

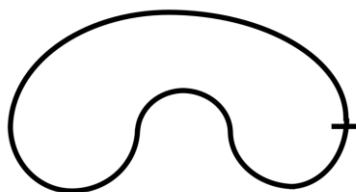
## 实验三 巡线竞速车

### 实验目的：

- 掌握 LEGO EV3 控制器的编程开发及调试方法
- 掌握 PID 控制器设计思路
- 掌握 PID 控制的编程方法

### 1. 实验内容

设计并搭建一辆竞速小车，沿环形赛道赛跑，成绩计为：顺时针+逆时针计时。



赛道示意图

### 2. 实验预习及准备

1) 自行组队，两人一组，请自带笔记本。

2) 查找资料，设计机器人小车的主体结构。

### 3. 注意事项

- 1) 请妥善保管**锂电池**。完成实验后，请将锂电池拆下放到**指定区域**充电。
- 2) 实验时，请先检查各模块连线，确认无误后再按下程序块的电源键；当需要插拔程序块和电脑的数据线、连接传感器、电机等操作时，尽量先关机（程序块）再插拔，不要带电插拔。
- 3) 当传感器或电机状态异常，请尝试重启程序块，或重启后再重新下载源代码。
- 4) 实验过程中，注意保持操作空间，在遇到器材问题时，举手示意老师，禁止私下交换程序块和零配件。

5) 实验完成后，举手示意老师：验收->关机->电池充电->**整理器材**->登记成绩->离开教室。

**注意：**1 请勿反复下载程序，反复烧写会缩短程序块的使用寿命。点击编程软件的“下载”或“下载并运行时”后，程序就烧写在程序块中，这时可以拔掉程序块和电脑连接线，直接用方向键和确认键运行程序。

2 长按屏幕下方的电源键开机，如果再次长按，用方向键按照屏幕提示即可关机。

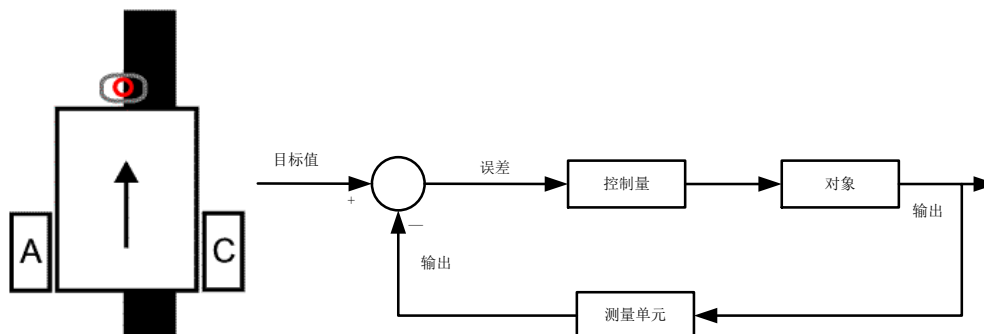


#### 4. 实验原理

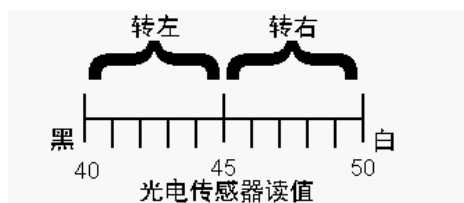
LEGO EV3 的颜色传感器工作在“反射光线强度”模式下时，可以用来检测赛道边缘，或者设置颜色传感器工作在“颜色”模式下检测不同色块的目标。

##### 如何让机器人走直线？

我们在小车的中心位置上安装颜色传感器。假设小车的两个轮子分别用两个电机驱动，分别与控制器的输出端 A、C 连接；前端装有垂直向下的颜色传感器，红圈的部分就是小车能“看到”的部分；带箭头的大长方形表示机器人的其余部分，箭头指示机器人的运动方向。



小车的两个轮子分别用两个电机驱动，分别与控制器的输出端 A、C 连接；前端装有垂直向下的颜色传感器，红圈的部分就是小车能“看到”的部分；带箭头的大长方形表示机器人的其余部分，箭头指示机器人的运动方向。

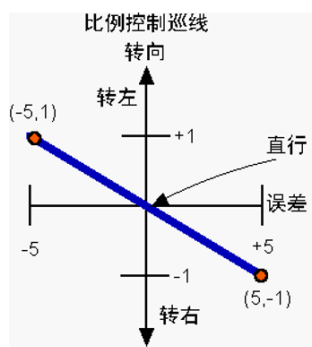


假设赛道的黑色部分反射光的值为 40，白色部分反射光是 50，那么当光电传感器位于黑色和白色赛道之间时理想的反射光值为  $45 = (40 + 50) / 2$ （一半黑一半白）。

当反射光数值大于 45 时，说明小车偏向赛道的白色部分；数字越大，向白色偏移越大。

当反射光数值小于 45 时，说明小车偏向赛道的黑色部分；数字越小，向黑色偏移越大。

因此，我们可以使用这样的控制策略，当向白色偏移越大，就让白色位置的轮子加速，对侧的轮子减速，偏移量越大，加减速的控制量也越大；当向黑色偏移越大，就让黑色位置的轮子加速，对侧的轮子减速，偏移量越大，加减速的控制量也越大：



光感测定值 - OFFSET(平均值) = ERROR (误差)

TP(目标功率/直线功率) -/+ TURN = 左/右电机功率

$K_P * E + K_I * I + K_D * D = TURNNER$

这就是 PID 的控制策略。

### PID 控制器的参数含义

PID 三个参数是比例 P、积分 I、微分 D，比例用于调节给定响应程度，积分用于调节给定平缓程度，微分用于调节是否超调。

明白 P、I、D 三个参数的含义和作用才让控制器到达最佳控制效果。

**比例参数 P** 的作用是加快系统的响应速度，提高系统的调节精度。比例参数越大，系统的响应速度越快，但容易产生超调，甚至会导致系统不稳定；比例参数取值过小，则会降低调节精度，使响应速度缓慢，从而延长调节时间。

**积分参数 I** 的作用是消除系统的稳态误差。积分参数越大，系统的静态误差消除越快，但若过大，在响应过程的初期会产生积分饱和现象，从而引起响应过程的较大超调。若积分参数过小，将使系统静态误差难以消除，影响系统的调节精度。系统偏差大时积分作用应减弱甚至全无，取小了又迟迟不能消除静差。

**微分参数 D** 的作用是改善系统的动态特性，其作用主要是在响应过程中抑制偏差向任何方向的变化，对偏差变化进行提前预报。但微分参数过大，会使响应过程提前制动，从

而延长调节时间，而且会降低系统的抗干扰性能。另外，微分信号的引入容易引进高频干扰，在误差扰动突变时尤其显出微分项的不足。

请在实验时，观察 P、I、D 三个参数对小车巡线的影响，通常只有比例参数 P，小车巡线的效果就足够好了；但如果小车在直线上的抖动非常剧烈，可以试着调节参数 kd，想一想这是为什么。

## 5. 实验步骤

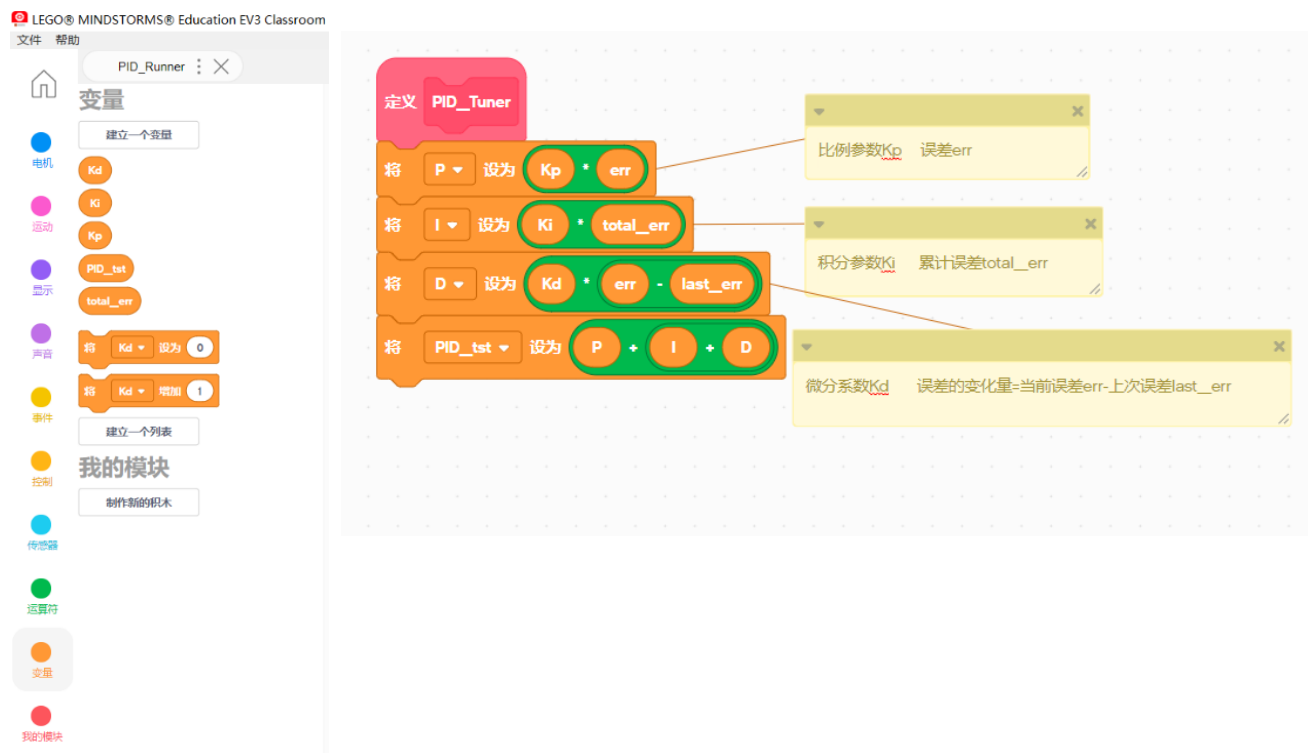
通过组队结成学习小组，以实际问题为研究对象，学会查找、阅读科技文档、设计图纸等技术文件，通过查找文献、技术文档、分析测试等方法对复杂的控制系统工程问题进行分析，结合机器人感知-决策系统设计，自行设计一个完整的机器人控制系统，完成实验内容，培养创新精神、工匠精神和服务意识。

### 任务一：编写PID控制器，实现小车巡线的功能。

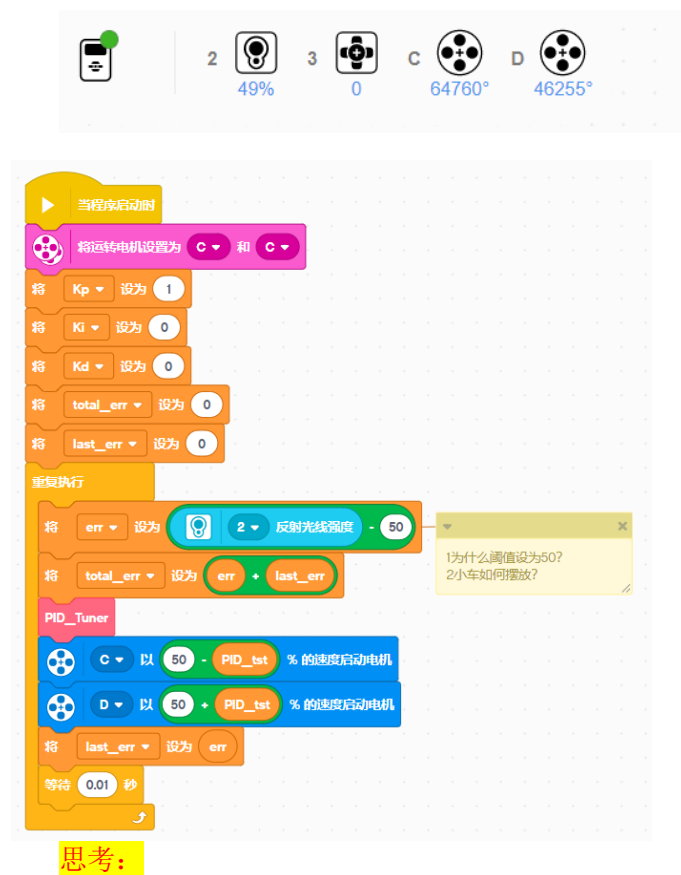
- 1、打开Classroom软件，新建项目，命名为“PID\_Runner”。
- 2、点击“变量”->“建立一个变量”，分别定义比例、积分、微分参数Kp、Kd、Ki，以及当前误差err，误差累计值total\_err，上一次的误差值last\_err，对应的控制量P、I、D，以及PID控制器的输出PID\_tst等参数。

- 3、点击“我的模块”，自定义一个函数“PID\_tuner”，编写PID控制器，如图所示。

想一下为什么这样写？



#### 4、设计主程序，参考如下：



##### ② 为什么把“反射光强度”的阈值定义为50？



##### ②为什么用功率启动电机？两个电机的功率如何设置？



#### 任务二：连接程序块和传感器、电机，测试你们所编写的程序。

##### 1、实验前，先检查实验箱是否完备：

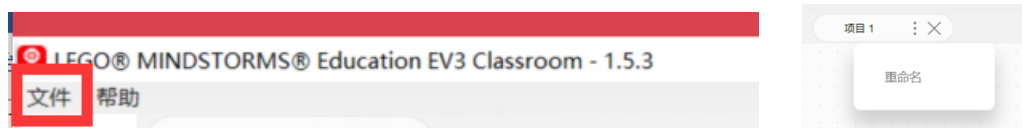
**电机：**2个大电机、1个中电机

**传感器：**2个触动传感器、1个超声波传感器、1个颜色传感器、1个陀螺仪  
如不符，举手示意任课教师。

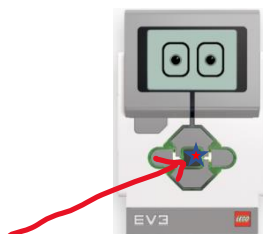
2、控制器（LEGO EV3 程序砖）、传感器、电机性能测试：


将**颜色传感器**连接在程序砖输入端口 1，将**大电机**连接在程序砖输出端口 D，**注意**，接线时，按下水晶头的尾巴插入端口，听到清脆的“喀哒声”，轻拽连接线，确认连接完好。

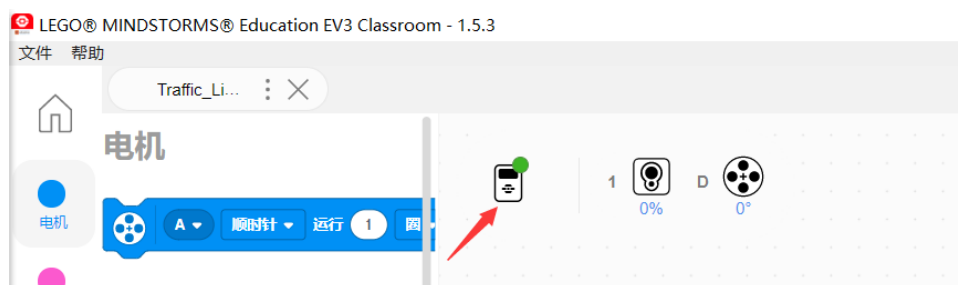
3、打开 LEGO EV3 Classroom 软件，点击“文件”->“新建项目”，新建一个编程文件，重命名为“PID\_Runner”。

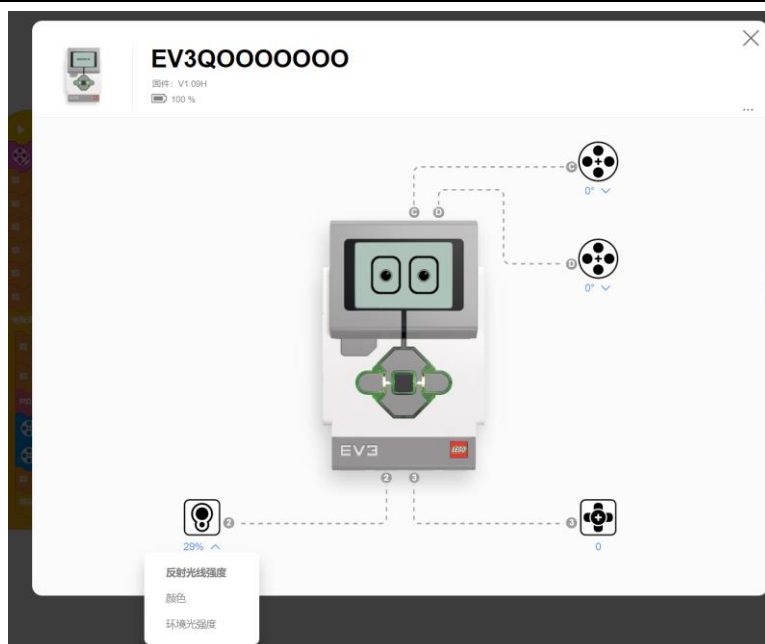


4、将程序块连接在开发电脑上，再按下程序块的开机键（方向键的中键）。



5、点击程序块，修改颜色传感器工作在“反射光强度模式”模式。





6、测试跑道上不同位置黑色和白色部分的反射光强度，记录，如何设置阈值？

测试序号	跑道白色部分	跑道黑色部分	阈值
1			
2			
3			
4			
5			

思考：可以在小车冲出跑道的位置多次测量，如何选定合适的阈值呢？你有什么好办法？

7、根据小车的运行情况，调整  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  的参数值，记录你们的实验结果。

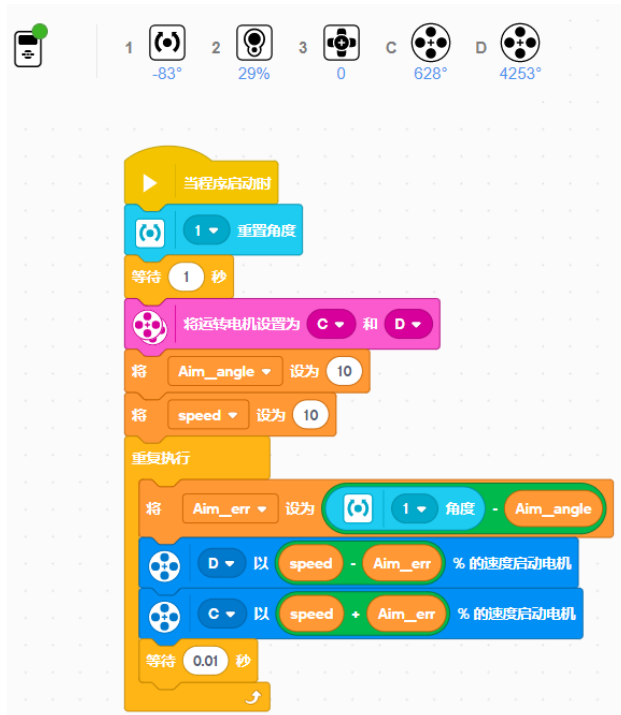
最佳的  $K_p$ =\_\_\_\_\_  $K_i$ =\_\_\_\_\_  $K_d$ =\_\_\_\_\_

测试序号	$K_p$	$K_i$	$K_d$	效果
1				
2				
3				

思考：调整  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  的参数值你有什么技巧？

**（选做）任务三：安装陀螺仪，设置陀螺仪让小车保持直线行驶。**

参考代码段 4，使用里程计，通过控制电机控制功率或运行特定时间或进行指定数量的旋转，控制参考代码：



**（选做）任务四：设计并搭建一辆极品竞速小车，编写PID程序，使小车在距离终点线较远的位置加速，在距离终点线较近的位置减速，设计一个完美的竞速策略。**

请在实验报告中说明程序设计的思路，记录测试程序的关键步骤，和 3 米竞速的成绩。

## 6. 完成思考题和实验报告。

## 7. 预习：

设计一个服务于未来生活的智能型服务机器人：以文字、图片等形式展示作品的创意设计。具体要求：其用途为家务劳动机器人、娱乐、情感交流、陪伴、个人卫生、家庭管家、安全与防护等家用服务智能机器人。