

Group10论文

钟梓轩、冯钰茹、施小雅、薛海枫

2022年8月4日

摘要

我们组的小车经历了由简单的机械结构和电路控制组成的第一代小车到较为复杂精细的第二代小车，其中不仅有知识储备和实践能力的迭代，还有整体设计思维与团队协作能力的提升。本文重点阐述这两代小车的制作过程及相关细节，最后展示各个组员对于本次项目的体验与感悟。

关键词：小车；机械结构；电路控制；外观设计

目录

1 第一代小车产品阐述	2
1.1 机械结构	2
1.1.1 转向结构	2
1.1.2 后轮驱动结构	3
1.2 电路控制	3
1.2.1 电机控制系统	3
1.2.2 舵机转向控制系统	4
1.3 外观设计	4
1.4 遇到的问题	4
1.5 总结	4
2 第二代小车产品阐述	5
2.1 机械结构	5
2.1.1 转向结构	5
2.1.2 后轮驱动结构	5
2.2 弹射结构	7
2.3 电路控制	10
2.3.1 辅助驾驶系统	11
2.3.2 声音播放系统	12
2.3.3 LED灯控制系统	13
2.4 外观设计与核心理念	13
2.5 总结	14
3 组名、车名与logo设计	15
4 视频脚本与剧本台词	15
4.1 视频脚本	15
4.2 剧本台词	15
5 本次夏令营项目的感悟与收获	17

1 第一代小车产品阐述

第一代小车的机械结构结构、电路结构都较为简单，主要用于实现小车最基本的功能：转向、前进、后退。外观设计上，第一代小车采用双层板的结构放置电路系统和机械零件，主要由5mm的复合木板组成车身的整体构架。图1-3展示了不同角度下的第一代小车。

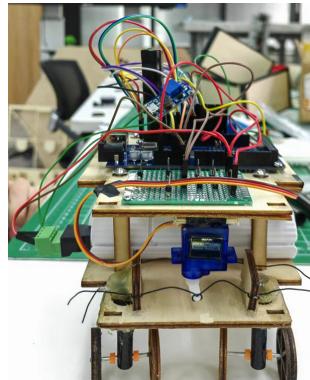


图 1: 第一代小车前视图

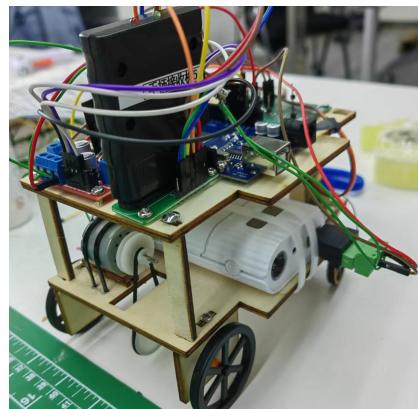


图 2: 第一代小车后侧视图

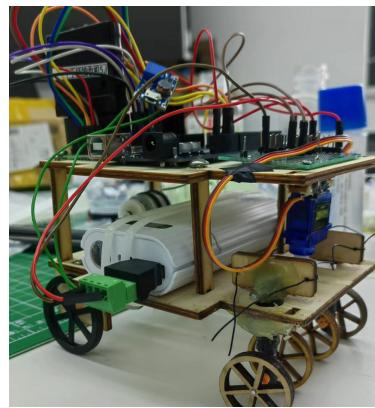


图 3: 第一代小车前侧视图

1.1 机械结构

1.1.1 转向结构

第一代小车的转向结构我们使用舵机牵动4根铜丝，拉扯两边与车轮相连的木片，实现转向功能。

舵机逆时针旋转时，右前和左后铜丝拉直车辆左转；舵机顺时针旋转时，左前和右后铜丝拉直，车辆右转。我们组希望让小车转向时拥有更高的稳定性，设计前轮小车的一个“前轮”实际上由两个小车轮组成，中间用长度合适的细杆固定，与碳纤维管连接。每个碳纤维管通过一个固定在地板上的轴承与底板相连，来实现小车轮的自由转向。图4为第一代小车转向结构实物图。

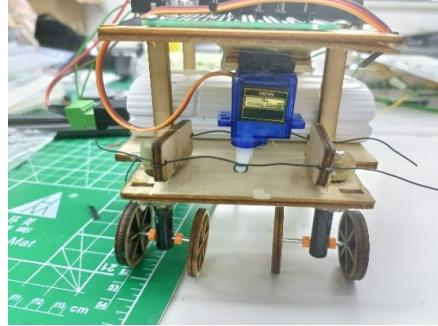


图 4: 第一代小车转向结构

1.1.2 后轮驱动结构

第一代小车的后轮驱动结构我们采用的是简单的皮带传动来实现电机驱动后轮前进与后退。起初我们使用了两个半径几乎相同的主动轮和从动轮并将二者用皮带连接，但做好后发现这种结构提供的扭矩过小，无法实现后轮的顺利驱动。之后，我们决定改用半径较小的主动轮，由于皮筋的长度不变，此时我们选择抬高电机的位置，使得皮筋处于一个合适的状态来驱动从动轮的转动。图5为第一代小车的后轮驱动结构。

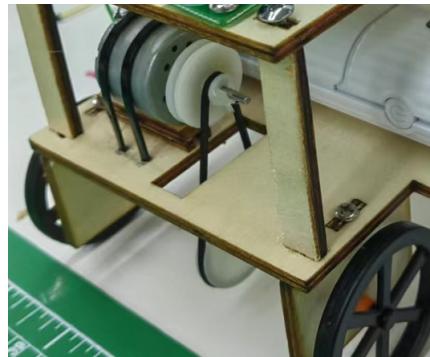


图 5: 第一代小车后轮驱动结构

1.2 电路控制

第一代的电路控制系统较为简单，主要分为电机控制系统和舵机转向控制系统两个部分。

1.2.1 电机控制系统

电机驱动系统里使用H桥的元件，操控简单，仅需给两个引脚数字信号1和0或者0-255的pwm值和0的模拟信号，就可以实现对电机的控制。由于电机启动所需电流很大，我为电路设计了一个pwm值缓增的方法，具体实现是用一个二次函数来替代一维线性函数，这样可以稍微减小电机启动时的电压已增加电流大小，实现电机的软启动。这里我的思想是使用0加加速度的S型曲线¹。图6为电机控制代码。

¹S曲线的算法宗旨是让加速度不产生突变，因此相对梯形曲线只增加了一个可变参数加加速度，通过控制加加速度J的大小来控制加速度a的变化率，来保证加速度不产生突变，从而达到被控对象的平稳性。（基于非对称S曲线直线电机加减速控制，作者：黄海明、邓泽峰、贾孝荣）

```

void read() { //运行电机
    if(PS2_LY <= 126){//左手柄调控向前速度
        int velocity =int(float(0.016) * pow((PS2_LY - 126),2));
        if(velocity != 254){
            analogWrite(IN2, velocity);
            digitalWrite(IN1, 0);
        }
        else{
            digitalWrite(IN2, 1);
            digitalWrite(IN1, 0);
            line = music_00; //最大速度音乐
        }
        Serial.print("toward velocity:");
        Serial.println(velocity);
    }
}

```

图 6: 电机控制代码

1.2.2 舵机转向控制系统

舵机转向系统较为简单。首先调用了控制舵机的Servo库，依靠Servo库的强大功能，仅需使用write(int angle)写入角度即可控制舵机。图7为转向控制代码。

```

void turn() {
    Serial.println("turn模式");
    if(0 <= PS2_RX <= 255)
        angle = 45 + (PS2_RX * 0.352);
    myservo.write(angle);
    if(angle > 130){ BGM(line = music_01); }
    else if(angle < 50){ line = music_01; }
}

```

图 7: 转向控制代码

1.3 外观设计

第一代小车的外观主要是基于功能实现的设计，没有融入过多的设计元素。采用的设计手段也相对单一，采用solidworks绘制底板、上板、榫卯、前轮的结构草图，采用激光切割木板的方式获取车身的相应结构。小车连接结构采用榫卯结构的木制工艺，这使第一代小车整体看来像是维多利亚时代的马车，与裸露在外的电路线相结合时，颇有一种复古老爷车的味道。

1.4 遇到的问题

转向结构采用铜丝线承受拉力，由于铜丝的刚性不够，导致有时小车轮子会“内八”或“外八”对前进产生阻碍。

皮带传动遇见的问题是如果电机转速加快，会导致皮带打滑，传动效率降低。

后轮与杆之间的固定连接不紧密，行驶过程中容易掉落。

核心电路位于小车的上板，导致车身的整体中心偏高，不够稳定。

充电宝提供的功率较小，运行速度慢。

1.5 总结

第一代小车完成了小车的基础功能，转向、前进、后退实现的都非常成功。下一代的小车要在解决这一代小车行驶问题的基础上进一步添加一些小车的额外功能，例如辅助驾驶等模块。外观设计上也有待进一步美化。

2 第二代小车产品阐述

第二代小车充分吸取了上一代小车的制作经验。相比于第一代小车在转向结构、后轮驱动结构和电源配置上都进行了较大的改变：借鉴并改善了上一代的转向装置、重新设计了传动效率更高的动力系统。同时探索了智能车的一些额外功能，例如加入LED灯光、声音播放、辅助驾驶等新功能。为了达到竞赛小车最大速度的要求，我们组采用了大车带小车的模式：在大车上安装弹射系统，行驶过程中由舵机控制，在合适的时间弹射出小车。根据动量守恒原理，小车的质量小，从而能够获得更快的行驶速度。对于外观设计思路，我们组从环保这个大主题出发，着重于关心塑料污染与垃圾回收这个部分，将这一代大车与小车的设计与这个思想相融合，实现了讽刺与警示的作用。有关外观设计的详细细节将在下文外观设计与核心理念的部分进行具体阐述。

2.1 机械结构

2.1.1 转向结构

第二代小车的转向结构沿用第一代的思路，但是将铜丝换成了刚性的硬铁丝舵机连接两根硬铁丝，让舵机旋转时带动轮轴左右旋转，实现转向的效果。从结构强度和稳定性方面，这一代转向机构比上一代的好得多，但是他也有自己的问题：比如转向角度过大后铁丝可能会被转到后面。但转向角度提前规定好的情况下，不会发生这样的情况。图8为利用solidworks建模出的第二代小车转向结构，图9为第二代小车转向结构的实物图。

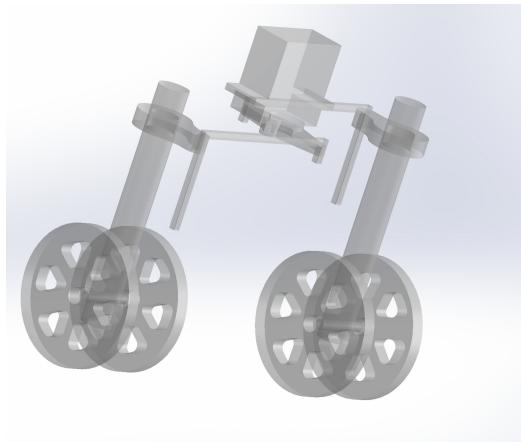


图 8: 第二代小车转向结构solidworks建模图

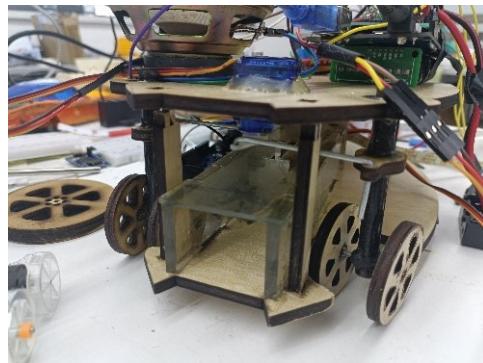


图 9: 第二代小车转向结构

2.1.2 后轮驱动结构

这一代传动装置我们使用了齿轮传动。首先我们量好尺寸后，对全车部件位置摆放进行了规划，然

后3D打印了电机盒。原理是电机上的齿轮与连套在轴承里的铁杆上的齿轮卡合，整根杆子带动后轮转动。使用齿轮传动即使在高速运转的情况下也可以正常运行，提高了整车的运动能力。图10为第二代小车后轮驱动结构solidworks建模图

但是，在实际加工时齿轮传动却并非那么容易。相比与别的组直接使用买的减速齿轮箱，我们组在做减速齿轮时经历了几次失败。第一代齿轮动力盒由于设计时完全不懂，卡和的过紧，摩擦太大电机启动不了。在用工具将主轴齿轮磨平一些后这个问题稍微解决了一些，但是随即又出现了第二个问题：齿轮半径大于旋转轴半径，导致齿轮旋转时有些地方松有些地方紧。加上主轴齿轮有些地方被磨平，出现的问题就是一旦电机轴受力过大，就会脱离主轴开始空转。图11为第一代齿轮动力盒。

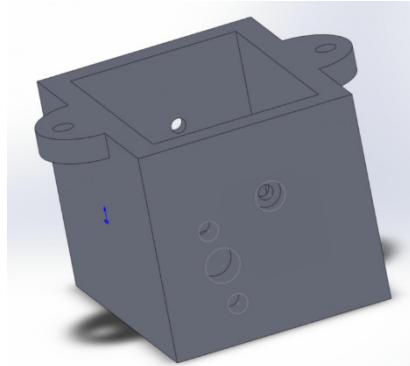


图 10: 第二代小车后轮驱动结构solidworks建模图

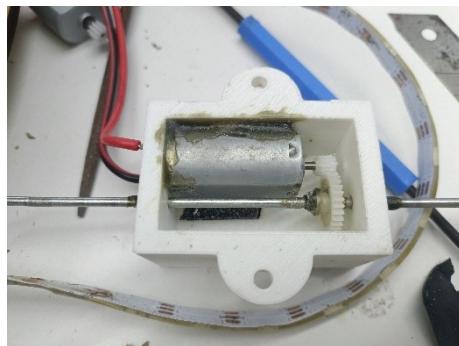


图 11: 第一代齿轮动力盒

知道这样行不通后，我们又制作了第二代齿轮动力盒。一开始我们就精准测量并且设计好了相关距离，在加工后两齿轮间刚好啮合同时也不紧。并且这次与轴相连的齿轮半径刚好匹配，可以说完美解决了上一代的问题。在装配完成后，小车可以在地上跑动了。图12为第二代齿轮动力盒。



图 12: 第二代齿轮动力盒

正当我们欣喜之时，我发现由于赛道摩擦系数相对于地面较大，小车并不能在赛道上跑动。发现这

个问题是8月2日晚上的11点，由于当时还有成堆的任务需要我们完成，而小车跑动的问题还尚未解决，这无疑对我们是一个巨大打击。痛定思痛，我们当即分析了跑不动的原因：由于小车齿轮比过小，仅仅是1:2.5，导致产生的扭矩不够，无法带动小车在赛道上启动。

于是，当晚我们又设计了第三代动力系统来解决扭矩不够的问题。图13为第三代齿轮动力盒之减速齿轮组的设计图。图14为第三代齿轮动力盒。

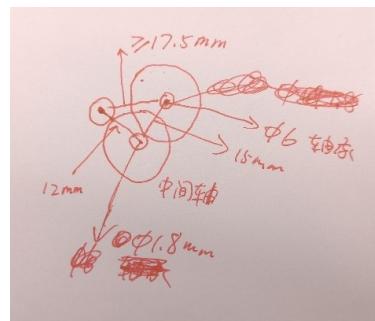


图 13: 第三代齿轮动力盒之减速齿轮组设计图



图 14: 第三代齿轮动力盒

第三代齿轮箱使用了两组减速齿轮组，通过两次减速放大扭矩，扭矩相比上次增加了大约三倍。这一代的齿轮组终于实现了小车的顺利启动。

2.2 弹射结构

本车的特色是弹射子母车的设计。与本车配套的还有一个废旧亚克力材料做成的小小车。弹射装置主要由弹射架构成。弹射架的组成：一块连接上下底板的支撑木板、三面亚克力连接轨道，支撑木板上连接着两根直径4mm粗铁丝，铁丝上套有1100N/m的原长4.4cm弹簧。粗铁丝末端插在正方形盒子内，压缩弹簧时铁丝头部进入盒子，弹簧被盒子压缩。盒子前段与小小车相连，当弹簧从最大机械能释放时，带动盒子推动小车以高速发射出去。图15为弹射隧道的实物图。

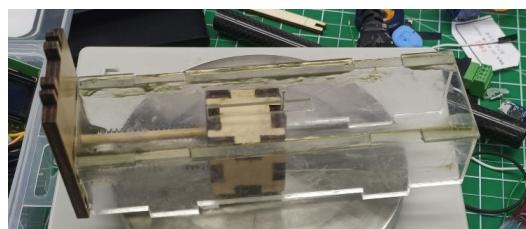


图 15: 弹射隧道

然而当我们实践后，发现这个方案有两个致命错误：

一是舵机的强度根本不够，如此巨大的力会直接把舵机的旋杆顶掉。

二是整个铁丝固定在盒子前表面，受力点与支点存在较大间距，会产生一个力矩（如图，往后拉铁丝，会产生逆时针力矩）。这个力矩会导致铁丝弯折，二会导致盒子往上翘起（盒子其实是挂在铁杆上

悬空的），而这一翘起就会导致铁杆插入的地方和盒子竖直方向横截面产生一个角度。由于摩擦因数较大和这个受力角度的存在，盒子会自锁在铁杆上，导致即使在铁丝上使用很大的力也没法移动盒子。图16为第一代弹射隧道实物图。图17为第一代弹射装置受力分析图。



图 16: 第一代弹射隧道

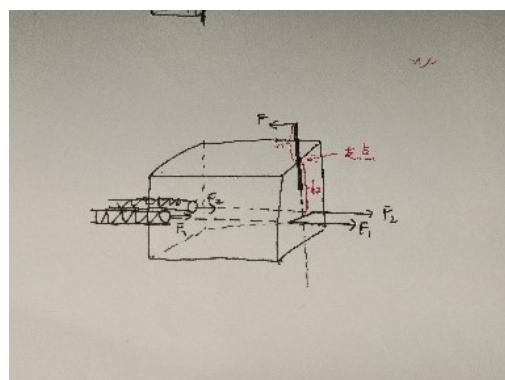


图 17: 第一代弹射装置受力分析图

在发现这些问题后，我们决定进行弥补，这就产生了第二代方案。迭代的第二代弹射方案我们将关注点瞄准了上面遇到的两个问题：

首先，将受力分配到底板上：我们在底板上设计了一个凹槽，同时在盒子上装配了一块2mm厚的铁片，从盒子后端延伸到底板以下，并且当弹簧压缩至最大时，往左用力就可以把铁片卡在凹槽里。图18为铁片二维模型。图19为底盘的建模图。图20为实际装配效果。图21为第二代弹射装置连接后的受力分析图。

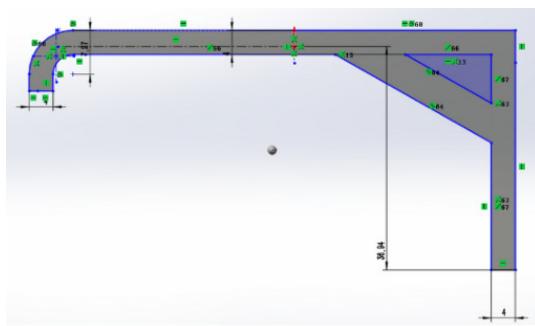


图 18: 铁片二维模型

这样，平常弹簧压缩后是靠底板来承受力，舵机仅仅作为一个释放弹簧的功能，解决了上一代舵机承受不了大力的问题。关于盒子的自锁，这一代铁片与盒子的连接位置靠近盒子后表面的中间，这样使铁杆上下面受力相对均匀，解决了盒子自锁的问题。

与这套弹射结构配套的还有一个小小车。小小车车身主要由亚克力材料构成，亚克力车轮，亚克力车身，以及一个发条齿轮盒。小车的设计思路是环保和减小摩擦力。亚克力材料的使用主要是为了减小摩

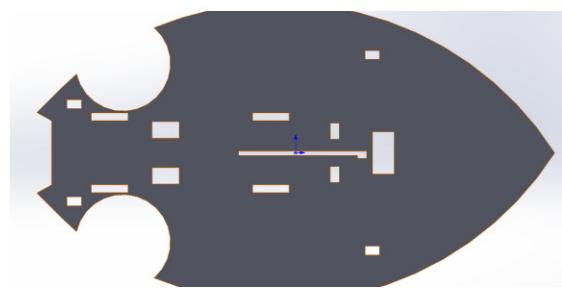


图 19: 底盘上打的凹槽

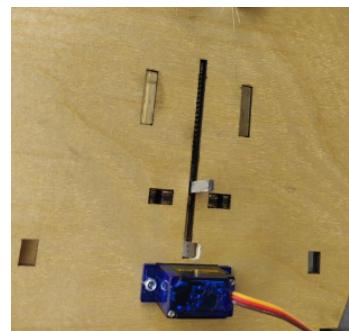


图 20: 实际装配效果

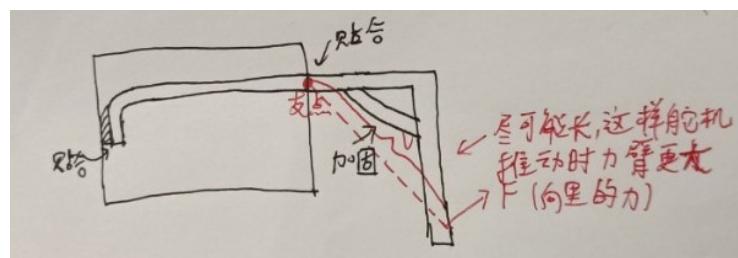


图 21: 第二代弹射装置连接后受力分析

擦，减小在发射出去后接触地面造成的速度损失。小车的外形酷似一个白色塑料袋，彰显了我们的环保设计理念。图22为小车车的solidworks建模图。图23为小车车的实物图。

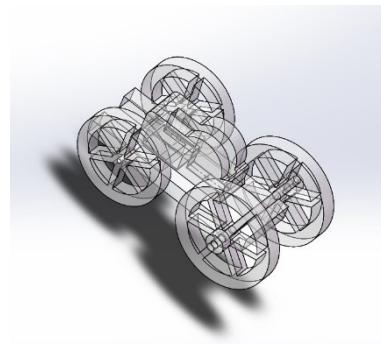


图 22: 小车车solidworks建模图



图 23: 小车车实物图

2.3 电路控制

整体系统架构：

为了使整个复杂的电路清晰可见，首先画了一个大致的电路草图：

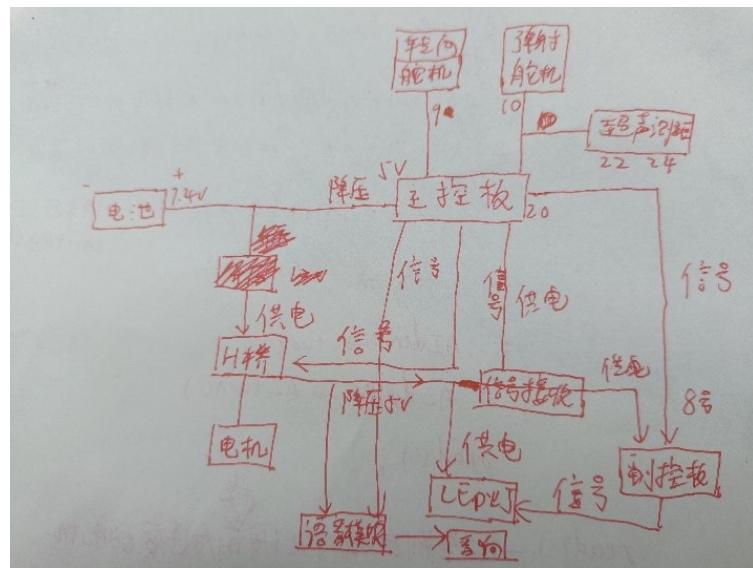


图 24: 电路结构草图

由图可见，电从电池中输出后分成两支，一支专门给电机供电，另一支降压后给主控板供电。这种分路供电的方式可以避免通过电机的大电流影响或破坏主板。主控板作为小车的大脑，分别控制9号引脚的转向舵机、10号引脚的弹射舵机、22和24号引脚的超声测距输入输出口、信号接收器、控制电机运行

的H桥以及副控制板。副控制板给LED灯发出信号后，由H桥的5v输出口供电使LED灯运行。语音模块也由H桥5v输出口供电，由主控板提供信号。值得一提的是：电路中的部分元件，如LED灯带、舵机、超声测距模块、信号接收器对于电压都是严格要求5V的，且电路中只有H桥的5v输出口和Arduino板输入口可以自动降压。尽管设计比较复杂，但这个电路能保障了整个系统的运行。图25为Arduino板降压结构。图26为H桥降压结构。



图 25: Arduino板降压结构

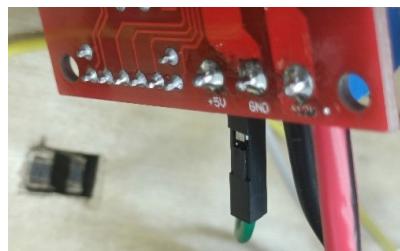


图 26: H桥降压结构

2.3.1 辅助驾驶系统

Arduino板配套的工具包里有一个超声波测距模块，它的工作方式是：首先给trig脚一个20微秒的高电平脉冲，让trig脚发出超声波信号，然后echo脚从发出开始计时到接收到反弹信号，并且返回经过的时间（微秒）。图27为辅助驾驶控制代码。在要求不严格的情况下，以声速340m/s计算，距离就是：

```
void AIturn(){
    unsigned long currentTime = micros();
    if(currentTime - previousTime > 20000) {
        digitalWrite(trig, LOW);
        delayMicroseconds(20);
        digitalWrite(trig, HIGH);
        delayMicroseconds(20);
        digitalWrite(trig, LOW);
        distance = pulseIn(echo, HIGH);
        distance = distance*0.017;           //
```

图 27: 辅助驾驶控制代码

我在车的一边装上了超声测距模块，由于赛道宽度是个定值，理论上我仅需测量到达某一侧的距离，即可推断出目前车子在赛道中的位置。然后对车子进行一定角度的自动转向，就是我的辅助驾驶的底层逻辑了。由于有时会出现碰壁情况，因此，在倒车（电机反转）情况下，测量距离后自动旋转的角度会反向，这样就能实现车子撞墙的正常掉头。

值得一提的是，为了防止第二次发射的超声波影响第一次，在两次发射超声波中需要间隔20毫秒。但是，delay()函数的应用会让整个系统的效率降低且更难控制。在Arduino官网上搜索之后，我发现了可以用millis()函数替代delay()函数来优化系统。图28为Arduino官方millis()函数介绍。Millis()的作用是

以unsigned int形式输出程序运行开始到现在的时间（毫秒）。由于unsigned int表示范围 $2^{31} - 1$ ，因此此方法可替代50天以内的delay。

$$(2^{31} - 1)/24/3600/1000 = 49.71(\text{天})$$

Reference > Language > Functions > Time > Millis
millis()
 [Time]
Description
 Returns the number of milliseconds passed since the Arduino board began running the current program. This number will overflow (go back to zero), after approximately 50 days.

图 28: Arduino官方millis()函数介绍

2.3.2 声音播放系统

在储藏室翻出了一个废旧的喇叭后，我们组就想着要做一个声音系统。我们选用DY-HV20T语音模块控制。DY-HV20T功能十分强大，但我们仅需为小车添加一些音效。因此，我使用了它的IO触发模式。他可以最多操控8首歌，使用方法十分简单，仅需提前在内存卡里放好以标准格式命名的文件，然后只将需要的引脚单独拉低，即可实现声音的播放。图29为音乐播放代码。

```
void BGM(int pin){
    switch(pin) {
        case 48 :
            digitalWrite(music_00,LOW);
            digitalWrite(music_01,HIGH);
            digitalWrite(music_02,HIGH);
            digitalWrite(music_03,HIGH);
            digitalWrite(music_04,HIGH);
            Serial.println("BGM1***");
            break;
    }
}
```

图 29: 音乐播放代码

但是在实际使用过程中，由于我添加音效的位置有时会出现重叠，比如在最大速度的时候有个音效，在转弯的时候有个音效，就会出现两个声音切换混乱的情况。为了解决这个问题，我先理清了内部逻辑，按照出现的稀有度给音效的播放排了一个优先级：音乐音效 \downarrow 倒车音效 \downarrow 发射音效 \downarrow 转弯音效 \downarrow 最大速度音效，接着写了setPeriod()方法和setBGM()方法和BGM()方法，使用millis()解决了上述问题。内部逻辑是：当播放一个音乐的时候会记录播放的是哪一首，然后给定一个播放时间。在到达了规定时间之前系统只可以播放上位的音乐，如播放转弯音效的时候可以播发射音效，但是无法播放最大速度音效。当达到播放时间之后，可以任意开始播放下一首音效。

之所以写了这样的内部逻辑，是因为我在实际测试时，发现最大速度、转弯这些在全赛道中占比很高，而占比较小的是发射、倒车等功能，应该优先于最大速度和转弯播放。图30为内部逻辑。图31为音乐优先级。

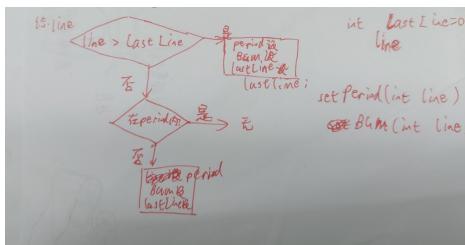


图 30: 内部逻辑

00001	最大速度	480 04
00002	转弯最大	4910 01
00003	发射	5010 02
00004	倒车	5110 03
00005	8Gm	5210 04

图 31: 音乐优先级

2.3.3 LED灯控制系统

为了装饰小车，并且增加辅助驾驶功能启动时的识别度，我在小车上添加了22节WS2812B LED灯带。灯带的操控也是调用了外部库FastLED，实现了对于LED灯带的简单控制。它的使用方法是使用一个for循环，分别对其中每一个LED灯的颜色、亮度、是否显示进行控制。如果使用配合延时方法，可以实现流水灯带的效果，十分好看。但是，在实际使用灯带的过程中，会由于电流较大等原因难以控制，因此我使用了第二块Arduino板（副控制板）来对其控制。首先，给主控板一个输出脚，给负控板一个输入脚，然后将两板调成相同的串口通信频率，共地，就可以实现两板通信。给主板输入引脚一个信号，就可以间接改变LED灯带的显示情况。

2.4 外观设计与核心理念

第二代采用大车带小车的模式，大车的设计灵感来源于鱼骨头。整个车身的上下车板都采用鱼的形状，流线型的外观可以减小空气阻力，增加灵动性。大车顶棚的设计采用榫卯结构拼接而成，像是鱼的骨架般，非常形象且富于立体感。小车的设计灵感来源于塑料袋，车身即是一个塑料袋的形状。弹射的过程寓意着塑料袋从鱼骨头中吐出，意在展示在白色垃圾污染下海洋生物危在旦夕，达成一种讽刺效果。图32为设计概念图。



图 32: 设计概念图

在设计方法上，相比于第一代小车，我们这次采用solidworks对整个车进行拼装建模，零部件（电机齿轮盒等）采用3D打印的形式，上下车板、外形装饰、弹射轨道等结构均采用激光切割的形式，综合运用多种工具完成最终的产品。图33为用solidworks建模的外形设计图。图34为第二代小车整体的solidworks装配建模图。图35为第二代小车的实物图。

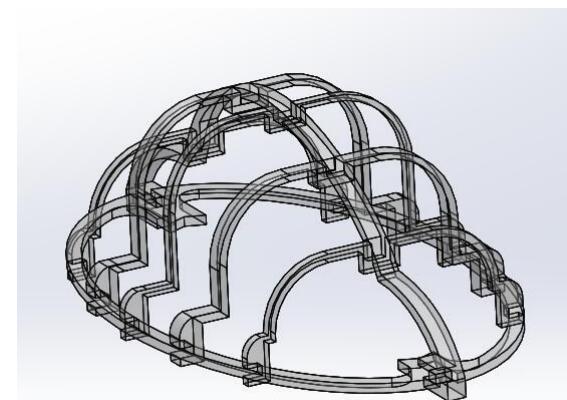


图 33: 外形设计solidworks建模图

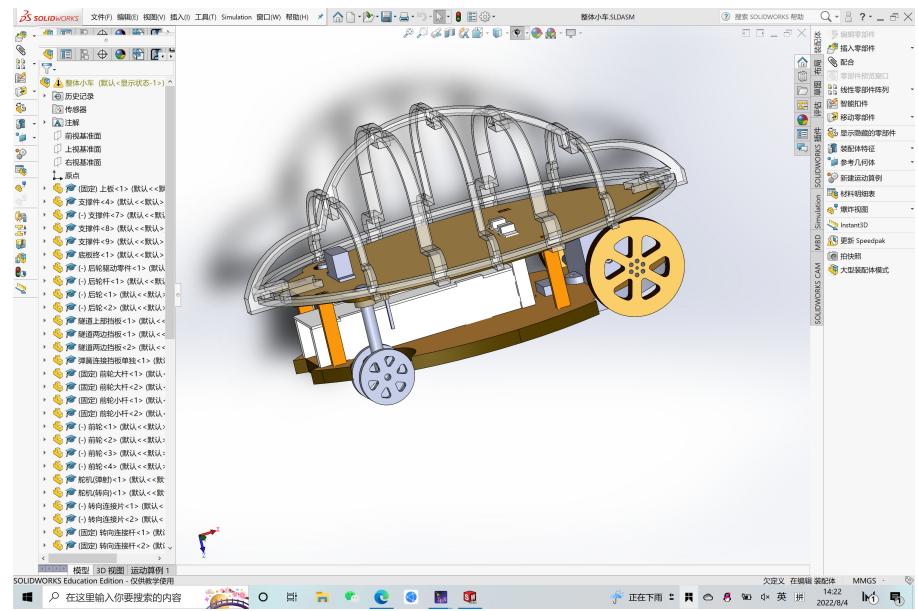


图 34: 小车整体solidworks装配建模图

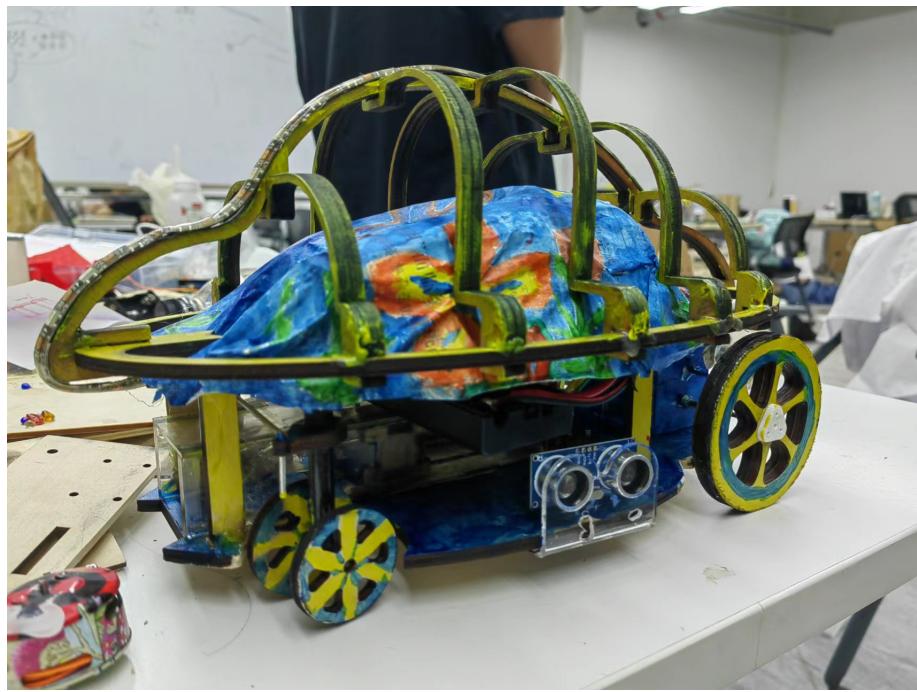


图 35: 智能小车实物图

2.5 总结

第二代小车吸取了第一代车的许多优点，优化了第一代车的许多不足之处，是一次非常优秀的迭代过程。第二代小车在机械设计上更加精细化和理论化，电路控制上更加系统化整体化。我们学会了从宏观主题上指导外观设计，为第二代小车赋予时代意义和艺术使命。知识运用上，这辆车融入了更多的学科知识，例如如何增加扭矩、如何通过降压的方法提高电流使电机转动、如何利用solidworks建模以判断结构的合理性。实践过程中，第二代小车的装配难度显著提高，例如三次的电机齿轮盒、高密度多线程的电路排布、弹射装置的装配，这些都使我们感受到了产品迭代的挑战，感受道设计过程的对于整个产品研发的重要意义。在解决重重困难与挑战中，我们提高了分工合作的能力，增强了团队凝聚力。小组成员们发挥自己的独特优势，在分工合作中锻炼自己的同时做到了相互学习、相互促进、共同进步。经过六周的锻

炼，同学们做到了在项目进展不顺利时及时调整心态，相互鼓励、找到原因不断前进，最终顺利完成了第二代小车的制作。

3 组名、车名与logo设计

车名：梵克斯



图 36: logo设计图



图 37: 组名

4 视频脚本与剧本台词

4.1 视频脚本

图38为本次拍摄的视频脚本。

序号	景别	镜头运用	时长	画面内容	备注	bgm
1	1 空镜	素材		地球、智能城市、四个科学家引入		
2	2 远景到特写	拍		四个科学家+眼睛特写	借白大褂拍	
3	3 空镜	素材		地球毁灭	转场白幕	
4	4 近景	拍		一个科学家点击空气，出现登陆界面（特效）		
5	5 特写	普通人照片		在sdim的照片上倒计时	切换到电子屏幕	
6	6 近景到特写	拍		进sdim门+sdim的logo	平滑剪切	
7	7 全景+近景	素材+拍		sdim上课视频		
8	8 近景	拍		讨论小车制作、环保理念	有关环保的课	
9	9 近景	拍		制作视频：激光打印、3D打印、手工工艺、建模、找老师、debug	鱼骨头、塑料袋原因	
10	10 近景+特写	拍		小车出场	背景不变	
11				黑屏，文字简述		
12	12 特写	黑暗的教室照片		在黑暗教室照片上的倒计时	平滑剪切	
13	13 特写			黑暗中小车的灯突然亮起+音效	代表小车觉醒智能	
14	14 全景+近景	拍		人们发现小车能与他们沟通，感到非常惊讶		
15	15 照片	拍		四人跟小车玩耍时某人问小车的生命模式，小车解释它的体内有一个垃圾袋，地球环境太糟糕小车体内的垃圾袋会超负荷，小车会吐出体内的小小车同时死去		
16	16 全景	拍		与小车约定，不会让它死的		
17	17			黑屏，文字简述		
18	18 特写 (半身)	扔垃圾的照片		在扔垃圾的照片上倒计时	平滑剪切	
19	19 特写	拍		三种（或以上）不环保行为的画面（随地乱扔垃圾、塑料袋的使用、汽车尾气排放、不关水龙头等）		
20	20 近景+特写	拍		镜头切换到某场景，四人重聚交谈（内容：地球污染、自嘲）与地球污染画面穿插进行，最后画面：小	四人出场时用文字介绍身份	
21	21 空镜	素材			小高潮	
22	22 特写	拍+素材		死鱼镜头——>小车在废墟的镜头——>小车吐出小小车——>鱼骨镜头		
23						
24	24 全景	拍		科学家闭上眼睛		
25	25 空镜	素材		画面卡顿、故障		
26	26 全景	拍		科学家来到小车‘死去’的地方，将它放到了四人重聚的地点	科学家回溯	
27	27 全景	拍		四人依次到达（就用前面的镜头），发现小车，陷入沉思，小车对他们说：好久不见，你们过得好吗。	小车此时奄奄一息，时间点为四人重聚前	
28	28 空镜	素材		从世界毁灭开始闪回，加速，画面逐渐回影	吐出小小车	
29	29 空镜	素材		环保与污染的竞速（时钟滴答的音效，环境污染与环保的画面同时出现，其中穿插小车向前跑的画面）	高潮前几秒	
30	30 局部	拍		四人与小车一同向镜头跑（换跑新生）	高潮	
31	31	素材		分四个镜头（科学家闭眼的画面，用前面的素材），四个画面后显示的时间不同（后期）	结尾	
32	32 空镜	素材		拯救才刚刚开始		
33				星球画面		

图 38: 视频脚本

4.2 剧本台词

故事的开端，2022夏，我们参加了sdim夏令营

我们课程的内容是设计制作一辆环保小车（配合进sdim门和上课视频的字幕）

镜头给到组长小钟

：大家对小车的设计有什么思路吗

镜头切到小施

：鱼骨头怎么样

镜头切小冯，小薛点头

小薛补充：要不再在鱼骨的肚子里加一个塑料袋，寓意鱼误食塑料袋后惨死变成鱼骨头，呼吁环保

小冯：可以可以

众人点头

小冯：名字呢

小施：就叫faix吧

小钟：行，那我们就开始制作吧

制作过程视频

小车出场，镜头保持

小车觉醒

次日，四人前来，发现小车自己在动

众人疑惑

：嗨？你好？

：你们好！你们就是faix的制造者吧！

众人震惊

：那么请问faix该如何称呼你们呢？爹？娘？

众人又诧异又想笑

：别，我叫小X，这位是X，这位是……

数日后

：小fai，我有些好奇，你的意识到底是怎么形成的？你也有生命吗？

：faix是为了保护环境而觉醒的，faix的生命跟环境息息相关，faix体内有个小垃圾袋，当环境糟糕到一定程度，faix体内的垃圾袋就会超负荷，faix会吐出小垃圾袋，而那就是faix生命的终结

：小fai，我们不会让你死去的，一起做环保卫士吧！（做庆祝动作）

画面切换

faix：快来快来，这里有垃圾

一人捡起垃圾，对faix点赞

画面切换

群众演员洗手洗完不关水龙头

faix：你这家伙怎么不关水龙头啊！

群演：哎呀，这啥玩意还会说话，真吓人

群演看着四人觉得没面子，把水龙头关了气愤离开

：小fai做的好！

第三幕

：大家最近过得怎么样啊

：托你的福，过得相当不错呢

：可不是嘛，没我帮你撑着你都得进两次局子了

：放心吧，排污技术又提升了，下次保证查不出来啦

：看看人家小冯，你那个垃圾星球排污工程又优化了，排放效率大大提升了诶，简直是地球污染的克星啊

：嘿嘿，对了，你那家米其林六星都开到我楼下了，明明垃圾乱丢乱排还能被评为环保模范餐厅呢

：哈哈，之后准备排到你那个垃圾星球上去，到时候给我打个六折的处理费啊

(齐): 哈哈哈哈哈

: 话说，你们还记得跟小fai说过的话吗 ()

分支一：众人沉默几秒，表情略微凝重，但转瞬间消散

: 害，那些虚无缥缈的约定哪有这个实在（手上搓money）

: 也是，哈哈哈哈

分之二：

诶……你们是……跟他们四个长得好像啊……

我们是谁不重要，你现在还有一个重要的任务要去完成，拜托要坚持住啊！

噢……好……

小fai出现在门口，慢慢地进来，吃力地说：好久不见了，大家过得怎么样啊？说完吐出袋子

5 本次夏令营项目的感悟与收获

钟梓轩：

相比于夏令营刚开始，如今的我成长了许多。作为电控人，在技能上我学会了接焊线、学会了使用万用表测量元件好坏、学会了依据电压电流需求来设计电路，可以说我从一个浮于表面的不靠谱的空想家成为了一个脚踏实地的务实的实干家。一路走来也遇见过不少坎坷，比如焊线烫到手、电池短路冒烟、超声测距坏了导致debug苦恼了两天……但是，与学到的知识相比，这些难关于我而言如九牛一毛。

我也自知自己在电控方面做的还有很多不足，如整个系统的电流不稳定，比如有时某些引脚会不受控制的被拉低。还有对LED灯带的控制不是十分准确，每次调整模式后可能都需要稍作等待才可以让LED灯跳转模式。我在接线的排布上也有问题，由于事先没有对于整个车身的接线进行规划，导致车身线路非常混乱，可能会导致短路、断路事件的发生。

如果有第三代车我将会从以上三点进行电控的改善，在未来工作或学习中我也会更加注意这些问题。

冯钰茹：

从夏令营刚开始时完全抓瞎到现在游刃有余地分配任务展开项目的实施，我领略到了良好心态的重要性、学习与实践相长的学科思想以及团队合作的独特魅力。

设计方法上，从第一代小车只会画平面草图打出手的底板到第二代用solidworks完成整个车各个零件的立体建模与装配。通过建模，我学会了在实践之前依靠建立的模型确定几何关系和尺寸约束，避免了在打出零部件后出现不嵌合的情况引起材料的浪费和心态的挑战。感谢本次夏令营让我收获了这些宝贵的思想方法，以及在自学ps、solidworks、latex等软件中锻炼出的信息检索能力和自学纠错能力。

我深知自己在知识学习和实践能力等方面上还有很多不足之处，在未来的专业学习中，我将利用在sdim夏令营中学到的思想、锻炼出的能力，继续前进！非常感谢这个夏令营中遇到的可爱队友，以及给予我们很多指导帮助的老师和学长！

施小雅：

我本身是一个非常懒散的人，在大一课业期间，尽管曾无数次制定计划试图认真学好每一门科目，但总被自己的懒惰打败。我总想着明天，明天还有时间，明天再开始……不能心安理得的玩，也做不到埋头苦学。

于是，夏令营的开始，是我的不知所措，晕头转向。我不懂设计，不懂机械，不懂电控。前两周像一位盲人一样东转转，西转转，就是无法迈出脚步。回头来看，这也是一段非常不错的经历，让我找到了学习的动力。我逐渐能够在课外的时间自主学习，主动搜寻资料，主动承担一些任务。从最初的什么都不知道，到慢慢的了解小车的内部结构，逐步动手去实现一些具体的功能，构建小车的外观，在SolidWorks上建模，各种设备的使用。连自己都想不到，我其实可以做到全身心的投入到学习中，不摆烂，积极上进。

非常幸运能遇到我的队友们，真诚、善良。我总是惊叹于他们的想法，每个人都极富创造力，对于小车结构的设计，视频制作的想法，外观的改良，总会频频让我感叹：我怎么想不到？明明是只有四人的小组，却让我觉得非常安心。尽管工作的过程非常辛苦，但生活很充实。

此次夏令营让我明白，一个人如果没有许许多多的工作需要完成，就无法享受懒散度日的乐趣。

薛海枫：

这次SDIM夏令营对我是一次独特而重要的体验。长久以来，我在一直对设计抱有兴趣，却迟迟没有摸索到设计界的入口，这次夏令营就像一把钥匙，帮助我推开了设计界的大门。我在夏令营的学习中，了解到了许多设计的流程、方法和重要经验，这些收货有的来自课堂学习，有的来自课后的自学、动手实践和主动请教老师。

我们小组由于有组员在开营后不久便退出或换队，组员比其他大多数小组都要少1/3。这也意味着我们的工作量是其他组的1.5倍。雪上加霜的是，我们组内基本都是设计小白。虽然任务艰巨，但每个组员都在加班加点地埋头苦干，没有任何组员会遇到困难摆大烂。我的工作效率比较低，这也直接或间接导致了项目进度的滞后，但组员们都没有埋怨我，有的只是包容与理解，真心十分感谢我的小伙伴们！

这次夏令营能够取得如此收获，靠的是我们的努力，更离不开老师们、学长们的鼎力支持。老师学长们的帮助与支持，极大地提升了我们工作的效率，帮助我们建立了更加成熟高效的思维和方法，避免我们不断走弯路。老师的开导、引导，为我们打破了思维的局限，感受到了更加广阔的思维维度。尤其是这次夏令营的工程顾问尉进老师，对我们的帮助尤其大，以至于各组之间都流传着一句话：遇到困难找尉工！衷心感谢各位老师与学长！

六周的时光，说短不短，说长不长。在中途遇到困难、精力憔悴时也有想要快点结束，早点休息，但当真正要结束了时，感到的还是不舍与留恋。虽然夏令营已临尾声，但我的SDIM之路才刚刚开始，期待我在之后的设计之路上不断披荆斩棘，乘风破浪！