

华中科技大学

课程实验报告

课程名称： 传感器原理及工程应用

专业班级： 物联网 1601 班

学 号： U201614898

姓 名： 潘翔

指导教师： 宋恩民

报告日期： 2019 年 5 月

计算机科学与技术学院

4 传感器综合

4.1 实验目的

通过本次实验，熟悉智能车平台的硬件及软件设施，掌握代码烧写入智能车的方法；

仔细阅读几个样例代码，烧写进智能车，观察智能车展现出来的功能，建立代码—行为之间的联系；

自行修改代码，使智能车实现 3 种基本功能和至少 2 种进阶功能。

4.2 实验原理

4.2.1 红外传感器

红外探测器是红外系统的核心。它是利用红外辐射与物质相互作用所呈现出来的物理效应探测红外辐射的传感器，多数情况下是利用这种相互作用所呈现出的电学效应。此类探测器可分为光子探测器和热敏感探测器两大类型。实验中的红外传感器显然属于前者。

智能车的诸多功能中，循迹、避障、追踪、避开悬崖和定点停车等功能都依赖于多个红外传感器的协同工作。具体实现方法将在之后提到。

4.2.2 单轴倾角传感器

单轴倾角传感器理论基础是牛顿第二定律：根据基本的物理原理，在一个系统内部，速度是无法测量的，但却可以测量其加速度。如果初速度已知，就可以通过积分算出线速度，进而可以计算出直线位移，所以它其实是运用惯性原理的一种加速度传感器。当倾角传感器静止时也就是侧面和垂直方向没有加速度作用，那么作用在它上面的只有重力加速度。重力垂直轴与加速度传感器灵敏轴之间的夹角就是倾斜角了。

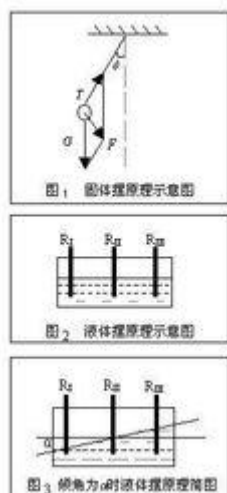


图 4.1 单轴传感器图

将单轴倾角传感器固定在智能车上（角度正确），即可得到车辆行驶路径的坡度。

4.2.3 三轴加速度传感器

三轴加速度计传感器是基于加速度的基本原理去实现工作的，本质上属于惯性力传感器，使用的是牛顿第二运动定律： $F=ma$ （物体所受到的合力等于其质量与其加速度的乘积，矢量运算）。

若将三轴加速度传感器固定在车轮侧面，那么在车轮转动的过程中，三轴加速度传感器的输出会呈周期性变化，这个时候我们只要知道串口读取数的时间间隔，就能算出轮胎转一圈的时间，而车轮的直径是可测的，由 $C=\pi d$ 即可得到车轮周长。车速 $V=C/T$ 。



图 4.2 三轴及速度传感器

4.3 实验步骤

- 1) 熟悉将代码烧入智能车的方法，并将 Qt 文件 APP3 烧入智能车，测试其功能；
- 2) 通过功能测试发现其未完善之处并加以修改，使智能车完美实现其基本功能——循迹、避障、追踪、遥控、躲避悬崖和定点停车等等；
- 3) 通过外挂合适的传感器，测得车速和行车路径的坡度。
- 4) 使用中断，采用接口输出发动机转速信息

4.4 实验过程及结果

4.4.1 小车功能模式设置

利用 volatile 标志位进行通信，判断小车当前的状态位置。采用 Time2 进行定时器论询，同时由于 volatile 可以进行多线程操作。

代码 4.1 小车状态位设置

```
volatile u8 MODE_Select=1;           //模式选择模式
volatile u8 MODE_Wifi=0;             //WiFi 控制模式
volatile u8 MODE_Remote=0;          //遥控控制模式
volatile u8 MODE_Trackline=0;        //循迹模式
volatile u8 MODE_Avoid=0;           //避障避险模式
volatile u8 MODE_Stalk=0;           //追踪模式
```

4.4.2 循迹

1) 功能

能够追寻黑色跑道进行定向行驶

2) 原理

小车前置五个朝向行驶面的传感器进行颜色检测，判断反射的红外线强度进行判断与黑色跑带的相对位置，当出现传感器非黑色的情况，则设置相应的转向。

华中科技大学课程实验报告

当右边的传感器没有检测到反射的红外线（检测到黑线）而左侧的检测到反射的红外线（检测到白色区域）时就右拐，同理，当左边的传感器检测到黑线而右侧的没检测到就左拐，否则就直行。

4.4.3 避障

1) 功能描述：

小车在平面上能够自主躲避障碍物。

2) 原理

利用三个前向传感器进行检测，判定传感器前方是否有物体，如果发现物体距离小于某一个阈值，则进行后退且转向操作。

相关代码如下（3 个以 IR_为前缀命名的信号来自 3 个前向红外传感器，KEY1 和 KEY5 信号来自智能车的 5 个底向红外传感器的两端，因为两端的传感器就足以反应所有的应用场景）

代码 4.2 避障模式设定

```
/* Avoid 避障避险模式信息处理 */
void Avoid_msgHandler(void)
{
    if((IR_LEFT==IR_ON && IR_MIDDLE==IR_ON && IR_RIGHT==IR_ON) || (key(KEY
1)==KEY_ON && key(KEY5)==KEY_ON)) //遇到障碍，前 3 个灯全亮
    {
        //底灯全亮表示到悬崖
        back_off(200); //退后
        LED_ALL_OFF;
        led(LED5,LED_ON);
        led(LED3,LED_ON);
        led(LED1,LED_ON);
    }
    else if((IR_LEFT==IR_OFF && IR_MIDDLE==IR_ON && IR_RIGHT==IR_OFF) || (
key(KEY1)==KEY_ON && key(KEY5)==KEY_ON)) //遇到较小障碍前灯仅中间一盏亮起
    {
        //底灯全亮表示遇到悬崖
    }
}
```

华中科技大学课程实验报告

```
turn_left(200); //前灯没有全亮说明还有行进余地，所以左拐避开
LED_ALL_OFF;
led(LED5,LED_ON);
led(LED4,LED_ON);
}

else if((IR_LEFT==IR_ON && IR_RIGHT==IR_OFF) || (key(KEY1)==KEY_ON &&
key(KEY5)==KEY_OFF)) //底灯低亮高不亮表示车辆右前方有悬崖
{ //不论中间的前灯亮与否，只要左亮右不亮就说明车辆右前方有障碍物
    turn_left(200); //车辆左拐避开障碍物或悬崖
    LED_ALL_OFF;
    led(LED1,LED_ON);
    led(LED2,LED_ON);
}

else if((IR_LEFT==IR_OFF && IR_RIGHT==IR_ON) || (key(KEY1)==KEY_OFF &&
key(KEY5)==KEY_ON))
{ //不论中间的前灯亮与否，只要右亮左不亮就说明车辆左前方有障碍物
    turn_right(200); //车辆右拐避开障碍物或悬崖
    LED_ALL_OFF;
    led(LED5,LED_ON);
    led(LED4,LED_ON);
}

else //否则车辆直行
{
    go_forward(200);
    LED_ALL_OFF;
    led(LED4,LED_ON);
    led(LED3,LED_ON);
    led(LED2,LED_ON);
}
```

华中科技大学课程实验报告

```
}
```

追踪相关的问题，只需增加遇到较小追踪物体的情况即可。根据不同的前灯状态设置不同的转角。

代码 4.3 追踪小物体设定

```
/* Stalk 跟踪信息处理 */
void Stalk_msgHandler(void)
{
    if((IR_LEFT==IR_ON && IR_MIDDLE==IR_ON && IR_RIGHT==IR_ON))
    { //3 个前灯都亮表示前方有追踪物体
        go_forward(200); //直走
        LED_ALL_OFF;
        led(LED5,LED_ON);
        led(LED3,LED_ON);
        led(LED1,LED_ON);
    }
    else if((IR_LEFT==IR_OFF && IR_MIDDLE==IR_ON && IR_RIGHT==IR_OFF))
    { //中间 1 个亮表示前方有较小追踪物体
        go_forward(200); //直走
        LED_ALL_OFF;
        led(LED5,LED_ON);
        led(LED3,LED_ON);
        led(LED1,LED_ON);
    }
    else if((IR_LEFT==IR_ON && IR_RIGHT==IR_OFF)) //左亮右不亮说明右前方有追踪物
    {
        turn_right(200);
        LED_ALL_OFF;
        led(LED1,LED_ON);
    }
}
```

华中科技大学课程实验报告

```
        led(LED2,LED_ON);

    }

    else if((IR_LEFT==IR_OFF && IR_RIGHT==IR_ON) )//右亮左不亮说明左前方有追
踪物
    {

        turn_left(200);

        LED_ALL_OFF;

        led(LED5,LED_ON);

        led(LED4,LED_ON);

    }

    else //否则停止、灭灯
    {

        brake();

        LED_ALL_OFF;

        led(LED4,LED_ON);

        led(LED3,LED_ON);

        led(LED2,LED_ON);

    }

}
```

4.4.4 避开悬崖

1) 功能

将小车放在带有“悬崖”的平台上，当小车检测到悬崖时，就后退一段距离再转向（避开悬崖），然后再继续前进。

2) 原理

更改循迹模式相应代码当 5 个传感器都没有接收到反射的红外线时(悬崖将红外线进行了不规则的反射)，小车就认为前方是悬崖，进而进行相应的后续操作。

4.4.5 标记停车

1) 功能

到达标记处进行停车操作

2) 原理

更改循迹模式相应代码，当 5 个传感器同时检测到前方为黑线时，就停车，否则按照原有模式运行。

4.4.6 行走倾角测量-外挂传感器(倾角传感器)

将单轴倾角传感器以如所示方式固定在智能车上，即可在行车过程中通过串口读取车辆当前行驶路径的坡度情况。

单轴倾角传感器具有方向性。实验中要注意单轴倾角传感器固定的方向，总方向出错将影响到测量结果，传感器与车是否水平则关系到测量结果的准确性。

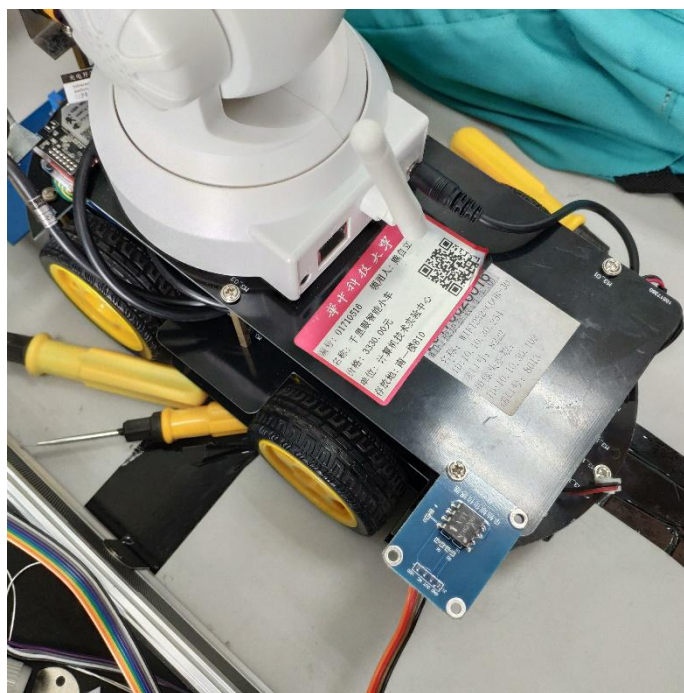


图 4.1 单轴倾角传感器测坡度



图 4.2 单轴倾角传感器测试结果

4.4.7 行走距离测量-外挂传感器(三轴加速度)

1) 功能

计算小车的行走距离

2) 原理

此处采用了两种方式，可使用外置三轴传感器进行周期测量，同时使用轮径计算最终行驶距离。

3) 三轴倾角传感器

如图所示，将三轴加速度传感器测方向固定在车轮上，在行车过程中，从串口读取数据。

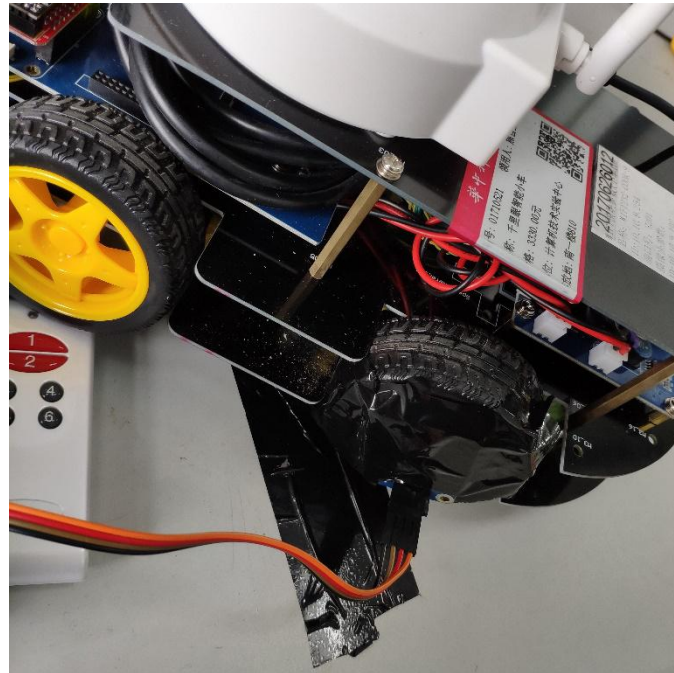


图 4.3 三轴加速度传感器测车速



图 4.4 三轴加速度传感器测试结果

可以看出，以 Y 轴为例，从第三行的-925 开始，每隔三行就会有一个较大的负值，所以不难理解为串口每输出三个数据，车轮大约转 1 圈。

华中科技大学课程实验报告

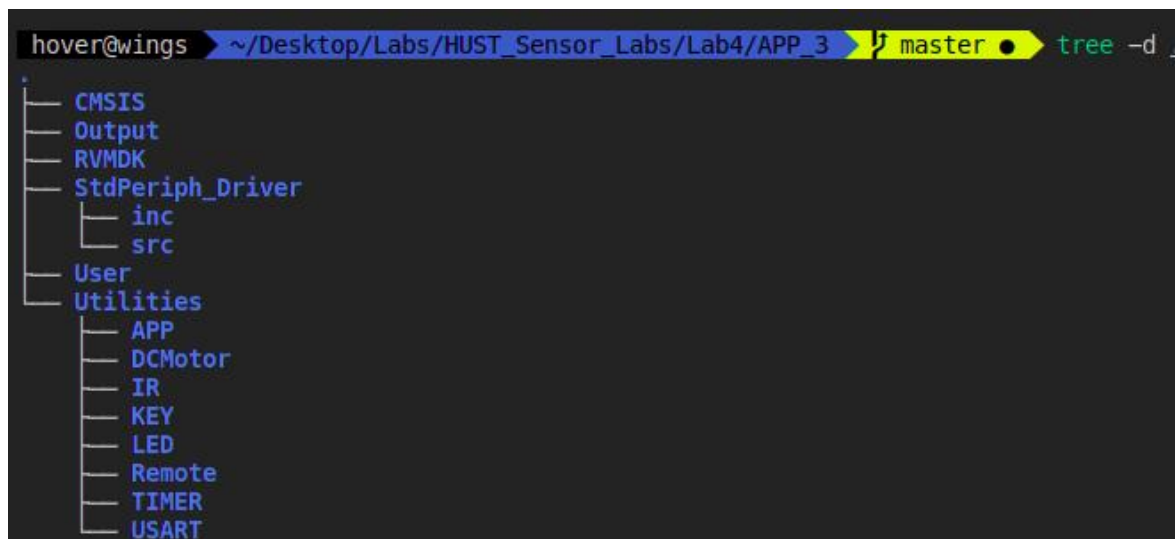
已知串口输出数据的速率 a 行/秒，即车轮转速为 rad/秒 ，又已知车轮的周长 C 米（车轮转一圈走过的距离），不难由得到车速，单位是米/秒。

4.4.8 行走距离测量-车载参数

估算车行走距离

在调用驱动小车前进、左转或右转的函数时都会传入一个参数，默认为 200。而这个参数会在驱动小车的函数会与 Tim 内的参数进行比较，从而在更底层来决定小车轮子转动的方向。

声明一个全局变量，在小车前进的函数中对传入的参数进行累加，无论小车在哪个模式下前进都会加上传入的参数，而前进的距离与传入的参数呈线性关系，只有经过测量算出其比值即可根据累加的参数值求得所走距离。然后可再通过串口将该值输出出来。

A terminal window showing the output of the 'tree -d .' command. The directory structure is as follows:

```
hover@wings ~/Desktop/Labs/HUST_Sensor_Labs/Lab4/APP_3 master tree -d .
├── CMSIS
├── Output
├── RVMDK
├── StdPeriph_Driver
│   ├── inc
│   └── src
├── User
├── Utilities
│   ├── APP
│   ├── DCMotor
│   ├── IR
│   ├── KEY
│   ├── LED
│   ├── Remote
│   ├── TIMER
│   └── USART
```

图 4.3 目录结构

其中 DCMotor 为发动机相关函数，利用原试验箱 STM32 代码部分 printf 重定向进行中断输出。

华中科技大学课程实验报告

代码 4.4 printf 中断输出

```
/*
*****
*
* 函数名: ISRprintf
* 功能说明: 板载 中断 printf 功能函数
* 形参: string 字符串, num 字符个数 (当为字符串时为 0)
* 返回值: 无
*****
*
*/
void ISRprintf(char* string,uint8_t num)
{
    uint8_t count = 0;

    if(num)
        while(count < num)
        {
            while((USART1->SR & USART_FLAG_TXE)==0) {}; //检测是否发送完毕
            USART_ClearFlag(USART1, USART_FLAG_TXE);
            // while((USART1->SR & USART_SR_TC)==0) {}; //检测是否发送完毕
            USART1->DR = (*string++ & (uint16_t)0x01FF); //发送数据
            // USART_SendData(USART1,(uint16_t)*string++);
            count++;
        }
    else
        while(*string)
        {
```

华中科技大学课程实验报告

```
while((USART1->SR & USART_FLAG_TXE)==0) {}; //检测是否发送完毕
USART_ClearFlag(USART1, USART_FLAG_TXE);
// while((USART1->SR & USART_SR_TC)==0) {}; //检测是否发送完毕
USART1->DR = (*string++ & (uint16_t)0x01FF); //发送数据
// USART_SendData(USART1, (uint16_t)*string++);
}
}
```

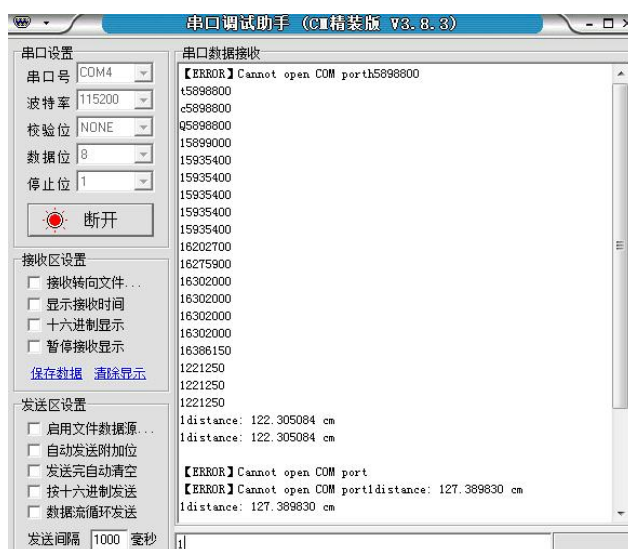


图 4.4 目录结构

进行测量的过程中，由于关系线性，先选定一个特定的距离(1m)进行标定量的测量，从而计算相应的标定量值，然后中断时进行标定量转换。

串口不断输出标定量，在存在输入中断的时候，进行标定量转换，计算得到最终的距离。

4.5 实验问题

4.5.1 小车 Download 代码失败

由于 GPIO 通信转换的时候可能存在不同的线序，在使用转换器和不使用转换的时候需要进行标志位操作，此时进行开关电源即可。

华中科技大学课程实验报告

4.5.2 串口中断通信

- 1) 由于在 `printf` 过程中，踩了不少坑，线存在有 USB 旁路输出和无旁路输出两种，仅仅使用旁路输出的 USB 线才可以进行中断通信，而普通线仅仅能够 Download 代码。
- 2) 中断过程中，需要主动发送消息

4.6 应用场景

智能小车为综合实验平台，可以理解为较为大型的小车的模拟或者仅仅为单体小车，智能小车可以分为三部分——传感器部分、控制器部分、执行器部分。

其中，利用传感器进行负反馈维持小车的正常状态为常规的工业控制思路，对于不同朝向的传感器进行不同程度的判定，同时利用串口通信进行输出。

实际中，可以利用小车进行灾害现场的检测，特殊地形的探测，物流的自动化等实际应用。

而对于更大型车的模拟，小车可以检测传感器模型的控制精度，进行控制模型的矫正和功能测试。

4.7 实验总结

实验的小车为封装较好的小车，主要由三部分构成：传感器部分、控制器部分、执行器部分。

其中，传感器进行数据采集，控制器进行状态判断，执行器进行决策执行，为典型的工业控制流程。

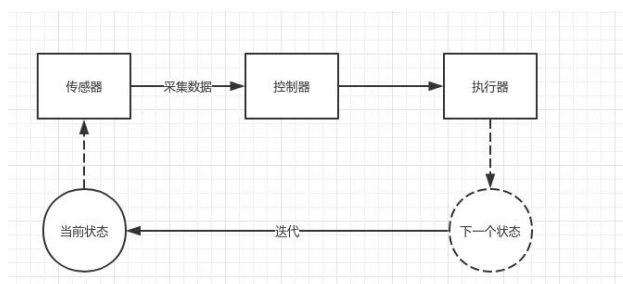


图 4.5 小车工作结构

华中科技大学课程实验报告

其实可以注意到，典型的工业流程控制与强化学习的工作流程类似，其中控制器部分此处由人工设定规则进行学习，此处可以直接利用强化学习进行控制器规则学习，可以适应不同的工作环境和 workflows，让小车更智能。这也是目前自动驾驶技术的发展思路之一。

实验过程中，对于整体代码架构进行了一定程度的理解，在有了基本工作模式上，只需要分清各部分的功能和模块通信即可。

实验最复杂的部分莫过于通信，由于线序等底层不熟悉，导致自制线不成功，阻碍了实验进度，在有了线之后能够进行实时检测能够较快完成。

串口通信部分，利用中断机制，进行 `printf` 绑定，其中有不同的实现思路，一种是进行 `printf` 输出重定向，将 `std` 重定向到 `GPIO`，另一种是直接封装底层函数进行中断输出。

传感器应用部分，采用了车载传感器和外挂传感器的测试，并对精度进行了一定程度的计算，由于外挂传感器的外挂方式和传感器本身的原因引入了误差，导致精度远不如车载传感器。

实验过程中锻炼了软件和硬件联调的能力，同时对串口通信机制有了更深的理解，对于复杂项目的理解能力有了锻炼，收获颇丰。

最后，感谢相关参阅文献的提供者和在实验过程中提供帮助的老师，助教和同学。

4.8 参考文献

[1] UP-WebCar 千里眼智能车光盘 V1.0@20160815 实验指导书

[2] STM32 Pinrtf

https://blog.csdn.net/qq_26904271/article/details/80113740