

编号：

# 哈尔滨工业大学

## 大一年度项目立项报告

项目名称：\_\_\_\_基于红外传感器的智能小车避障控制\_\_\_\_

项目负责人：\_\_\_\_吴新奥\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_1190101219\_\_\_\_

联系电话：\_\_\_\_ 电子邮箱：\_\_\_\_

院系及专业：\_\_\_\_工科试验班（航天与自动化）\_\_\_\_

指导教师：\_\_\_\_赵林辉\_\_\_\_ 职称：\_\_\_\_副教授\_\_\_\_

联系电话：\_\_\_\_ 电子邮箱\_\_\_\_

院系及专业：\_\_\_\_航天学院 控制科学与工程\_\_\_\_

哈尔滨工业大学基础学部制表

填表日期：2019 年 11 月 8 日

### 一、项目团队成员（包括项目负责人、按顺序）

姓名	性别	所在院系	学号	联系电话	本人签字
吴新奥	男	航天与自动化	1190101219		
单一鸣	男	航天与自动化	1190101224		
申政远	男	航天与自动化	1190101223		

### 二、指导教师意见

<div>签 名：</div> <div>年    月    日</div>
--

### 三、项目专家组意见

<div>批准经费：                  元</div> <div>组长签名：                  （ 学部盖章 ）</div> <div>年    月    日</div>
---

# 基于红外传感器的智能小车避障控制

智能避障小车是集环境感知、自动行驶于一体的自动化系统。它通过单片机装置的控制、红外传感器等装置的感知以及电机的驱动，较好地实现自主避障功能。本项目将模拟实际路况，设计制造一台能够与与实际路况较为贴合的道路上自主行驶的小车。与以往单一避障的小车不同，本项目计划让小车既能躲避障碍，又能保持不超出路边线，功能更为全面，具有更强的实际意义。

## 1. 立项背景

### 1.1 项目的意义和价值

#### 1.1.1 抢险救灾

中国地处环太平洋构造带和喜马拉雅构造带聚汇部位，太平洋板块的俯冲和印度洋板块向北对亚欧板块的碰撞使中国大陆承受着最主要的地球动力作用。这两种活动构造带汇聚和西高东低的地势反差，不仅形成了中国大地构造和地形的基本轮廓，同时也形成我国种类繁多的地质灾害。其中危害最大的就是地震。



图1 大陆板块分布图



图2 中国地质灾害图

而很多震后现场，建筑倒塌会形成难以进入的狭小空间，搜救人员难以进入。盲目搜救既耗费人力物力又可能减少其他受灾者的生还希望，这就产生了对智能小车的需要，搜救人员可以通过小车携带的探测仪器精准判断建筑内受灾者的有无。而地震过后，复杂的建筑内部环境和建筑内昏暗光线使得搜救人员难以准确操控小车，这就要求小车有自主避障前进的能力，这要求我们小车有成熟的自主避障技术。

#### 1.1.2 餐饮民用



图3 复旦大学送餐机器人

近年来，随着外卖行业的兴起，人们对外卖的需求不断发展，外卖配送压力不断增大，人力运送效率不高且事故频发。市场急需自动化来提高效率，增加安全性，这就有了智能避障小车的用武之地。

### 1.1.3 未来展望

近年来，具有自主行驶功能的小车应用范围迅速扩展，在农业、工业及日常生活中均有广泛的应用前景。在国外，自动驾驶技术已有实际的应用；国内人工智能的发展也极为迅速，有极大的发展空间。作为人工智能的一个具体应用，自动驾驶技术将大大提高工作效率、节约人工成本，对推动相关学科的发展、加强理论和实际应用的结合、促进科技向生产力的发展转化均具有重要作用。未来，自动驾驶技术将逐渐普及，大大减轻驾驶员的负担。而躲避障碍是自动驾驶需要解决的首要问题，是汽车实现自动化、智能化的第一步。

## 1.2 现有解决方案

### 1.2.1 基于卷积神经网络的避障

通过向类似于如下卷积神经网络输入  $149 \times 58$  像素的图像，经过各层后最终得到类别评分，然后判断前进的方向。整个端对端卷积神经网络避障小车系统的工作流程如下：

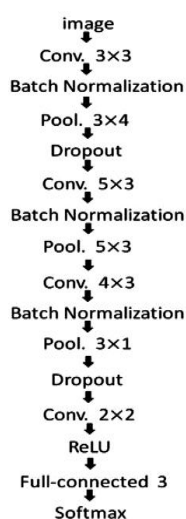


图 4 端对端卷积神经网络避障系统工作原理

首先，小车的摄像头每秒拍摄若干帧图片，图片经过 WiFi 传输到上位机后进行预处理；然后，输入到预训练好的神经网络中进行分类，得到图片类别，根据得到的类别情况，指挥小车进行障碍物的躲避等行为；最终，实现室内障碍物的躲避功能。

### 1.2.2 基于超声波传感器的避障

智能避障小车可以选用 HC-SR04 超声波模块，它主要是利用发射器发射的超声波信号，经由物体反射，再由具有压电效应的换能器接收。当这种具有压电效应的换能器接收到长约 6mm、频率为 40kHz 的超声波信号时，则会产生 mV 级的微弱电压信号，该模块就是利用超声脉冲回波渡越时间法，来达到信号测距的效果和目的。利用超声波传感器的应用原理（如下图所示），可以进行如下计算：假设超声波脉冲由传感器发出到接收的时间为  $t$ ，超声波在空

气中的传播速度为  $c$ ，则可以采用 I/O 口 TRIG 触发测距，给出不低于 10us 的高电平信号，测出传感器到目标物体的距离。

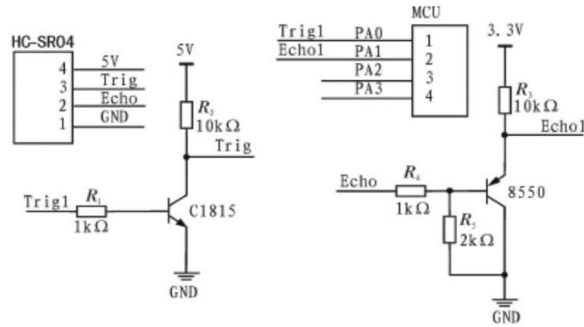


图 5 超声波模块原理

测试距离 = (高电平时间  $\times$  声速) / 2 该超声波传感器测距模块可以自动发送 8 个 40kHz 的方波，并自动检测返回的信号，当检测到有信号返回时，由 I/O 口 ECHO 输出一个高电平，由该高电平信号持续的时间，可以获悉超声波从发射到返回的时间。

### 1.3 当前存在的问题

(1) 超声波传感器虽然测距范围大，但是精确度和实时性较差，且易受环境中的噪声干扰，实用性并不强，难以贴合实际道路行驶情况。

(2) 基于卷积神经网络哪怕在仔细微调参数的情况下，依然会出现图像类别判断错误的现象，而且成本较为高昂、技术较为复杂。

### 1.4 我们的想法

采用红外传感器进行避障。

实际行驶中车辆不能超出道路，因而路缘石也是不能触碰的障碍物。考虑到路缘石的高度远低于一般障碍物，采用模拟道路两侧的黑线代表路缘石。黑线的检测采用灰度传感器。

最终，通过精确调整红外传感器的灵敏度和不断调试，做到传感器与电机准确而流畅地配合，使小车既能躲避障碍物，又能保持在道路内行驶，更贴合实际。另外，计划视项目进展情况研究一些拓展内容，如速度控制、在动态路况下行驶等，也是以往的避障小车不具有的功能。

## 2. 研究内容

### 2.1 基础研究内容

#### 2.1.1 研究小车躲避障碍物

在基础研究内容中，计划设置静态障碍物，采用红外传感器进行检测。与超声波探测障碍相比，红外传感器反应速度快、抗干扰能力强，虽然测量距离近，但足够满足小车检测障碍物的要求。

一侧传感器检测到障碍物，小车向另一侧偏转。小车应在行驶到障碍物之前就应检测到

并做出反应，因此至少应在小车的左前和右前方安装两个红外传感器。如果障碍物体积（主要是长度）较大，那么小车在与障碍物并行过程中也需要检测与障碍物之间的距离来决定是否进一步转向，因此我们认为可能有必要在车身中间部分设置红外传感器。同型传感器的配合也是研究内容中的重难点。

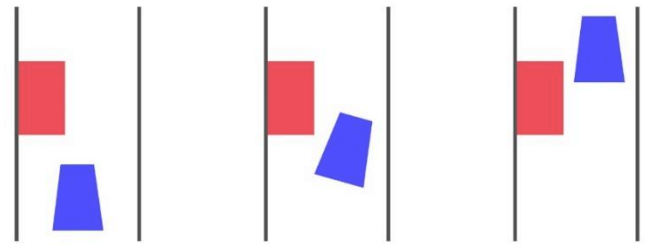


图 6 小车避障示意图

2.1.2 研究小车的直行、转弯、掉头和回正方向

道路两侧的黑线可以限制小车的行驶方向，黑线的走向不同，小车需要做出的反应不同。对于黑线的检测，我们考虑采用灰度传感器。

与避障类似，在小车的前、左、右方各设置一个灰度传感器，某传感器若检测到黑线，小车向相反方向偏转。如果左或右传感器检测到黑线，认为是行驶方向出现偏差，控制板控制左右电机有不同的转速，持续较短时间，完成方向回正。如果前传感器检测到黑线，认为是行驶到道路尽头，应当转弯，电机保持转速不同较长时间，以获得更大的转向角度。实际电机转速差及保持的时间有待调试。

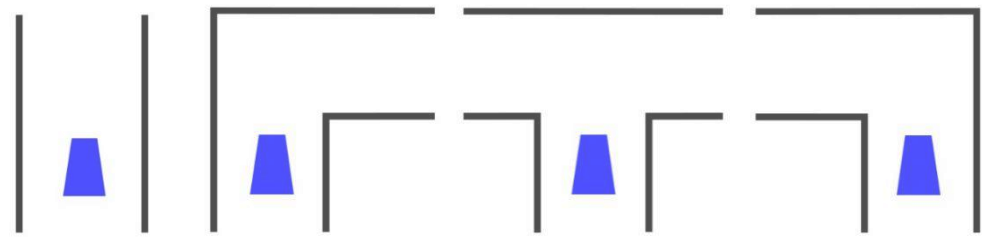


图 7 小车直行及转弯示意图

实际转弯时车头距离前方黑线不能太近，回正时车身距离两侧黑线不能太远（道路宽度的限制），因此我们设想，前传感器的灵敏度和安放角度应与左右传感器不同，具体设置有待调试。

2.2 拓展研究内容

为了更好地模拟实际行驶，我们设想在完成基础研究内容的前提下研究拓展内容。

2.2.1 速度控制

在基础研究内容中，小车被设置为一个合适的速度并保持这个速度行驶。然而实际汽车的行驶速度是变化的，相应地，小车在宽敞的平直路段应加速、到达路口和遇到障碍物时应减速。此项研究内容的难点在于如何让小车提前检测到路口或障碍物。如果此项内容能够实现，计划在道路上设置灰色斑马线，实现小车在斑马线前减速，通过斑马线后加速。

### 2.2.2 模拟动态路况

通过让小车躲避手动控制的移动障碍物，可以实现对会车、紧急躲避车辆行人等情况的模拟。此项内容在实现速度控制的基础上调整传感器的灵敏度即可实现。

## 3. 实施方案

### 3.1 模拟道路的制作

考虑到模拟道路应便于携带和保存，道路边线将统一印制于塑料布上，防水、不易脏、节省空间。若把障碍物固定在道路上将会带来很多不便，所以将把积木等物体直接摆放在路上，这样也可以提高模拟道路的灵活性。

### 3.2 组装小车

(1) 采购开发板、各种模块及零部件、传输线若干、用于搭建小车骨架的钢条。

(2) 将需要的模块与开发板连接，画出开发板各个接口连接的模块示意图。

传感器：为实现障碍物检测，拟采用红外光电传感器；道路边线检测采用灰度巡线传感器。同时，终点处路面设置黑色实心圆标志，灰度巡线传感器也将用于终点的检测。

动力系统：使用套件中的蓄电池作为电源，舵机提供动力。左右后轮将各自配备一个舵机，安装万向轮。

交互模块：到达终点后小车将发出信号，如指示灯闪烁或蜂鸣器震动等，其方案多样，视情况选择相应的模块。

(3) 将开发板以及各个模块用钢架固定，整理连接线，有序整齐地缠绕在钢架上。此过程应注意使车辆重心居中，谨慎操作。

### 3.3 程序编写思路

我们为自主行驶小车初步构建了两种程序。

第一种程序使小车在躲避障碍的前提下保持在路边黑线以内行驶。在道路不很窄的情况下，认为原地转向及掉头动作不会使小车触碰道路边线。但是由于小车在躲避障碍物是需要先偏转方向再直行一段距离，故应立即判断是否靠近边线。

将图中的“原地掉头”改为“倒车”也是可行的，但是预计这种方案需要在车的后部增加传感器以提高准确度，较为繁琐，所以作为备选方案。另外，框图中的每一个判断的执行均需要主板读取相关传感器的状态，这一过程是实时的，不再体现在程序框图中。

图 8 (1) 程序虽然有其合理性，但是在实际行驶中，尤其是道路较窄的情况下，路缘石是始终存在的，较高的障碍物相对较少，因此我们设想了以保持线内行驶为主干的第二种程序，如图 8 (2)。

这两个程序中，都把两侧靠近边线时认定为应该转弯，但实际上也可能是需要纠正方向，

故程序中的“原地左/右转”的角度应较小，完整转弯需要连续判断是否靠近边线。

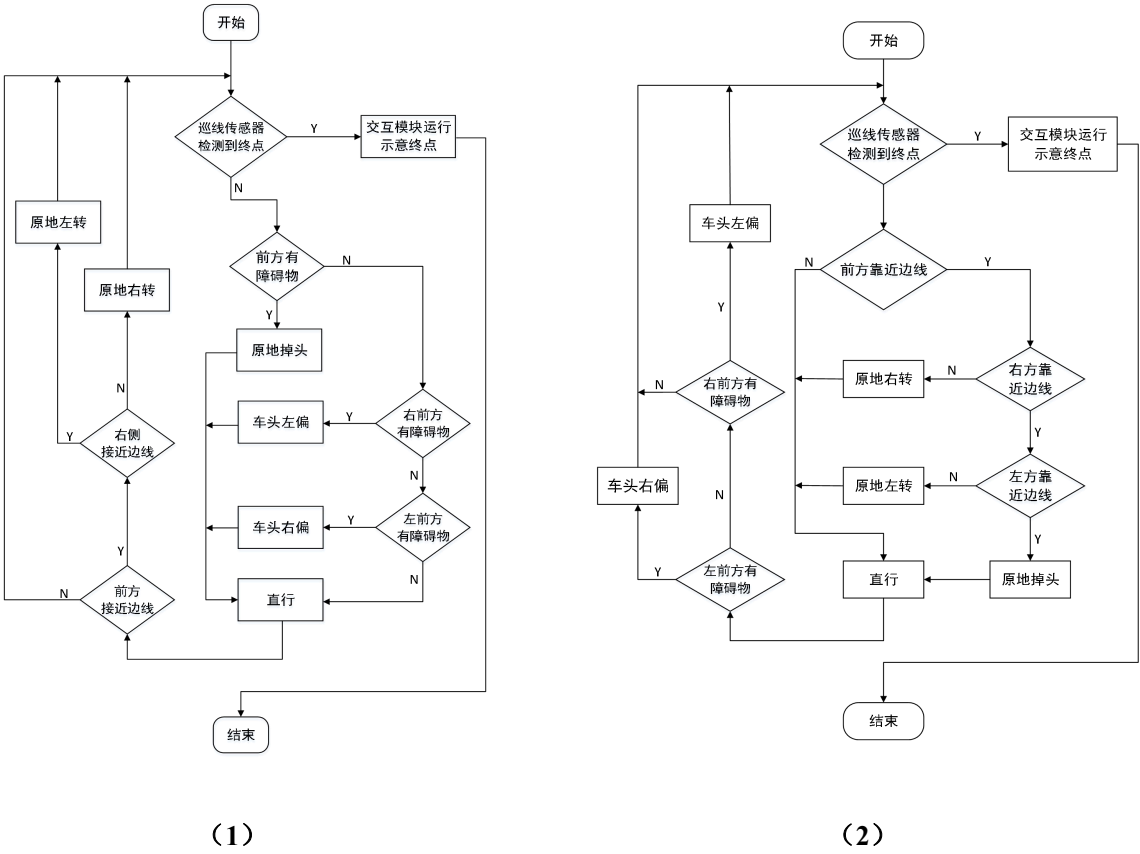


图 8 两种程序框图

实际测试过程中可能会出现许多未考虑到的问题，这些问题的处理措施将体现在成果汇报中。

### 3.4 调试方法

- (1) 将印有道路边线及终点的塑料布平铺在地面上，采取适当固定措施；
- (2) 在道路适当位置放置若干障碍物；
- (3) 将小车置于起点，摆正，启动小车，观察小车速度、避障及转弯灵活度；
- (4) 根据情况调整传感器的灵敏度以及步进电机的转速，重复进行 (3) (4) 步。

以上为基础调试方法。随着小车功能趋于完善，可通过增加障碍物数量、改变障碍物形状和大小等方法提高难度。



# 4. 进度安排

表 1 进度安排表

任务序号	任务名称	开始时间 (月—周)	完成时间 (月/周)	持续时间 (周)	2019	2019.12					2020	2020	2020.3					2020.4			2020.5			2020.6		
					四	五	—	二	三	四	五	—	四	五	—	二	三	四	五	—	二	三	二	三	四	五
1	学习避障小车案例	11—4	6—3	25（始终）																						
2	学习Arduino编程	11—4	6—3	25（始终）																						
3	绘制、印制模拟道路	12—1	12—4	4																						
4	采购开发板、传感器、电机等器件	11—5	11—1	2																						
5	制作障碍物若干	12—1	12—3	3																						
6	检测相关器件的可用性及性能，视情况更换器件	12—4	12—5	2																						
7	组装小车核心结构	1—1	2—4	2																						
8	初步编写小车主程序	1—1	2—4	2																						
9	初步调试，记录问题	2—4	3—1	2																						
10	根据初步调试情况修改程序，必要时更换器件	3—1	3—4	4																						
11	完整搭建小车，优化外观	3—1	3—4	2																						
12	提高小车速度，调试，优化程序	3—5	6—3	11																						
13	优化外观	6—1	6—2	2																						
14	拓展内容研究（选做）																									

# 5. 预期目标

## 5.1 中期目标

掌握项目所需要的 arduino 编程知识，完成模拟道路的制作，小车的组装和初步编程，实现简单的避障动作。

## 5.2 结题目标

通过不断修改程序和调试使小车在模拟道路上能够流畅地躲避障碍物且不压边线行驶，完成基础研究内容。

# 6. 经费预算

表 2 经费预算表

项目	数量	金额（元）
arduino uno r3 开发板套件	1	102.8
杜邦线	若干	10
夏普红外传感器 2Y0A21	6	148.8
8 路灰度传感器	2	71.8
舵机轮	2	50.2
万向轮	1	25
格氏 2s 2200mAh	2	150

表 2 （续表）

B6AC 充电器	1	86
元件盒	1	5
LM2596S 电源模块	1	5
车体	1	63
模拟循迹避障道路	1	72.5
共计 790.1 元		

## 7. 主要参考文献

- [1]车雨红.基于模糊控制算法的智能小车避障系统设计[J].首都师范大学学报(自然科学版),2019,40(05):1-5.
- [2]秦新林,陈伯亨.单片机的应用——STM32 智能小车[J].农家参谋,2019(19):194.
- [3]王鑫鑫.定时测距避障智能小车[J].计算机产品与流通,2019(09):121.
- [4]马德希.基于循迹避障控制系统的智能小车遥控设计[J].计算机产品与流通,2019(09):127.
- [5]卫静婷,陈利伟,黎斌,谭露雯,钟佳胜.基于 STM32 的语音控制和自动避障智能小车的设计[J].电子测试,2019(15):24-25+20.
- [6]宋德鑫,李姿.基于 52 单片机的智能小车的设计[J].湖北农机化,2019(09):57.
- [7]单希明,刘蓟南,张千宇.基于单片机的红外避障与循迹智能小车[J].湖北农机化,2019(09):76.
- [8]张琳,潘昊飞,凌应花,叶周宇.基于 Arduino 的仓库智能小车设计[J].科技视界,2019(11):26-28+43.
- [9]李万义,谢林汐,肖锋,程闫.基于 STM32 的智能小车寻迹避障系统硬件设计[J].电子世界,2019(07):196-197.
- [10]陈盛开.基于智能循迹避障小车的超声波传感器方案设计研究[J].科技风,2018(01):10.
- [11]张亚初,刘明,赵跃进,董立泉.基于双流卷积神经网络的智能小车避障算法研究[J].新技术新工艺,2017(12):18-23.
- [12]高香梅,刘春梅,梁增绪,高歌,范山川,赵莹.基于 STC89C52 单片机的智能小车设计[J].通讯世界,2017(24):327-328.
- [13]曹维杰,刘海,闵文彦,丁树凯,栗子恒,李会.基于单片机的模拟灰度循迹小车设计[J].河南科技,2019(14):41-44.
- [14]陈梦阳,田杰,罗明玉,魏玉宏.用于周界入侵报警的红外—超声波无线传感器网络节点设计[J].传感器与微系统,2014,33(07):56-59.