



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

计算机控制专题实验

智能车控制系统设计 I

小组成员	学号	班级	电话
张晓宇	2211410812	自动化 2101	18534918183
白柯渊	2211410814	自动化 2101	15392542186
程世民	2211211976	自动化 2101	15831379872
毛韵迪	2213311076	自动化 2101	13567723801

小组成员信息表

指导教师：景州

实验地点：西一楼 A306 室

实验时间：9~16 周周一 14: 30~18:00

报告提交时间：2024-06-17

目 录

1 控制系统的硬件构成与接线	1
1.1 硬件设备	1
1.2 控制系统的控制原理与硬件框架	1
1.3 连线图及说明	2
2 Labview 设计过程	3
3 WIFI 热点访问与手机参数控制画面	3
3.1 手机控制运动状态	3
4 控制逻辑与信号处理方法	4
4.1 电机速度控制	4
4.2 电机状态控制与小车运动姿态控制	5
5 控制器与整定规律	6
5.1 控制器	6
5.2 参数整定规律	6
6 遇到的问题与解决方法	6
7 实验总结、建议与分工	7
7.1 实验总结	7
7.2 实验建议	7
7.3 实验分工	7

1 控制系统的硬件构成与接线

1.1 硬件设备

计算机一台，控制器开发平台 NI myRIO 一块、小车一台、L298N 电机驱动模块两个、电池两个、导线若干。

1.2 控制系统的控制原理与硬件框架

首先将四个轮子的电机（电机线+与电机线-）接到两个 L298N 电机驱动模块上，再将驱动模块的使能端与 myRIO 相接，这样能够通过软件来控制四个轮子的转动与姿态。

将四个轮子的编码器（编码器 A 相、编码器 B 相）与 myRIO 相接，这样能够在软件上观察并控制轮子的转速。

最后，将 L298N 的 12V 供电、GND、5V 供电，以及编码器的正极与 GND、以及各个传感器的供电端与 GND 通过面包板连接起来。

通过上述硬件框架，可以实现通过软件随时观测轮子的速度与姿态，并可根据传感器观测到的信息来对轮子进行控制。

此外，将程序框图中的变量设置为共享变量，再通过 WiFi 热点的连接，就可以在手机上修改参数，从而实现对小车进行无线控制。

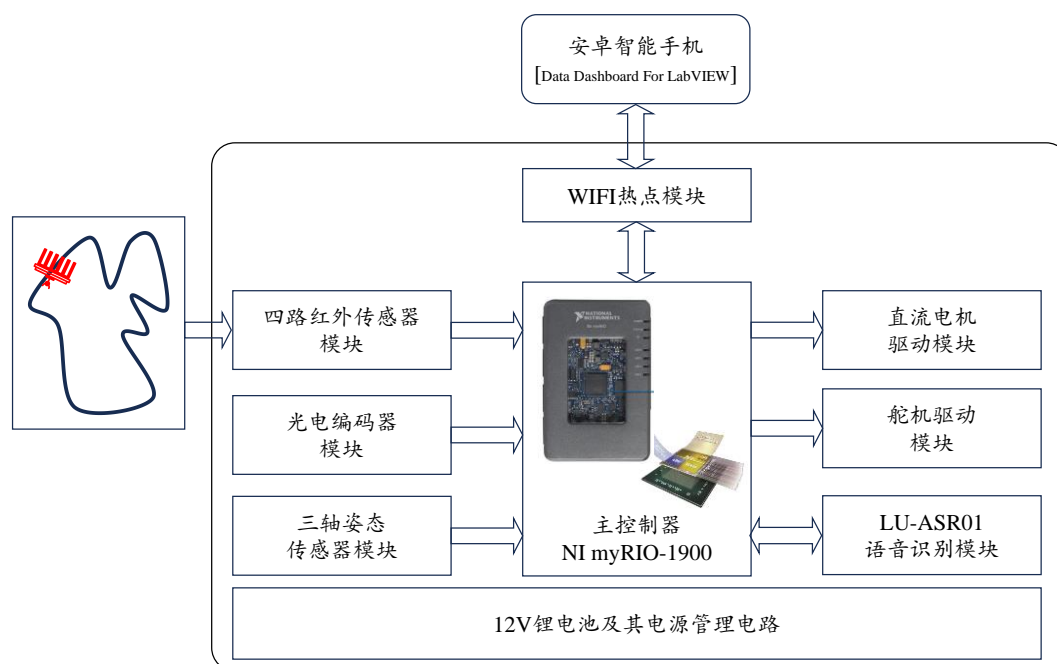


图 1-1 硬件构成框图

1.3 连线图及说明

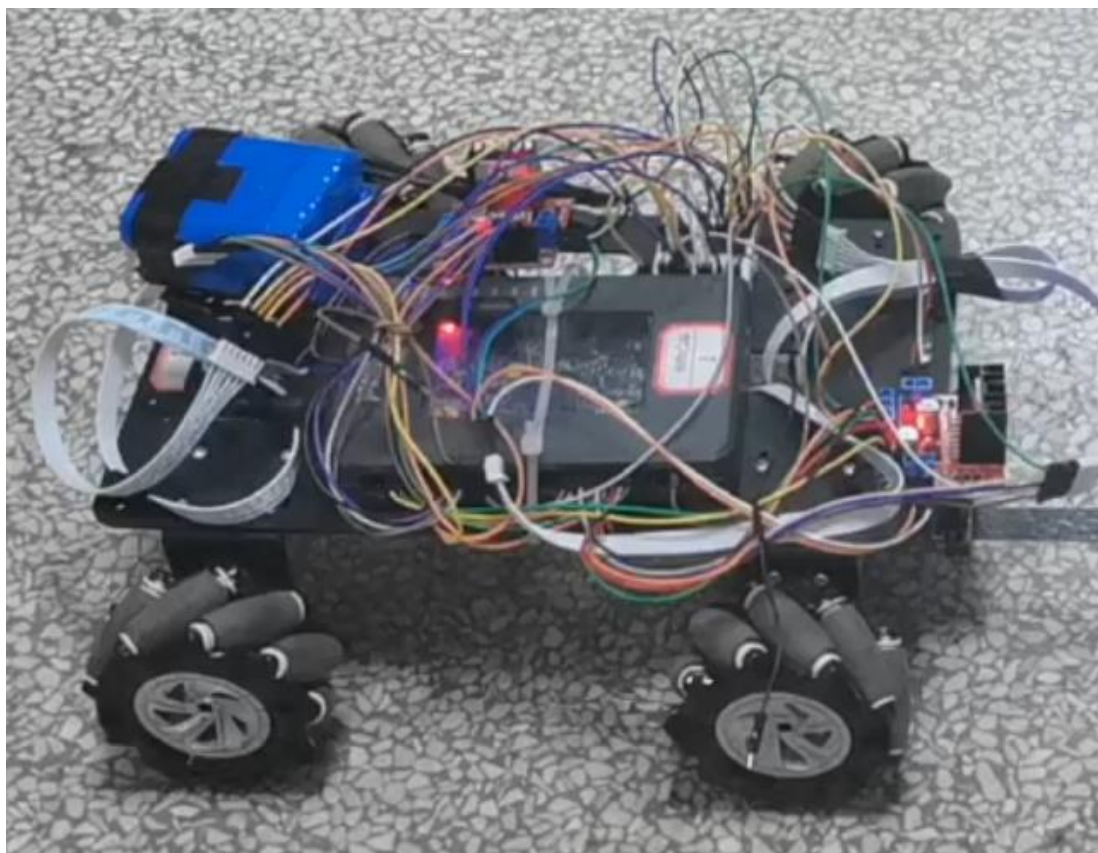


图 1-2 系统硬件结构及接线图

详细接线说明：

电机：

左前轮与右前轮的两个电机的电机线+与电机线-分别接同一个 L298N 电机驱动模块的输出 A 与输出 B 口；左后轮与右后轮的两个电机的电机线+与电机线-分别接另一个 L298N 电机驱动模块的输出 A 与输出 B 口。

编码器：

左前轮的编码器 A、B 相分别接 c 的 dio0 和 dio2

右前轮的编码器 A、B 相分别接 c 的 dio4 和 dio6

左后轮的编码器 A、B 相分别接 a 的 dio11 和 dio12

右后轮的编码器 A、B 相分别接 b 的 dio11 和 dio12

每个编码器的正极都接面包板上的 5v；每个编码器的 GND 都接面包板上的地。

L298N 电机驱动模块：

两个前轮的电机驱动模块：INA、INB 分别接 A 的 PWM0 与 PWM1，IN1~IN4 分别接 B 的 DIO0~DIO3。

两个后轮的电机驱动模块：INA、INB 分别接 B 的 PWM1 与 PWM0，IN1~IN4 分

别接 A 的 DIO0~DIO3。

每个驱动模块的 12V 供电端都接面包板上的 12V；每个驱动模块的 GND 都接面包板上的地、每个驱动模块的 5V 供电端都接面包板上的 5V。

2 Labview 设计过程

首先实现电机转速、旋转方向的手动控制。然后为转速控制添加 PID 控制器，通过编码器数据处理得到实际转速，在实验台上完成控制参数的整定。

然后将所需要控制的变量转换为共享变量，利用 myRIO 的 WIFI 热点功能和手机 APP 软件 Data Dashboard For LabVIEW，达到远程控制小车的目的。

3 WIFI 热点访问与手机参数控制画面

3.1 手机控制运动状态

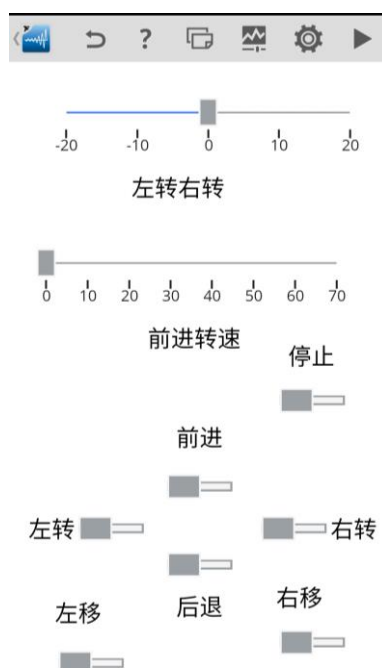


图 3-1 手机控制运动状态画面

其中前进转速控制运动过程中小车四个轮的平均速度，而左转右转则用来控制小车轮子间的车速，以用来控制小车的左转与右转的幅度，而多个开关则用来控制小车的各种运动状态，以完成对左移右移、前进后退等多种运动状态的控制，并同时采用 PID 使转速改变时过渡更平滑。

4 控制逻辑与信号处理方法

4.1 电机速度控制

本次实验使用直流电机驱动车轮，直流电机的控制参数有控制转速的 PWM 波、控制方向的两个 IO。通过改变 PWM 波的频率与方波，可以改变直流电机的转速。本实验固定电机驱动频率为 1000Hz，通过改变占空比控制直流电机转速。

实验过程中，由于四个电机的内参不一致，以及外部环境的影响，在开环控制下，四个轮子的转速很难达到一致。这就导致小车难以实现直行、平移等任务。因此引入 PID 速度闭环控制，使四电机转速一致、响应快速。四个电机独立控制。

我们通过电机上的光电编码器获得轮子的绝对编码值，移位后相减，即绝对编码值现在时刻计数值减去上一时刻计数值，得到这一时段的编码增量作为直流电机的相对转速（即 10ms 轮子转过的编码数），以此作为测量的电机实际转速，输入 PID 控制器，转换为实际的物理量（即驱动电机的 PWM 波的占空比），达到对直流电机的速度闭环控制。经过实际测量，我们使用的相对转速与占空比的关系大约为 100 比 1。通过速度闭环控制，能够实现电机转速的精准控制，并且解决了低占空比驱动下小车起步无法克服静摩擦的问题，实现减小电机转速盲区的效果。

经过参数整定，得到最佳 PID 控制参数为 $P=0.044$ ， $I=0.001$ ， $D=0$ 。由于转速改变都是阶跃输入，所以引入微分器可能导致控制振荡。

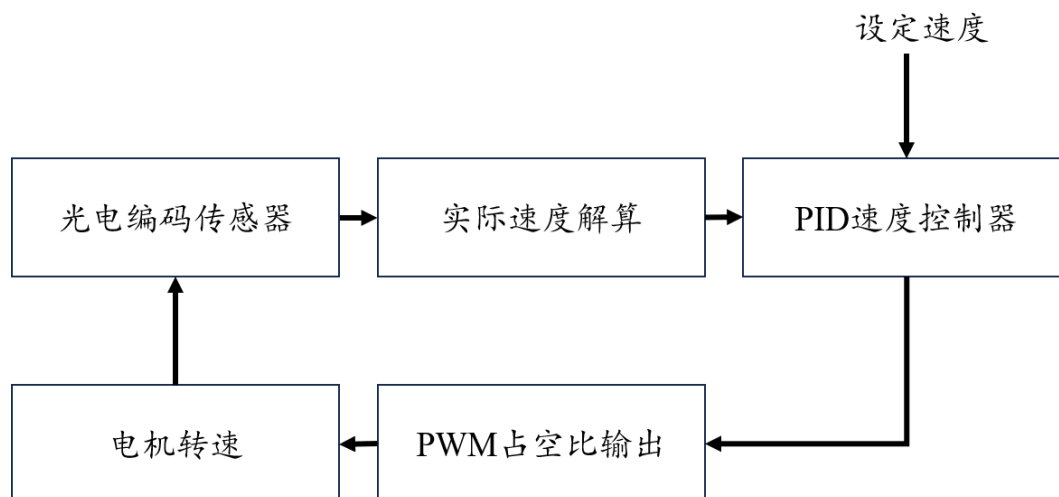
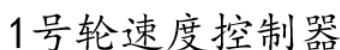


图 4-1 速度闭环控制框架图

1



4.2 电机状态控制与小车运动姿态控制

[illegible]

电机的正反转与它的两个控制 IO 端口状态有关，所以通过对四个电机控制 IO 的操作，能够实现对小车运动状态的控制，如前进、后退等。通过 7 个控制端的输入，判断当前小车的运动姿态，然后对四个电机的控制 IO 进行赋值，实现控制小车运动姿态的目的。

5

5 控制器与整定规律

5.1 控制器

本次实验使用 PID 控制器，实现电机转速闭环控制。PID 控制器有三个关键控制参数：比例、积分、微分系数。

比例控制：调整系统的开环增益，提高系统的稳态精度，加快速度响应。比例系数增大，使时间常数和阻尼系数减小。过大的开环增益会使系统的超调量增大，稳定裕度变小，甚至使系统变得不稳定。

积分控制：可以提高系统的型别，消除或减小系统的稳态误差。积分控制是靠对误差的积累消除稳态误差，使得系统的反应速度降低。简单引入积分控制可能造成系统结构不稳定，通常与比例控制一同作用。

微分控制：具有超前作用，可以增大系统的相位裕度与幅值穿越频率，加快系统的响应速度，但因幅值增加而放大系统内部的高频噪声。微分控制反映误差的变化率，只有当误差随时间变化时微分才起作用，故微分不单独使用，而是构成比例微分、比例积分微分控制共同作用。

5.2 参数整定规律

Step1:整定比例系数。置积分、微分系数为 0。将比例系数由小变大，使系统响应曲线略有超调。如果此时系统的稳态误差已落入误差带范围内，则系统只使用比例控制即可。

Step2:整定积分系数。在比例控制的基础上，若系统还有较大的稳态误差，则需要加入积分控制。首先将调好的比例系数衰减 10%~30%，再将积分系数由小到大调节，直到稳态误差落入误差带内为止。

Step3:整定微分系数。在稳态误差消除的基础上，若系统的瞬态性能还是不能满足要求，可酌情加入微分控制。使微分系数从小到大增加，反复调试，直至满足各个性能指标的要求为止。

本次实验只需 PI 控制器即可实现很好的控制效果。

6 遇到的问题与解决方法

问题 1：接线不熟练，每次开始实验都花费很长间接线。

解决方法：接线不熟练的根本原因是不知道硬件模块的工作原理。通过重新学习理解硬件模块的工作原理，知道了电机、编码器、驱动模块、各个传感器是怎么相互联系起来的，接线就会熟练很多。

问题 2：硬件设备经常出问题，并且排查时很不容易。

解决方法：由于这次实验用到的硬件设备很多，接的线也比较多，所以经常有各种各样的硬件问题。当出现问题后，我们先检查是否有线松了。很多问题都是线松引起的。接着，如果小车轮子速度明显变慢，那么检查电池是否还有电，可能是电压不够了。如果这些都没查出问题，那么检查一下接线是否正确。通过这些方法，基本能排查出硬件设备的问题。

7 实验总结、建议与分工

7.1 实验总结

1. 通过这几周的实验，我们成功设计和搭建了一个能够通过应用 myRIO 的 Wi-Fi 热点功能，利用手机 APP 软件 Data Dashboard For LabVIEW，实现手机遥控车运动控制，直行前进后退、左右横向运动、绕正反 8 字，正反型路线等，达到流畅控制效果的遥控小车。

3. 在本次实验中，我们小组成员收获很多。首先，通过设计和搭建智能小车系统，我们提高了在硬件搭建、传感器应用、控制算法等方面的技术能力。其次，在实验过程中，我们遇到了各种问题，如硬件连接、软件调试等。通过解决这些问题，我们提高了自己的问题解决能力和实践能力。最后，通过这次实验，我们提升了团队协作能力。

7.2 实验建议

1. 可以在硬件方面进行一些改进，如使用更高精度的传感器（提升视觉模块的像素、提升超声模块的准确性、提升四路红外传感器对黑色道路的检测精度），提升电池续航能力等。

2. 可以提升环境的多样性。如可以在室内、室外不同类型的环境中测试，能够更好地评估小车的性能。也可以设置不同类型和复杂度的障碍物，或者改变小车工作的光照条件等等，以此来训练和检测小车的工作能力。

7.3 实验分工

张晓宇：主要程序的编写、参数调试、程序讲解 PPT 制作

白柯渊：硬件设备搭建、完成实验报告

程世民：硬件设备搭建、参数调试、视频录制与剪辑、报告制图

毛韵迪：手机控制界面、完成实验报告