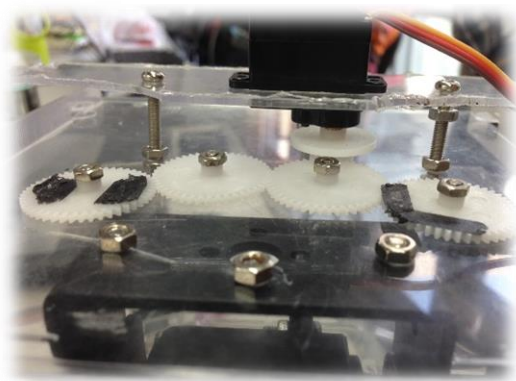


图 17 齿轮传动结构

4.2.5 手机控制部分

4.2.5.1 功能概述

手机控制部分用来向小车发送各种指令，用户通过手机发送指令，可以远程遥控小车的行进，让小车到达指定地点；也可以控制不同舵机，使之完成旋转、俯仰等动作，让小车拍摄制定目标，并进行对焦。

4.2.5.2 实现方案

首先根据所需的各项功能，将各个功能分别定义，编写一个安卓 app，在手机端完成安装，通过蓝牙模块与 MCU 控制部分进行通信。通过手机控制，将指令信息发送给 MCU 控制部分，经 MCU 处理后，将指令信息分别传送给相应的模块，使之完成相应的功能。选用手机作为控制端，方便灵活，且不需要额外开发控制部分，节省物力财力。



图 18 手机控制端界面

4.2.6 MCU 控制部分

4.2.6.1 功能概述

用户在发送控制指令过程中，将产生许多需要处理的信息，比如控制四个车轮不同方向旋转的信号、控制舵机转动、俯仰的信号等等，这些信号都通过蓝牙模块传送给单片机进行处理。通过编程，控制单片机高效地处理这些信息，是提高操作效率和用户体验的重要前提。

4.2.6.2 实施方案

该部分采用 STC89C52 芯片，通过编程，实现对蓝牙模块信号的接收处理，并输出相应的信号控制减速电机的转动和舵机动作的完成。手机控制端每发送一个指令，接收端的蓝牙模块便输出相应的高低电平信号，通过编程，将处理后的信号传送给 L293D 模块便可实现对四个减速电机的驱动；另一方面，将单片机输出的 PWM 波传送给舵机便可实现对舵机的控制。

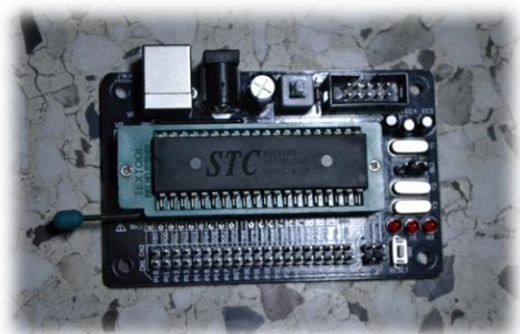


图 19 搭载 STC89C52 芯片的单片机

五、作品优势和应用方向

5.1、相对于其他同类设备的优势

5.1.1 3D 显示方面

- 1) 相对于红蓝 3D，本作品的颜色展现更加丰富全面，可以准确的显示出每一种颜色，体现出相近颜色间的细微差别。
- 2) 相对于电影院常用投影仪偏振 3D，本作品更易搭建，而且占用空间更小。
- 3) 相对于 120HZ 主动快门式 3D，本作品不会因为高频率的闪烁给眼睛带来不适感。
- 4) 相对于不闪式 3D，本作品并没有牺牲空间和清晰度换取 3D 显示效果，画面细腻清楚。

5.1.2 整体功能

探测车实现 3D 成像，操作者不但可以控制其移动、转向、俯仰角度，也可根据个人需要，对视野内的物体进行有选择的对焦，对于远近、角度等信息察觉更为清楚。

5.2 应用方向

- 1) 可应用于狭窄空间的探测，装上照明装置后，可以克服光线不足等困难环境条件。3D 成像可以让观察者更加真切的了解空间内情况。

2) 可应用于危险区域的探测, 可以对危险源观测得更加具体形象, 方便观察者更准确的估计潜在危险。

3) 可应用于外太空星体表面的探测, 对物体观察得更为细致, 大小、形状等信息表现得更为直观准确。

六、参考文献

[1] 钟锡华, 陈熙谋. 大学物理通用教程·光学[M]. 第 2 版. 北京大学出版社, 2011 年 5 月.

[2] Danniowoo. TN 面板[EB/OL]. [2013-4-18].
<http://baike.baidu.com/view/889111.htm>.

[3] 刘雨龙. 线偏振光反射特点分析[J]. 盐城工学院学报(自然科学版), 2006 年 12 月, 19(4).