附件3

**第十一届全国大学生光电设计竞赛**

**东北区赛**

**方案设计书**

**竞赛题目：1.**□ 酒精浓度的非接触测量

**2.**☑ “迷宫寻宝”光电智能小车

**3.**□ 创意设计类竞赛

**竞赛队名：**

|  |
| --- |
| **指导教师推荐理由：**（希望评委关注的亮点，言简意赅、切忌浮夸、否则会影响成绩、80字内） |
| **1、** |
| **2、** |
| **3、** |
| **4、** |
| **5、** |

**东北地区大学生光电设计竞赛委员会制**

二〇二三年四月

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 队长姓名 | |  | | | 学校 | |  | 学号 |  | 专业班级 |  | | |
| E-mail | | |  | | | | | | 手机 | | | |  |
| 合  作  者 | 姓名 | | 学号 | | | 专业、班级 | | | 所在学校 | | | | 联系方式 |
|  | |  | | |  | | |  | | | |  |
|  | |  | | |  | | |  | | | |  |
| 指导教师 | 姓名 | | | 学校 | | 所在院系 | | | 联系电话/手机 | | | E-mail | |
|  | | |  | |  | | |  | | |  | |
|  | | |  | |  | | |  | | |  | |
| 创  意  策  划  方  案 | 1. **作品实现方案**   在小组确定选题为“迷宫寻宝”光电智能小车后，小组成员基于题目进行了方案讨论，确定了以下作品实现方案。   * 1. **系统总体设计**   下图为总体设计方案的系统框图：    对于迷宫寻宝光电智能小车分为两个系统：分别为路径规划及目标识别系统和小车循迹运动电控部分。对于路径规划及目标识别系统，本项目采用了Jetson Nano B02上位机运行路径规划算法以及目标识别，并通过串口传输实时检测结果数据到下方单片机上；STM32F103RCT6单片机接收到信息后，发送指令控制车体，完成指定动作，并根据下方循迹光电传感器实时控制车体在迷宫中的位置，运动到指定地点。使用5V与7.4V两个电源，分别给Jetson Nano与单片机、小车底盘供电。   * 1. **视觉设计**   由于在本比赛中要求进行视觉识别和处理，故本车搭配了高分辨率摄像头，并通过jetson Nano B02上位机，执行一系列视觉算法以完成本次视觉任务。   * + 1. **藏宝图识别**  1. 任务分析   根据任务要求，小车需通过自带识图装置完成对给定藏宝图的自动识别，预期的结果为获得藏宝图中所标识的宝藏坐标，宝藏图为A4纸打印的固定正方形大小图片。通过分析我们发现，迷宫的地图以及宝藏的数量是固定的，而宝藏位置是随机分布的（不会放置在阻碍小车行进的地方）。由此可知，不同宝藏图的不同点只在于黑色圆点（宝藏）的位置不同，综上分析，我们构建了一套藏宝图的识别算法，以获取宝藏的点位。   1. 算法实现   我们使用基于python的opencv-python库进行代码编写，该库提供了大量的图像处理函数，方便使用者对图像进行分析处理。  第一个目标是获取藏宝图在相机捕获画面中的位置。我们首先将原始图像进行灰度化、二值化以及滤波去噪等操作，得到一个轮廓鲜明的样图如下：  图片包含 图形用户界面  描述已自动生成  随后进行轮廓检测并过滤，提取出四个定位点的坐标，以此坐标为基准对原始图像进行透视变换，以便随后的分析。这样就完成了对藏宝图图片的采集，固定透视尺寸为640\*640，如下：  s  第二个目标是获取宝藏在迷宫中的相对位置。接下来进行形态学操作，对细小的边框进行腐蚀，保留八个黑点，最后利用圆形轮廓检测，获得八个圆心位置。由于透视变换的形状固定，可以通过比例法，推算宝藏在原始迷宫中的相对位置，并发送出识别到的宝藏点位分布。将以上代码封装为函数等待调用。由此，藏宝图识别步骤完成。   * + 1. **宝藏检测**  1. 任务分析   根据任务要求，每场比赛双方各有 3 个与队色(蓝、红) 相近的多米诺骨牌己方宝藏，另有红、蓝各 1 个骨牌牌面有贴纸（具体参数由组委会在细则中给出）的伪宝藏。宝藏及伪宝藏的位置按藏宝图随机摆放、双色交错对称，即迷宫的上下左右四个象限区域内各放置 1 个红色和1 个蓝色宝藏。预期的结果是，对非本队宝藏与伪宝藏有效识别并规避。任务要求藏宝图样式图如下：  9abe86f7892500525a992a5ad6fab3e  本项目最终选择分步进行检测：首先对宝藏中心的几何图形贴纸进行检测；之后检测宝藏牌的颜色；最终综合确定宝藏的分类。综上分析，我们初步构建了一套宝藏检测算法，以实现对宝藏的区分。   1. 算法设计   我们使用基于python的opencv级联分类器，因为部署机器学习所需算力过于庞大，而这种分类模型具有速度快精度高的优势，用于分类简单图形效果拔群。分类器利用预训练的模型，可以获取识别到目标在图片中的位置。  第一个目标是训练分类器模型。首先收集绿色三角形与黄色圆形的图片，作为正样本数据；收集多米诺骨牌以及随机环境的图片，作为负样本数据。分别进行迭代训练，可以得到两个模型，它们分别存储了三角形与圆形的识别参数信息。经过测试，模型可以对三角形与圆形进行有效识别。  0fb2aacd79088a28249a84792aa2866  第二个目标是对颜色进行检测。得到图案位置后，进行区域性放大，即可获得整个宝藏牌的大致位置，利用opencv-python库中的函数，将宝藏牌区域的图形进行通道拆分，并匹配RGB阈值进行颜色筛选。选取符合蓝色与红色的阈值，即可完成对宝藏牌颜色的区分。  1687941206297  根据以上的算法即可判断宝藏类别，并执行相关动作指令（见下文）。至此，宝藏检测完成。   * 1. **运动算法设计**   本项目中，上位机需要控制小车进行一系列运动，以完成走迷宫、宝藏规避等运动任务，这就需要运动算法来完成这一过程。同样，本部分算法基于jetson Nano B02设计。   * + 1. **路径规划算法**  1. 初始处理   根据任务要求，小车需要通过一键式自主导航进行路线规划，禁止使用遥控或其他非光电技术的方式进行。通过分析，我们已经获得了宝藏在迷宫中的相对位置坐标，对于固定的迷宫地图，可以通过将迷宫进行仿真模拟，用数字0、1分别代表可移动路径与无法移动路径（迷宫墙壁），格式为20\*20的数组，如下：  1687859370075  据此，宝藏的点位便可具象为数组的某一位元素，将其设为中间点，设定起始点与结束点，可以规划出全程路径。综上分析，我们初步构建了一套路径规划算法，以实现对小车运动路径的全程规划。   1. 算法设计   经过综合考虑，我们采用A-star算法来进行迷宫路径规划。A\*算法（A-star algorithm）是一种常用于图形搜索和路径规划的启发式搜索算法。它是一种综合了广度优先搜索和贪婪最佳优先搜索的算法，能够有效地找到从起点到目标节点的最优路径。  A算法的基本原理是通过维护两个值来进行搜索：g值和h值。其中，g值表示从起点到当前节点的实际代价（即已经走过的路径长度），h值则是从当前节点到目标节点的估计代价（即启发式函数的值）。A算法通过综合考虑g值和h值来选择下一步要扩展的节点，以期望找到最优路径。A\*算法的效率高度依赖于启发式函数的选择。常用的启发式函数有曼哈顿距离、欧几里得距离等（如下图）。  1687860737336  对于本项目，使用全排列的方法枚举中间点的顺序，计算经过这些点的最短路径。此处调用藏宝图识别函数，获取返回的宝藏点位信息，并定位到地图中，之后运行寻路算法，预期返回结果是经过所有路径的点位与总路径长度。  至此，路径规划功能完成。   * + 1. **运动策划算法**   根据要求，上位机需要控制小车进行运动交互、自主避障等，该过程不可遥控，不可通过其他非光电的方式进行。  经过分析，上下位机通信通过串口收发来完成，上位机发送控制标志位，下位机接收后执行相关动作。对于整体运动策划，可大体分为两个部分：  第一部分为接收路径规划信息，并将其转换成运动策略。综合考虑，我们选择将路径规划信息进行转译，形成一个内容为前进、左转、右转三种标识数的数组。利用基于python的pyserial库，可实现上下位机的串口信息交互。上位机部分通过发送固定标志位，使下位机进入等待接收路径信息的状态。通过设定循环，依次发送数组内的所有标识数，并发送结束位标志。此时，下位机便接收到路径信息，自动开始寻迹行驶。  第二部分为宝藏交互避障。当识别到非本队宝藏或伪宝藏后，需要下位机执行规避动作。综合考虑，我们选择当识别到非目标宝藏后，通过串口发送标识数字，控制小车进行“掉头”，前往下一点位。  至此，运动策划完成。  **1.4. 底盘软件设计**  开机后，首先进行所有资源的初始化，分配资源；随后小车通过照相机对迷宫地图进行图像识别。利用Python的OpenCV库进行图像处理和分析，识别出迷宫的路径和宝藏位置等元素。接下来基于OpenCV库，使用最短路径算法对迷宫地图进行规划，确定从起点到终点的最短路径。规划完成后，地图的转向指令信息通过串口发送给单片机。单片机接收到转向指令信息后，将其储存在数组中，通过判断结束校验位，确定是否接收完所有指令。一旦所有指令信息接收完毕，小车开始行驶。在行驶过程中，小车利用寻迹模块进行沿黑线的行驶。寻迹模块通过读取巡线模块引脚的高低电平变化，判断哪个引脚位于黑线之上。根据当前的状态，小车进行姿态纠正，以保持在黑线上行驶。当小车遇到拐角路口、十字路口或T型路口时，单片机通过读取储存的转向指令数组，并根据指令进行相应的行动。这样，小车能够根据预先规划的路径自主地行驶，遵循指定的转向指令完成转弯、直行等动作。  （总体软件流程图如下）  qt_temp   * + 1. **运动控制设计**   1）主控芯片选择：使用核心板STM32F103RCT6作为主控芯片，因其具备强大的处理能力和丰富的外设接口，可实现高效的运动控制算法和数据处理。  2）驱动系统：迷宫小车的驱动系统通常采用直流减速电机来提供动力。每个电机都与主控板连接，并通过TB6612电机驱动芯片控制。确保电机驱动电路能够提供足够的电流和电压，以驱动电机正常运转；同时，对TB6612输入不同占空比的电压或脉冲宽度调制（PWM）信号，可实现对电机不同速度的控制。  3）转向控制：为实现小车的转向，可使用原地旋转的驱动方式：通过控制左右两侧的轮子的同速不同向转动，实现车辆的转向；同时利用单片机上算法和控制逻辑，可以实现准确的转向控制。  4）串口通信：在主控板STM32F103RCT6上配置多个串口接口，以便进行与Jeson Nano进行通信。使用USART作为串口通信接口，通过配置波特率、地址位等进行与上位机进行信息交互以实现自主寻迹行驶。   * + 1. **电路设计**   为了稳定连接核心板STM32F103RCT6与其他模块，本项目设计了专门的PCB板。PCB板在电路连接和信号传输方面起着重要的作用，目的是将各个模块的电路连接在一起，确保信号传输的可靠性和稳定性；其具有多个电路层和信号层，通过不同层之间的导线和连接孔，实现模块之间的电气连接，确保良好的信号完整性和电气性能。以下为本项目电路板连线绘制图以及PCB排布图：      **1.5. 硬件设计**  迷宫小车车身由多个组件构成，包括金属车底盘、四个带有霍尔传感器编码器的LA37D-221电机、STM32F103RCT6主控板搭配PCB板一套、Jetson Nano B02一个、摄像头一个以及两个电池组。为了确保车底盘的结构完整性，我们特制了符合车定位孔的PCB电路板，并将其安装在架高电路板上。在电路板的下方，我们安置了两个电池组作为电源。在PCB板子的上方，我们添加了一层金属板，以增加整体的稳定性。  Jetson Nano B02放置在上方金属板上。摄像头被放置在底层金属板靠前位置，以提供适合高度的视野，并结合车身的特定结构，使得识别宝藏变得更加便捷，同时也可避免因可能的碰撞而造成的损坏。通过摄像头和jetson Nano B02的协同工作，迷宫小车能够实时捕捉周围环境的图像，并利用先进的图像处理算法来识别宝藏的位置和特征。这种结构设计使得摄像头能够更好地感知宝藏，提高了迷宫小车的定位和导航能力。  迷宫小车的车身由一套车底盘构成，使用螺丝、螺母、螺栓等连接件来固定组件和车底盘，以保持稳定的结构。在设计时，要考虑连接件的强度和耐久性，以适应车辆在迷宫中的运动和振动。其余组件通过M3规格铜柱或M3螺丝、螺母进行连接固定。  特别的，对于上方不便固定的jetson Nano B02，本项目通过测量尺寸使用SolidWorks软件绘制出支架模型并进行打印，在确保固定稳固的前提下将其垫高，避免的可能因短路而引起的元件损坏。  对于连接线和接口，可以采用插头、插座、端子等形式，确保信号和电力的可靠传输。在设计时，要注意选择合适的连接线和接口，以确保稳定的连接和方便的组装。  **2. 作品达到效果**  通过对图像的识别，利用照相机和OpenCV库进行迷宫地图分析和路径规划。转向指令通过串口发送给单片机，并储存在数组中进行后续指令行动；单片机控制寻迹模块以保持小车在迷宫中的位置；根据储存的转向指令数组，单片机控制小车完成相应的行动，使小车能够在迷宫中自主地寻迹行驶。这样的设计确保了小车能够智能地遵循最短路径进行导航，并实现迷宫解决任务的自主性和准确性。fb7153bede6490f34a80bbfb908998c 5d764e3a27ac65e95ece27d4c8346ed  **3. 作品的创新点或优势**  此款光电智能迷宫寻宝小车，具有结构简单、识别速度较快较快、运行平稳、生产成本低、占地空间小等特点。  在物体识别方面，使用的 jetson nano 支持 GPU 加速，与其他相似硬件平台  相比，算力更强，实时目标检测帧数更高，速度更快。  在模型训练方面，我们使用基于python的opencv级联分类器，这种分类模型相较于深层神经网络具有速度快，训练时间短，部署简易等诸多优势。级联分类器可以通过较少的训练样本，达到对鲜明轮廓的有效识别，并得到准确的位置坐标。对于红蓝色宝藏，我们独特地选择利用颜色通道拆分的方法，判定红色与蓝色的阈值，实现对红蓝色宝藏的正确区分。综上方面，小车的判断准确性高，功能强大，从而满足快速识别宝藏的要求。  本项目具有自主识别宝藏，自动控制在较为复杂环境下到达指定地点的能力，可以对特定目标进行精确识别。在精确性较高的同时，可以节约劳动力成本，也避免了在复杂环境甚至对人体有害的环境下人工无法操作的缺点，对智能化、自动化控制的普及以及技术人员保护有重要意义。  **4. 作品附件**   |  |  | | --- | --- | | 主控芯片 | STM32F103RCT6 | | Jetson Nano驱动电源 | UPS 5V4A移动电源 | | 摄像头 | 奥比中光Astra Pro | | Jetson Nano | Jetson Nano B02 | | TTL转USB模块 | CH340 | | 直流电机 | LA37D-221 | | 直流电机驱动 | TB6612 | | 降压模块 | LM2596S 降压模块 | | | | | | | | | | | | | |
| 创  意  策  划  方  案 |  | | | | | | | | | | | | |