

# 上海交通大学

2018-2019 学年第 2 学期

## 工程实践与科技创新 IV-E 课程报告

组 别： P09

组 长： 严威豪 516021910806

组 员： 刘启明 516021910585

黄科力 516021910131

赵寅杰 516021910626

徐盟欣 516021910804

2019 年 5 月 4 日

# 目 录

<b>1 任务描述与硬件介绍</b>	<b>3</b>
1.1 课程任务描述	3
1.2 硬件介绍	3
<b>2 小组分工和日程安排</b>	<b>4</b>
2.1 小组分工	4
2.2 日程安排	4
<b>3 任务一：小车巡线</b>	<b>5</b>
3.1 巡线环境和基本策略	5
3.2 巡线逻辑和算法设计	5
3.3 巡线测试效果	6
3.4 讨论与改进	6
<b>4 任务二：小车走迷宫</b>	<b>7</b>
4.1 迷宫环境介绍	7
4.2 迷宫任务的基本策略和算法设计	8
4.2.1 沿左墙直行（state1）	8
4.2.2 沿墙左转（state2）	8
4.2.3 碰撞后右转（state3）	9
4.3 走迷宫测试效果	9
4.4 讨论与改进	11
4.4.1 沿左墙直行	11
4.4.2 沿墙左转	11
4.4.3 碰撞后右转	11
<b>5 拓展任务：蓝牙控制小车行进</b>	<b>12</b>
5.1 模块选择与蓝牙介绍	12
5.1.1 通讯原理	12
5.1.2 模块参数	12
5.2 代码实现	12
5.3 分析与思考	13
<b>致谢</b>	<b>14</b>
<b>个人总结</b>	<b>14</b>

# 1 任务描述与硬件介绍

## 1.1 课程任务描述

工程实践与科技创新IV-E（以下简称“本课程”）的基本任务是实现基于 PSoC4 的智能小车开发。我们需要使用 PSoC4 机器人控制实验平台，利用其上的 AD、IO、PWM、UART 等通用接口，以及碰撞传感器、红外测距传感器、巡线传感器、编码器、电动机等元器件，实现两个老师指定的任务和一个自选任务。两个必选任务分别为机器人巡线和机器人走迷宫，自选任务可以在现有接口的基础上自行设计开发。为了完成这些任务，我们需要通过 C 语言进行程序设计，并灵活应用相关的控制理论达到相关任务目标。

机器人巡线任务，就是让机器人小车沿着浅色地面上粘贴的黑色胶带行走，黑色胶带组成一个封闭的路径，小车需要沿着这个路径逆时针或顺时针行走一圈。机器人小车通过向地板投射三束光源并接收反射光的强度判断黑色胶带相对机器人小车中轴的位置，以此达到反馈控制的目的。

机器人走迷宫任务实际上可以简化为机器人沿墙行走，因为对于任何一个迷宫，我们都可以通过始终沿着左墙和右墙走出迷宫，我们在实现本课程任务时，即使用了这种方法，并令小车沿着左墙行进。小车沿墙可以通过测量侧面离墙的距离进行反馈控制。当前方需要左转时，小车会测量到左侧墙面距离突然增大；而前方需要右转时，小车会使用前方的碰撞传感器判断前方有墙，小车即右转。任务的具体实现将会在后面具体介绍。

有关自选任务，我们通过分析小车端口，最终决定使用蓝牙芯片，通过 PSoC4 上的 UART 端口对小车进行控制。在手机端，我们使用蓝牙端口给小车发送一定的信息，小车收到信息后进行对应的动作。

以上介绍了我们在本课程中需要完成的所有任务，我们将会在第三章中具体介绍任务细节和实现方式。

## 1.2 硬件介绍

本小节中将会介绍我们使用的具体硬件性能。包括小车运动学构造、碰撞传感器、红外距离传感器、光敏传感器和直流电机。

本课程中的小车采用差动驱动的方式，在小车的前方安装有两个独立驱动的主动轮，后方中央安装有一个无动力的90°瑞典轮（全向轮），小车的转弯和直行需要通过控制两个轮子的差速实现。在小车上载有 PSoC4 机器人控制平台，它具有 AD、IO、PWM、UART 等通用接口，可以将不同的传感器接在平台上，在板上进行数据处理并输出执行器控制信号。

碰撞传感器实际上是一个位置开关传感器，它由一个开关和一个较长的金属弹片组成。小车碰撞到前方的墙面时，墙面压迫金属弹片，而金属弹片进一步压迫开关，开关压下后输出碰撞信号。离开墙面后开关被释放，碰撞信号即消失。

红外距离传感器基于三角测量的原理，是一个有源传感器。首先传感器发射一束略微倾斜的红外光束，被测物体反射后被 CCD 检测器探测到。测量横向偏差即可测算得到被测物体的大致距离。我们使用红外传感器测量小车侧面到墙的距离，以此达到控制小车沿墙行走的反馈控制。

光敏传感器也是一个有源传感器，传感器发射一束白光并接收反射回来的光线强度判断背景的颜色深浅，这可以用来判断巡线时黑色胶带的位置。

直流电机是通过板载的 PWM 端口输出信号进行控制的，而 PWM 值是通过各种传感器进行反馈控制计算得到的，电机接收到不同的 PWM 值之后就会以不同转速和方向旋转。

## 2 小组分工和日程安排

### 2.1 小组分工

由于本课程中任务之间的关联相对较弱，我们决定将五个成员分为两组，先分别完成两个必选任务，然后共同完成自选任务和报告撰写等收尾工作。

小组分工如表 1 所示。

表 1 本课程中的小组成员分工

任务	参与小组成员
机器人小车巡线	黄科力、徐盟欣
机器人小车走迷宫	严威豪、赵寅杰、刘启明
自选模块（蓝牙控制小车行进）	小组全体成员
视频、PPT、报告撰写与制作	小组全体成员

整个过程中，小组所有成员分工明确、尽心尽力，为任务的按时完成都付出了很多，没有出现消极参与的情况。

### 2.2 日程安排

我们小组主要任务的进度如表 2 所示，我们花费了大量时间完成必选任务，并且在第八周之前完成了自选任务的开发。

表 2 任务进度安排

周数	2	3	4	5	6	7	8	9~10
----	---	---	---	---	---	---	---	------

设备检查和代码环境安装	✓							
机器人小车巡线		✓	✓	✓	✓	✓		
机器人小车走迷宫		✓	✓	✓	✓			
自选模块开发						✓	✓	
报告撰写、PPT 和视频制作							✓	✓

### 3 任务一：小车巡线

#### 3.1 巡线环境和基本策略

巡线所采用的地图是一个带有若干急转弯的闭合路径。沿着给定的路径巡线，难点是如何在急转弯时将偏差控制在很小的范围内，否则一旦小车偏出轨迹，就可能导致巡线传感器无法检测到车道，从而让小车失去控制或产生振荡。另外，找到一个让两轮转速相同的 PWM 值，从而让小车严格直行也很重要，否则小车不断偏离指定的方向，这不仅增加控制难度，也会使小车变得不稳定。

针对以上问题，我们首先通过反复的参数调整，找到一个让小车基本直行的 PWM 值。随后利用小车底部三个光线传感器返回的数据判断路径中心黑线的位置，从而判断两个差动轮的旋转速度。在这个过程中，我们需要反复调整，使得小车转弯效果流畅自然。

#### 3.2 巡线逻辑和算法设计

巡线部分的任务主要分为两大步骤：位置识别和运动控制。以下分别介绍。

位置识别方面，我们是利用小车前方三个光线传感器的返回值判断小车相对车道线的位置。假设三个传感器的返回值从左到右依次为 L、M、R，传感器判断为黑线的颜色阈值为 P（初始默认为 1000）。若小车位置偏左，则  $L > P$ ， $M < P$ （或  $M > P$ ）， $R < P$ ；若小车位置偏右，则  $L < P$ ， $M < P$ （或  $M > P$ ）， $R > P$ ；若小车位于十字路口，则  $L < P$ ， $M < P$ ， $R < P$ 。各情况如图 1 所示，其中蓝色为传感器测试点，黑色为赛道。

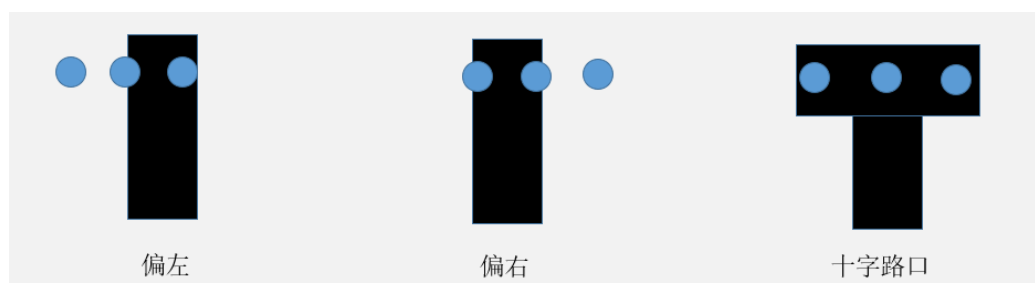


图 1 巡线控制逻辑示意

根据传感器测得的小车位置信息，我们再对小车进行运动控制。考虑极端情况，当小车

没检测到赛道时，它可能已经冲出赛道或方向偏离过大，此时应该进行后退调整（控制逻辑较好时，这一部分实际上用不到，所以此功能仅仅是保护功能）。由于小车是差速转向的，右转时需要左轮快、右轮慢，左转时需要右轮快、左轮慢。通过调整左右电机的 PWM 值控制小车的速度。经过测试，小车在直行、左转、右转时 PWM 的值如表 3 所示。

表 3 小车直行、左转、右转时的 PWM 值

	直行	左转	右转
左轮	4120	4300	3900
右轮	5070	5830	4500

总体算法流程如图 2 所示，系统是一个闭环系统，存在传感器到控制的反馈。

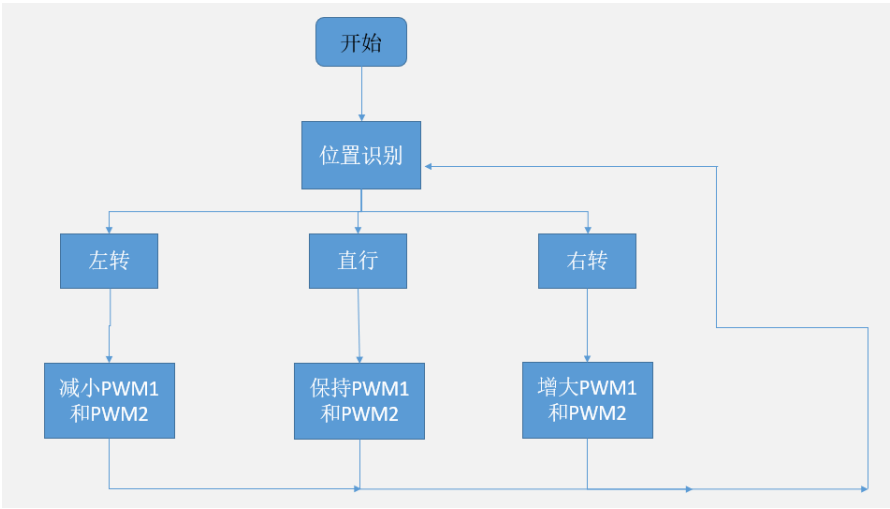


图 2 巡线控制逻辑图

### 3.3 巡线测试效果

在我们不断测试和参数优化后，小车最终能够稳定地巡线前行（实际效果见提交的视频资料）。具体描述如下。在直线部分基本稳定直行，只有极小的误差积累，并且能够及时校正，没有明显的抖动。在弯道处不用后退调整，能够流畅地通过急弯，并且巡线的误差较小，巡线时基本位于黑色轨迹上。最终巡线一圈的完成时间为46s。

### 3.4 讨论与改进

在实验中，我们遇到了一些困难，对每一个难点我们都尝试分析原因并着手解决，有些问题得到了很好地解决，有些问题不能立刻解决，我们也尝试使用了其它的替代方案。

一是传感器敏感度的问题。经过测试发现，我们组所用小车的前方的三个传感器的敏感度和测量的范围有所不同。所以在巡线的时候，会出现在直线行进时也会有车体轻微抖动的现象。为了解决这一问题，我们先在静态下，反复测试传感器在不同情况下的返回数值，观

察它们的特性,然后为每个传感器单独设置了阈值,来提高位置判断的准确度。这一方法虽然提高了代码复杂性,但是增加了小车巡线的稳定性。

二是转弯的角度大小会对转弯效果产生影响,从而影响观感。当转弯角度过小,则在转弯弧度较大的弯道时,小车无法流畅地转过去;当小车转弯角度过大,在直行时地某些干扰会引起剧烈抖动。调整方法是利用二分法进行调参。我们先设定了小车能够在后退情况下通过弯道的数值范围,然后通过二分法进行参数整定,当小车在转过弯道前就有后退,则增大角度,在转弯后后退,即转弯太多,则减小转弯角度。转弯角度由左右轮 PWM 相对直行时的值的差决定。

小车电量：小车地电池电量会对相同 PWM 值下地车轮转速产生影响，从而可能让小车在转弯的时候脱离赛道。我们每次调试之前都让小车充满电，来保证调参时没有电量问题的干扰。

以上问题的解决, 让我们巡线取得了不错效果。经过讨论, 我们认为还可以在巡线过程中, 通过电脑与小车建立通信, 当小车在某些情况的参数调整不理想时, 比如急转弯部分的参数, 可以让小车在此部分处将决策参数等传回电脑, 最后通过制图分析小车轨迹来调参。

#### 4 任务二：小车走迷宫

### 4.1 迷宫环境介绍

迷宫赛道如图 3 中所示,可以看到整个迷宫的范围为 $300\text{cm} \times 180\text{cm}$ 的矩形,其中赛道的宽度为 $40\text{cm}$ ,对小车的宽度起到一定的限制作用;最长的路径有 $140\text{cm}$ ,说明小车有一段比较长的路线需要进行沿墙直行;最短的路径为 $20\text{cm}$ ,这对小车的转弯能力要求较高;同时由于三面临墙的位置存在,小车连续转弯的能力也需要一定的保证。

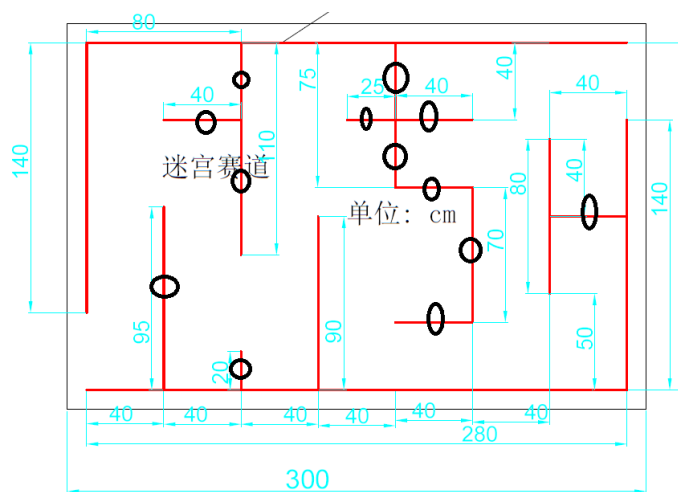


图3 小车走迷宫任务地图

## 4.2 迷宫任务的基本策略和算法设计

在小组讨论之后，我们决定采取使小车沿左墙行驶的策略，即小车从入口处开始遍历迷宫的左墙，直到到达出口。这种方法虽然耗时，但可以保证小车顺利地完成任务。

在确定走迷宫的基本策略之后，我们对小车在走迷宫过程中的动作情形进行分解，主要由三部分组成：沿左墙直行、沿墙左转、碰撞后右转，并将这三种状态设为 `state1`，`state2` 和 `state3`，依次对这三种动作情形进行算法设计和实现。

### 4.2.1 沿左墙直行（`state1`）

在实现沿左墙直行的功能时，我们期望小车能够按照预期的离墙距离快速平稳行驶。基本算法思想是在基础直行电机转速（人为调参找出）上加入 PID 调节控制。

首先，我们调节控制电机转速的参数，得到能够使小车大体上直行的控制参数，这与巡线部分的工作很相似。但无论何调参，受到电池电量、地面摩擦力等因素的影响，小车还是会发生微小偏移，一味地调节参数是没有意义的，所以我们加入了 PID 控制。

我们使用小车左侧的红外传感器测量小车与左墙的距离。根据红外传感器的返回值选择合适的参考距离，利用在自动控制原理中学习到的 PID 控制方法计算电机转速的调整量。其中比例项为参考距离与当前离左墙距离之差，积分项为历史误差之和，微分项为当前误差与前一次误差之差。

我们计划固定左轮的速度，在右轮电机参数的基础上加上由 PID 控制器输出的调整量，当调整量大于零时，说明小车的当前距离小于参考距离，此时小车需要远离墙，即右轮需要减速；当调整量小于零时，说明小车的当前距离大于参考距离，此时小车需要靠近墙，即右轮需要加速。算法的具体逻辑步骤如下所示。

- 1、设置 PID 控制参数  $K_p$ ， $T_i$ ， $T_d$
- 2、设置预期距离 `I_dist`
- 3、获取当前小车与左墙的距离 `dist`
- 4、计算当前误差 `error`，历史误差之和 `sum_error` 以及与前一次误差的差值 `diff_error`
- 5、由  $K_p * error + T_i * sum\_error + T_d * diff\_error$  得到右轮电机的控制参数调节量
- 6、控制电机，返回第 3 步

### 4.2.2 沿墙左转（`state2`）

经过讨论后，我们确定沿墙左转的基本思路为，当小车检测到左墙距离由正常范围值突然增大时进入左转状态，先保持直行一定的时间，接着减小左轮速度，加大右轮速度形成差速，使小车出现左转的动作，知道再次检测到左墙的距离在正常范围内为止。算法的具体逻辑



辑步骤如下所示。

- 1、如果当前状态为 state1 并且与左墙距离超过一定范围时进入 state2，否则跳过
- 2、使小车保持直行状态一段时间
- 3、减小左轮转速，加大转速，利用差速使小车左转
- 4、直到检测到左墙距离再次进入正常范围，停止左转，进入 state1

#### 4.2.3 碰撞后右转 (state3)

在这一过程中我们使用了碰撞传感器。当碰撞传感器的返回值为 1 时（即发生碰撞时）小车进入右转状态，我们的基本算法为先使小车向右后方退一段距离，接着减小右轮转速，加大左轮转速，利用差速使小车右转一段固定时间，当完成右转后，检测与左墙的距离，若距离正常，则进入 state1，若距离很大，则进入 state2。算法的具体逻辑步骤如下所示。

- 1、如果碰撞传感器的返回值为 1，进入 state3
- 2、使小车向右后方后退一段固定时间
- 3、利用差速使小车向右方旋转一段确定时间
- 4、检测与左墙的距离
- 5、若距离正常范围，进入 state1（直行），若距离很大，进入 state2（左转）

#### 4.3 走迷宫测试效果

在本节中我们将说明我们最后走迷宫的测试效果，主要从全程时间、直行效果、沿墙左转效果以及碰撞后右转效果等方面进行介绍。

在进行测量后，我们的小车大约在 50 秒左右走完全程，完成速度较快。

经过观察，我们的小车在直行墙的距离较长时的调整效果较好，而当小车经过左转后再进入直行状态时，由于初始方向的误差，小车有时不能够快速且稳定的调整过来，尤其是当左转后直行墙的距离较小时，小车往往会稳定在离墙较远的距离。但这并不影响小车的正常行驶。实际行走时小车的状态如图 4 所示，可以看见小车直行较为稳定，方向也比较正。



图 4 小车直行时的状态截图

单对转弯的完成而言，我们小车在转弯时不论是 $90^{\circ}$ 还是 $180^{\circ}$ 都能够顺利连贯的完成。我们并没有对结束转弯时小车的方向进行控制，因为在直行调整及时的情况下，并没有调整方向的必要。小车左转转弯的状态截图如图 5 所示。

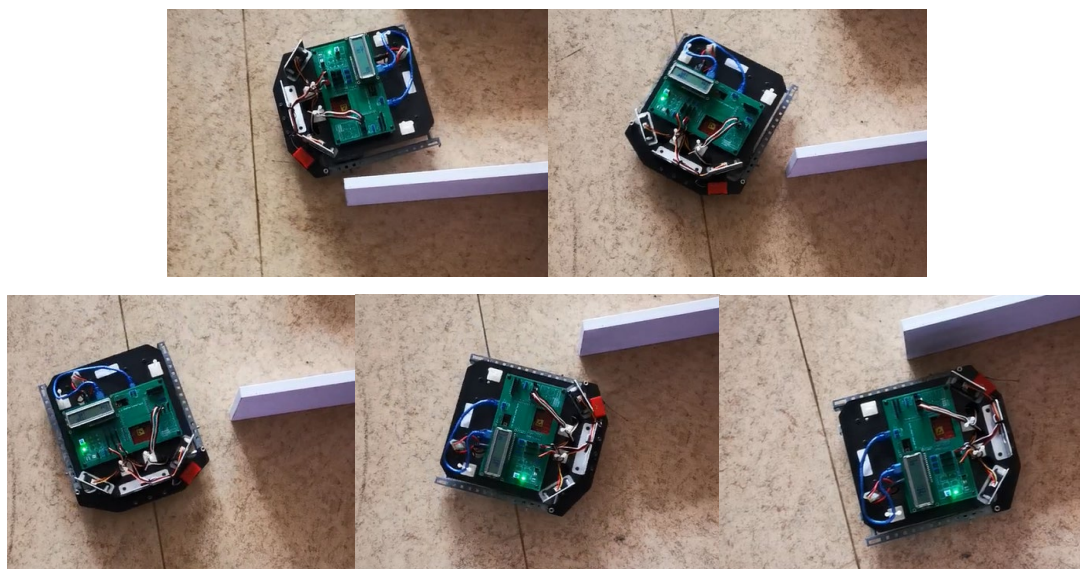


图 5 小车左转时的状态截图

值得一提的是，考虑到小车的纵向车长大于横向车长，我们担心小车原地右转车尾会碰到左侧的墙，所以我们在进行右转前加入了沿右后方退一段距离，这样可以避免不必要的车体碰撞以及带来的一系列消极影响。在实际演示过程中，我们的小车在碰撞后右转的效果特别好，从来没有出现过差错。碰撞后右转的状态截图如图 6 所示。

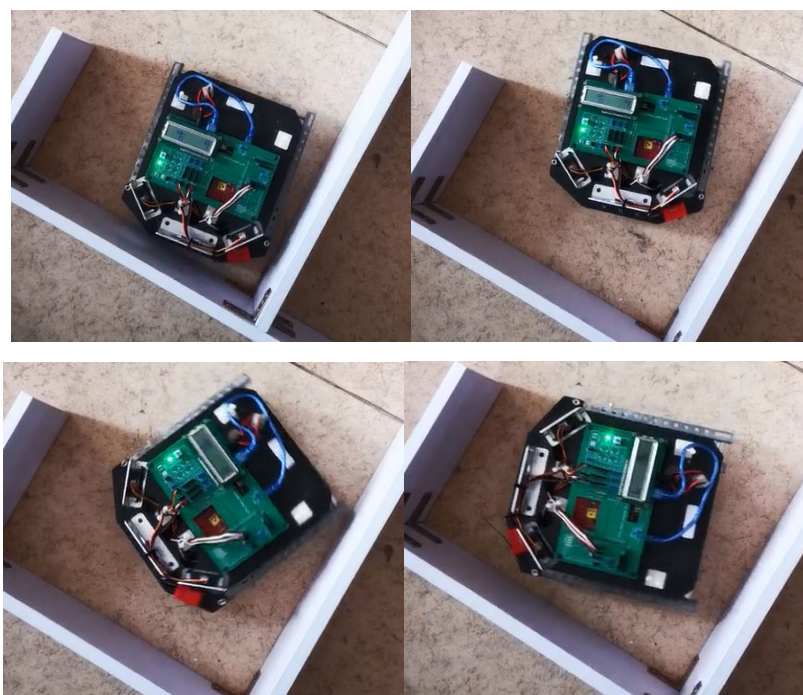


图 6 小车碰撞右转时的状态截图

## 4.4 讨论与改进

### 4.4.1 沿左墙直行

经过讨论,我们认为沿左墙直行是三个环节中最重要的一环,如果沿左墙直行的效果调整到位,左转后造成的误差也就可以快速地被校正,于是我们花了很大的功夫调整沿左墙直行上。在这一过程中我们也遇到了许多问题。

一是电机转速参数值的不对应,且不是线性关系。左轮的参数值是越小越快,而右轮的参数值是越大越快,这一特点让我们很不适应,在调整参数值的时候需要花更多的时间来避免调错。同时由于转速和 PWM 的具体数值也不是线性对应的,我们必须手动调节才能得到最佳参数。

二是 PID 校正装置的设计方面的问题。在最初,我们计划使用距离和转速两套 PID 参数进行校正,一来想要使得小车离左墙的距离保持参考值,二来希望小车的右轮速度跟随左轮速度。在此期间,我们给小车安装了编码器,但我们发现编码器返回的数值很不稳定,即使是保持恒定转速的左轮的返回值也经常发生跳变,并且由于两套 PID 共有 6 个参数,这大大增加了我们的工作量。所以最终我们选择放弃转速 PID 控制,仅使用距离 PID 控制。同时,由于拆掉了左右两个编码器,小车的宽度减小了许多,这让小车的容错率更高,更不容易侧身撞墙。

三是红外传感器返回值范围较小,变化范围较小,所以我们按比例扩大了各计算项,使得返回值的数值范围增大,可使用值个数增多,更加利于系统的调整。

### 4.4.2 沿墙左转

我们认为沿墙左转需要直行一段距离再进行左转,否则小车的左侧会撞到拐角处。在调节的过程中遇到了如下问题。

一是左转 $90^\circ$ 和左转 $180^\circ$ 的差异判断。我们发现左转分为 $90^\circ$ 和 $180^\circ$ 两种情况,所以打算分类别进行参数的调整。但是通过讨论和思考发现,两种情况原理上是一样的,有着相同的起始和结束判断标准,于是在实际调参过程中,我们没有进行区别对待。

二是左转结束后的调整。由于我们仅仅是在检测到左墙距离再次回到正常范围内时就停止左转,无法保证结束后的小车朝向如何。由于初始的朝向可能与理想方向有较大的偏差,所以这对沿墙直行提出了更高的要求,我们并没有较好的解决这一问题。

### 4.4.3 碰撞后右转

小车只有一侧碰撞到墙壁。在给小车装碰撞传感器时,我们只有左边的碰撞传感器是有效的,右边的碰撞传感器是坏的,由于课程进行到后期时时间较紧迫,我们没有进行更换。

于是当小车撞墙时时角度偏差较大时，可能只有右方的碰撞传感器被挤压，这时我们的程序无法进行判断，小车会出现卡死在那的情况。这个问题可以通过加入另一个碰撞传感器来避免。

## 5 拓展任务：蓝牙控制小车行进

### 5.1 模块选择与蓝牙介绍

受限于小车 SoC 的处理能力以及片上接口数量，我们可添加的元件并不多，基本上局限于避障传感器、温度传感器、湿度传感器、光电传感器、陀螺仪、蓝牙等模块。但这些传感器或是接口不兼容，或是可玩性差。综合考量，我们最后还是选择了蓝牙模块。

蓝牙是各设备间短距离数据交换的无线技术标准，波段在2.4GHz，使用跳频技术，将传输的数据分割成数据包，拥有主从架构，吞吐量在24Mbit/s。蓝牙模块拥有功耗低，接口简单，便携，可定制性高等优点，已经得到了广泛的使用。

#### 5.1.1 通讯原理

蓝牙是基于数据包、有着主从架构的协议。一个主设备至多可和同一微网中的七个从设备通讯。所有设备共享主设备的时钟。分组交换基于主设备定义的、以312.5μs为间隔运行的基础时钟。两个时钟周期构成一个625μs的槽，两个时间隙就构成了一个1250μs的缝隙对。在单槽封包的简单情况下，主设备在双数槽发送信息、单数槽接受信息。而从设备则正好相反。封包容量可长达 1、3 或 5 个时间隙，但无论是哪种情况，主设备都会从双数槽开始传输，从设备从单数槽开始传输。

#### 5.1.2 模块参数

我们使用的蓝牙模块长37.3mm，宽15.5mm，输入电压为3.6V~6V，峰值电压不超过7V，自带透明热缩管保护。接口电平为3.3V，板载3.3V稳压芯片，所以5V的芯片也可以直接连接。该元件共有4个引脚，VCC接电源正极，GND接电源负极，RXD是接收端，蓝牙模块通过这个端口接收从其他设备发来的数据，需要接小车的发送端，TXD是发送端，蓝牙模块通过这个端口发送数据给其他设备，需要接小车的接收端。

该模块自带连接状态指示灯，LED快闪表明没有蓝牙连接，LED慢闪表示进入AT指令模式。该模块为从机，需要和手机等智能终端配对。配对成功后，可以作为全双工串口使用，但只支持8位数据位、1位停止位、无奇偶校验的通信格式。

### 5.2 代码实现

小车使用 UART 与蓝牙串口连接，再与手机进行通讯，默认波特率是9600bps，接收端和发送端的缓冲区均为 8 字节。我们利用蓝牙模块实现了手机端控制小车前进、后退、左转、右转，以及根据手机指令走出'S'，'J'，'U' 的字符轨迹。

基本思路是：手机 APP 中设置按钮，每个按钮都约定好实现的功能，按下按钮就向蓝牙模块发送一个预设的字符，蓝牙模块通过 UART 将字符发送给 CPU，然后根据代码中对应字符的控制流实现相应的操作。逻辑如下：

```
// UART 初始化
// 从蓝牙模块接收字符

ch = UART_UartGetChar();      // ch 为字符类型

switch(ch)
{
    // 以下每一个分支都有一段预先写好的电机控制流

    case 'Q': // 前进

    case 'H': // 后退

    case 'Z': // 左转

    case 'Y': // 右转

    case 'S': // 轨迹为'S'

    case 'J': // 轨迹为'J'

    case 'U': // 轨迹为'U'

    default : // 停止
}
```

经过调试，小车可以走出理想的效果，控制较为灵敏，反应较为迅速，字符轨迹流畅明显。

### 5.3 分析与思考

蓝牙模块在短程通讯中确实十分好用，安装简单，配置方便，接口也是通用接口，十分易于扩展。由于时间的原因和 PSoC 本身的限制，我们并没有实现非常复杂的功能，这是本任务中的遗憾之处。

蓝牙模块和片上接口的 TX/RX 一定不能接反，刚开始测试时就是由于接线原因导致蓝牙模块无法通过 UART 和处理器通讯。

由于电机 PWM 值和车轮转速非线性时变的特性，导致在调试特定字符的轨迹时比较困难，两轮的差速和延时时间都需要不断地试错才能找到效果较好的值。

为了更佳的演示效果，可以在车轮上涂上墨水或油漆，这样轨迹更为明显，可以清晰地辨别出字符，但为了保护小车，以便后续循环使用，我们放弃了这个想法。

## 致谢

在本课程即将结束之际，我们小组成员要对课程中一直指导和支持我们的王景川老师和助教表示诚挚的谢意。我们的硬件设备发生数次故障，每次联系老师和助教都能得到及时和耐心的解答，故障传感器也能得到及时的更换，这对我们小组成功按时完成所有任务非常关键。每次周报的审核也花费了老师和助教的宝贵时间，再次感谢老师和助教的辛苦付出。

另外，我们还要感谢其他小组的同学，在课程进行过程中，我们在独立完成的基础上进行了坦诚深入的交流，这对提升任务创新力产生了巨大作用。

最后，我们还要向同组内的组员相互致谢，在课程中，我们不仅仅是项目同事关系，更巩固了友谊。我们之间的紧密合作和相互信任是本课程所有任务成功完成的关键。

## 个人总结

刘启明

在本次工科创课程中，我主要是负责机器人走迷宫任务和附加任务（蓝牙控制小车行进）的开发。同时在后期负责部分课程报告的撰写和全文的整合。在各项任务开发的过程中，我全程参与了控制逻辑的讨论，也完成了部分代码的编写。在撰写报告时，我主要负责第一、二节的撰写，以及将所有组员的报告进行整合等工作。

首先介绍我在完成走迷宫任务时的工作和感想。在任务刚开始时，我和另外两名队友一起讨论了走迷宫时机器人的控制逻辑，将小车行进分为直行、左转、右转三个部分，并决定采用传感器输出的反馈闭环控制方法。一开始我们使用了编码器、红外测距传感器和碰撞传感器。首先我们利用已有的传感器确定了基本的控制逻辑，并在校正网络中引入了 PID 调节，我参与编写了其中的代码并根据小车的实际行走情况进行了大量的参数调节工作。在反复调节代码参数后小车在直行和转弯时效果仍不理想，反复检查发现不少零件度数异常或不稳定，特别是左轮运动时快时慢，严重影响了控制稳定性，这一度让我和队友陷入困难的境地。我更换了问题零件，并拆除了两侧的编码器。经过代码和硬件调整之后，小车走迷宫的



效果得到了明显的提升。

在走迷宫任务进行的过程中，我和另外两位队友协调配合，共同完成了任务开发。每次开发时我们都会聚在一起，共同讨论和工作，所以其实我们三个人的分工并没有明确的界限，大家都很努力。由于小车的一些部件老化或功能损坏，我们在开发的过程中遇到了不少难题，我学会了使用合理的方法定位问题并提出合理的解决方法，这为今后的工程实践积累了宝贵的经验。另外，我们在控制小车走迷宫时使用了不少控制原理和知识，比如 PID 控制等。在小车振荡严重时，我们尝试提升微分项的作用抑制小车振荡；在小车偏离墙面过多时，我们也尝试提高积分项的作用减小稳态误差。通过参数调节，我真切地感受到了理论在实际中的应用，对相关领域的兴趣也提升不少。

在附加任务中，我和队友经过反复商讨，决定进行蓝牙控制小车的开发。实际上我们想过很多种备选方案，但是由于小车本身的接口所限，我们不得不选取一个较为现实但是略显平庸的方法。我在这个任务中负责小车端程序的开发，同时配合队友配置手机端的串口通信程序。

总的来说，这门课程让我在合作的氛围中领悟到了工程实践的魅力，同时也让我学以致用，将理论转化为实际的成果，这种感觉非常奇妙。在实践过程中，我还锻炼了自学能力，提升了团队协作和表达能力，收获颇丰。

## 徐盟欣

工科创 4E 这门课对我来说，是一门实践性非常强，也带给我很大提升和收获的课程。虽然在之前选修过的工科创 4D 中也做过小车巡线类似的任务，但那是在仿真软件上做的，不用考虑硬件的问题。而 4E 小车面对的问题是算法和硬件相结合的。

我在小组中主要负责的是巡线部分的算法设计和测试。首先，我们面临的问题就是要给左右电机合适的 PWM 值，让小车能够直行，左转和右转。设计的过程就是反复的尝试不同的 PWM 值，测试效果，进一步校正。在这个过程中，我感受到了实际工程项目中会面临的一些问题，比如在小车电池电量下降之后，相同参数下，小车的速度和稳定性会受到影响；小车传感器的返回值不稳定；三个光敏传感器的敏感性不同等。这些问题是由实际项目中的硬件设备产生但不可忽视的，我们必须要去克服的。为了解决这些问题，我们每次测试前都记得充满电，反复测试传感器的返回值特性以设定不同的阈值，花大量时间进行参数调优。也正是这些看似琐碎和反复的工作，让我们最后也取得了不错的结果。

这门课带给我的另一个感悟可以总结为“大道至简”。在初期设计巡线算法的时候，我

们设计得较为复杂和全面。开始计划采用 PID 进行调整控制，发现通过传感器返回值计算误差很不准确。于是将算法改为方位控制，加入历史的转向信息，来进行当前时刻的辅助判断，结果还是难以达到预期，小车偶尔会冲出跑道。最后干脆直接根据当前位置进行方向判断，回归最简单的逻辑，对参数进行正定后，能够达到不错的效果。这一系列的工作，让我感受到，在实际的工程项目中，我们不需要一味追求算法的复杂和高级，而要结合实际，简单的方法也未必不能实现很好的效果。

此外，在课程中，我们还需要整理接线，安装传感器，安装小车零部件，也锻炼了我们的动手能力。总的来说，这门课程不仅需要我们对算法的理解，还有实践操作能力和创新型，以及一步步调整参数的耐心和对细节的把握。

最后我们小组按期完成了要求的任务，也取得了不错的效果。这也要归功于我们小组明确的分工协作，每一名成员尽心尽力的付出，相互之间的讨论和帮助，以及不断地互相鼓励。感谢小组其他同学地付出和帮助！最后，感谢王景川老师的付出以及两位助教每周五的陪伴和帮助！

严威豪

在为期 8 周的工科创 4E 课程中，我从一个从未接触过实体小车的萌新状态，逐渐成长到能够让小车按照自己的控制意图动起来的状态。在本课程中，我的主要贡献有：(1)作为组长组织规划和监督组员们按时保质完成任务、每周整理小组周报以及当器件损坏时和助教联系进行更换；(2)作为主要成员参与完成走迷宫任务和蓝牙扩展功能的实现；(3)进行小组报告走迷宫部分内容的编写。期间虽然遇到了许多令人头疼的问题，但是在和组员合作的过程中，这些问题一个个得到了解决，最终课程任务的完成效果也让我们基本满意。总体来说，我在这门课程中收获了许多。

1. 体会到从理论到实际的差距。在大二下学期的工科创 4D 中，我们是在软件中进行小车的控制仿真，在给定参数的条件下小车的表现是一致的。然而在本课程中，我发现由于电量、地板纹理、地板摩擦等影响因素，在给定参数下小车的表现不保证一致，这让我觉得调整参数的过程很困难。这也提醒了我在将理论模型应用于实际时还是需要考虑各种器件、环境的影响的，否则即使理论上设计的再好，实际表现也只会差强人意。

2. 加强了分析和解决问题的能力。在本次课程中主要有巡线、走迷宫和蓝牙控制三大模块。我主要负责走迷宫和蓝牙控制模块。在完成任务的过程中，需要先对任务进行分解，逐个完成后再进行整合，这对我们将任务进行总-分和分-总的的能力提出了一定的要求。例如



在走迷宫任务中，我们将总任务分解为沿墙直行，沿墙左转以及碰撞后右转三个相对独立的子任务；在三个子任务完成后进行整合时要细致完整地考虑到各个状态之间的转化条件。完成这些任务的过程中，我思维、逻辑能力等到了一定的提升。

3. 接触到了各种传感器以及体会到了它们在控制系统中起到的作用。为了完成课程任务，我们使用过光敏传感器，红外传感器，碰撞传感器，超声传感器，编码器等。在决定使用这些传感器之前，需要对它们的用途进行了解并且需要观察它们的返回值是否稳定。这让我逐步认识并体会到传感器在控制系统中的作用以及如何选择合适的传感器来采集数据。

4. 接触了 Cypress Psoc Create 软件，加强了编程能力。之前从没有接触过这个编程软件，在一开始接触是时还有点担心自己能不能快速上手，不过在老师给的教程帮助下最终懂得如何在软件中进行主控制程序的编写以及相应传感器的调用，提高了自己编写代码的能力。

5. 加强了动手能力。第一次接触实际的小车和各种传感器，了解到小车的基本构成、接线逻辑。在安装和拆卸传感器、接线过程中，实际的动手操作让我感受到在实际工业中的真实手工操作情况，同时也提高了自己的动手能力。

6. 体会到一个团队组长的责任的重要性。这是我第二次作为工科创的小组长，在这段经历中，我再次感受到一个团队组长在团队中的重要性。将 5 人组分成 2 人巡线和 3 人迷宫，这让我们能够并行完成任务；规划课程的总体进度：第五周完成基本功能，第六周完善第七周蓝牙开发第八周总结；分配任务、组织小组讨论、监督小组进度等，这些工作是需要进行认真进行的。而在课程初期，由于我属于走迷宫小组，我常感受到对巡线小组的进度不够了解，及时加强组内的交流；由于第六周的清明假期小组进度落后，第七周加紧赶紧，保证任务按时完成。总之，这次作为小组长会是我的一次很宝贵的团队组织经历。

最后感谢小组成员对我的支持和包容，感谢他们的辛勤付出，也感谢老师和助教的解惑和帮助。

赵寅杰

在这门课中，最大的收获就是学会了如何将学到的理论应用于实践。以前学习的课程大部分都是以理论为主，即便有类似的工科创也是基于仿真小车，仿真就意味着屏蔽了大部分的现实问题。但在这门课上，才得以有机会与实际的系统打交道，才真正体会到了理论与实践之间的鸿沟。

课程初期就是对整个软硬件系统的探索过程。由于以前没有接触过类似的系统，对小

车的硬件设备和软件接口一无所知的我只能按照例程一步步地编写代码、连接设备、配置引脚，但却不理解这些步骤背后的原理。直到按照自己的理解一点点地修改代码，然后观察小车行为的变化，才慢慢理解了各个元件的用法，比如明白了左右轮的旋转速度和 PWM 值分别是正相关和负相关的。在基本理解了调试流程后，才真正地从例程中跳脱出来，开始在算法中注入自己的思想了。

然而对实际系统而言，算法设计只是其中很小的一部分。因为只是用到了单回路 PID 控制，所以基本上用到的就是现有的算法。大部分时间都花在参数整定以及修理或者更换元件上，这是仅仅学习理论完全无法体验到的。这些硬件层面的问题是无法通过软件来弥补的。比如说右轮电机无法在给定 PWM 值下保持匀速，虽然我们很早就发现了这个问题，但由于没有经验，妄图通过给电机额外增加一个反馈回路来稳定右轮速度，于是花了大量精力编写并调试了一套复杂的串级调节系统。事实证明，控制系统设计得如何巧妙，都不如直接换掉电机来得简单直接，而且不需要高级的控制算法就能达到理想的效果。所以只有在硬件设备运转良好时才能发挥算法的全部性能。

另外，在实际操作过程中，也出现了一些让人难以理解的问题。比如在迷宫部分基本成型时，我们在电路中加入了一个新的碰撞传感器，之后小车运行时就出现了未定义的行为，红外传感器的检测范围也急剧地缩小。在我的印象中，即便某个元件内部有问题，也仅仅是该元件的返回值会出现异常，并不会影响到其他元件的工作，所以一直没有怀疑是新加的碰撞传感器的问题。直到后来偶然间拔掉了连线，小车恢复了正常运转，才反应过来这个传感器有问题，而且不仅仅是元件内部的问题，还影响到与它有电气连接的其他传感器。这些都是实践后才能领悟到的经验。

总之，这次经历丰富了我的知识储备，锻炼了动手能力，也是对控制原理的一次实践。感谢老师和助教的指导。感谢同组同学的努力。

黄科力

时长为 8 周的工科创 4E 马上就要结束了，在课程结束的时候，回望过去八周的做项目的时间，其中有表现提高，效果变好的喜悦，也有一遍又一遍测试的痛苦。调试过程是艰难的，但是从最终的效果来说，是欣喜的，不论是从代码能力，还是和硬件配合的能力来说，大家都学到了很多东西，得到了很多锻炼。

4E 主要分为三个部分，巡线，迷宫和扩展部分。我在小组里面主要负责的是巡线和一些后期制作的部分，所以我就重点的讲一下巡线的感想。巡线，就是让小车沿着黑色轨迹前

进，这个任务我们初听的时候感觉很简单，但是理论和现实的差距真的是很巨大。巡线的时候首先是要检测黑线然后判断前进方向，我们首先在检测方面就遇到了困难。我们组不知道是颜色传感器出了问题还是板子内部的问题，三个颜色传感器的检测值始终呈现出一种诡异的变化状态，要嘛两个变小一个变大，要嘛两个变大一个变小。在我们更换了颜色传感器，检查了排线和程序之后，依旧是这样。但是时间肯定不允许我们一直这样找错找下去，于是我们就将错就错，希望通过增加判断语句的复杂性来达到一样的效果。于是我们的判断语句就写的很复杂，，不过还好的是最终巡线还是做出来了。而且速度调整，也是反人类的设定，一个轮子是越大越快，一个轮子是越小越快，我们也是调了很久，才获得了比较好的巡线效果。在课堂上，我们都是理论推导，但是这门课让我们发现了，理论和现实的差距，原来这么巨大，颜色传感器也不能简单的以 1000 作为分界线，速度传感器也不是你输入多少就输出多少的速度，任何一个环节，不论是检测误差，还是系统本身存在的误差，还是随机误差，都会使我们实际的效果和理想的效果相去甚远。所以有些时候，只有真正动手了，才能掌握，才能更加熟练。我相信大家在经过了 4E 的折磨后，无论是动手能力还是代码能力都有了较大的提高。

最后想给 4E 课程组的老师提一些想法和建议。首先是，器材损坏的情况还是比较多的，我们组开始拿到的小车，真的是个半成品的感觉，很多传感器都没有，有些传感器调着调着发现是坏的，真的是很绝望。其次是同样的代码，小车的表现会随着电量变化而变化这个设定，我们也是惊到了，这直接导致我们每天调半个小时就收工，再调就是白费功夫了。最后，小车能做的拓展任务其实还是很多的，但是大家都集中在蓝牙上面，希望老师可以提供一些其他的选项。