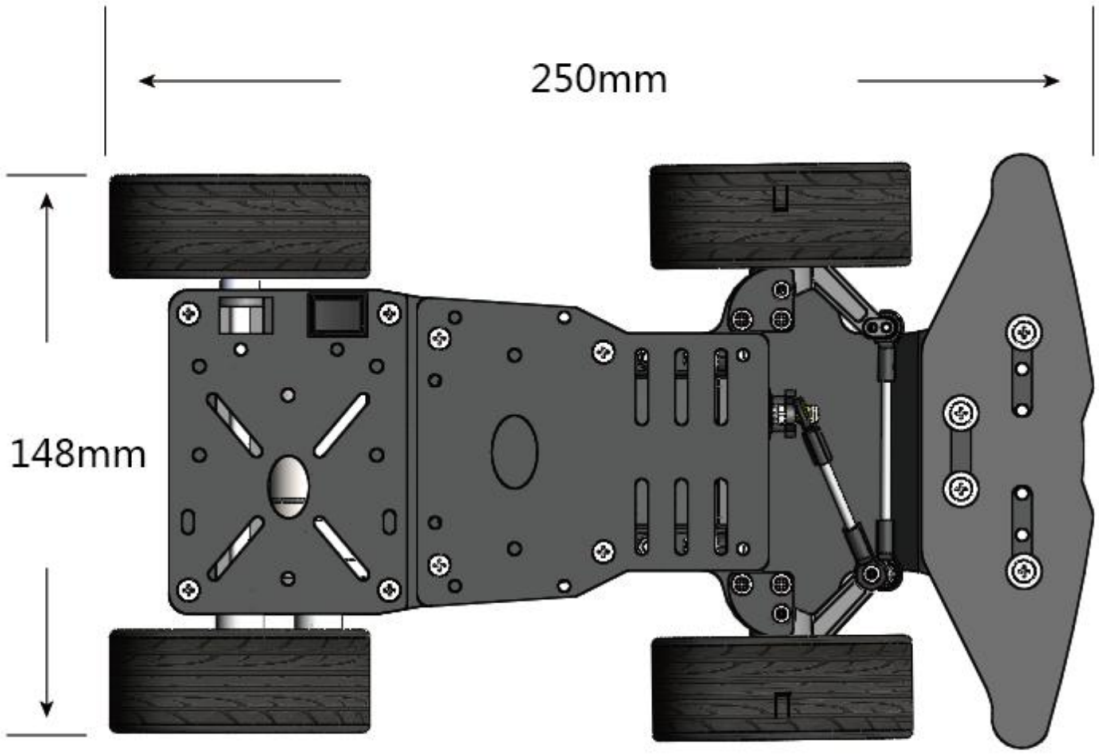
极简版搭建阿克曼ROS小车相关

0、前言

本篇文章仅是对常见阿克曼ROS小车的极简分析，并提供代码。主要是方便读者自己搭建阿克曼小车时理解使用。

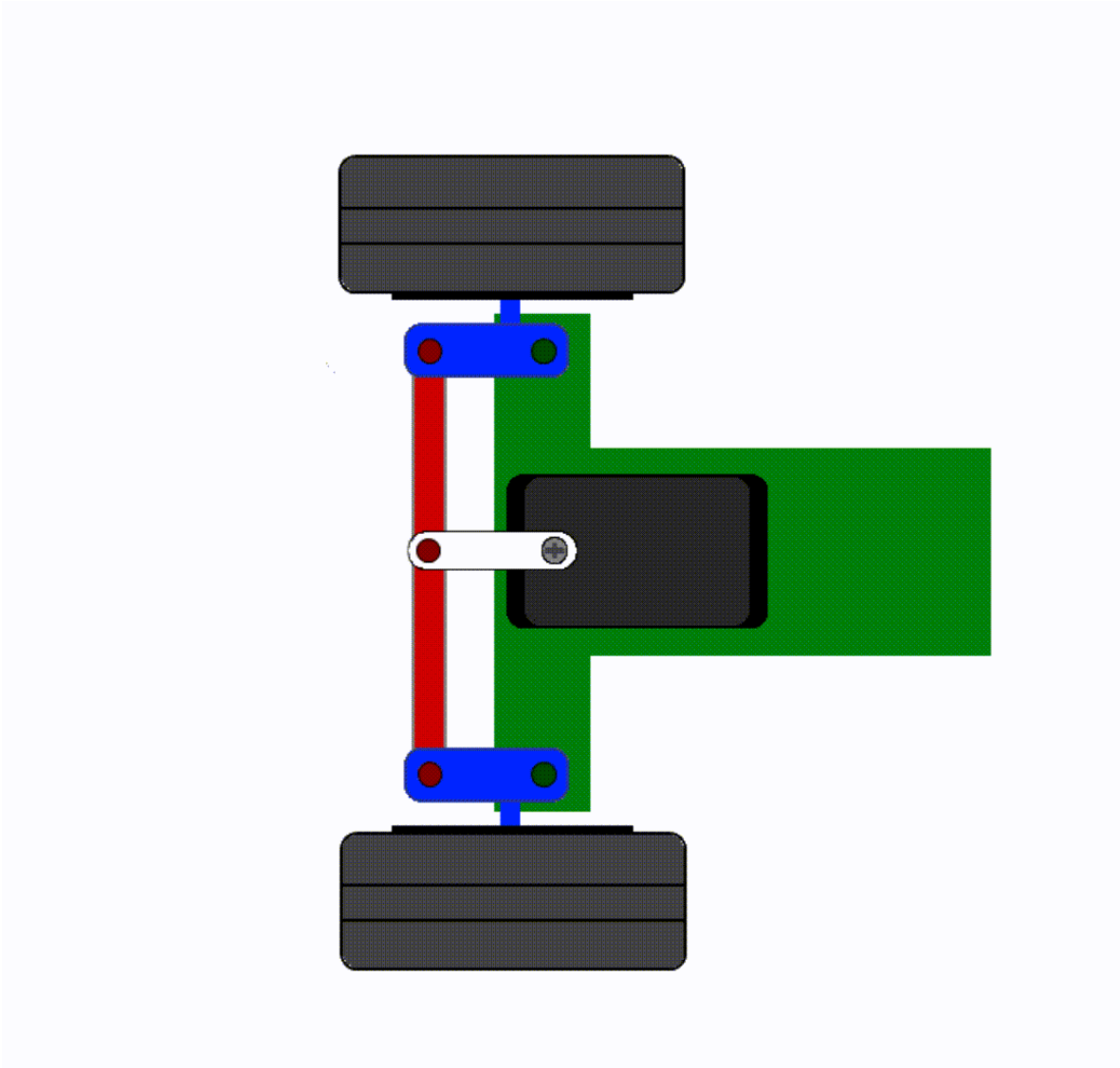
这里仅针对《舵机控制前轮转向+后轮主动差速》的方式，如下图所示：



图片来源：百度图片

舵机转向机构简单示意图

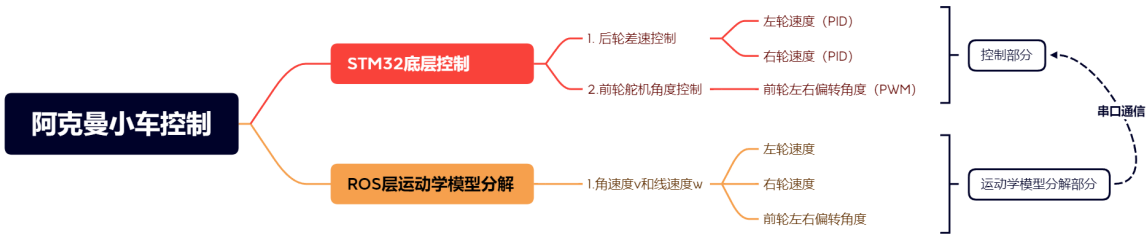
舵机完成前轮的转向控制，简单示意图如下：



图片来源：Pinterest

1、整体设计

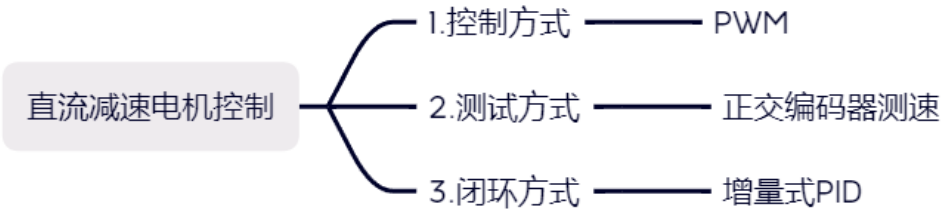
若要能实现阿克曼小车的搭建，需要明确小车的控制方式和控制数据的层级关系；如下图所示：



2、STM32底层控制部分

2.1、后轮差速控制

后轮电机差速控制和差速小车的控制方式一样，都是采用光电\霍尔编码器测速+PID闭环控制的方式，如下图所示，这里就不赘述了。

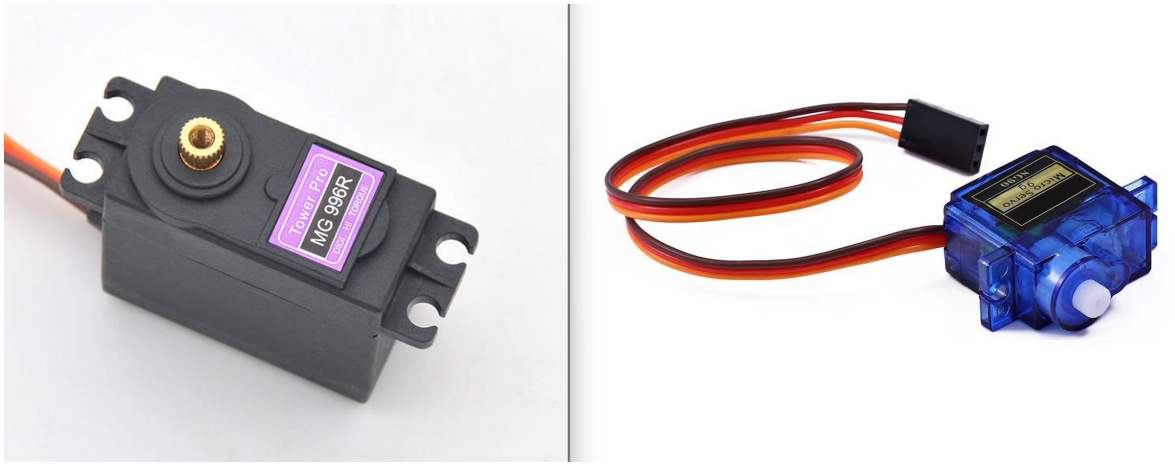


需要了解的朋友可以看之前的文章，链接如下：

2.2、前轮舵机角度控制

2.2.1、舵机选型：

这里主要使用如下两种模拟舵机，常见模拟舵机都可以。



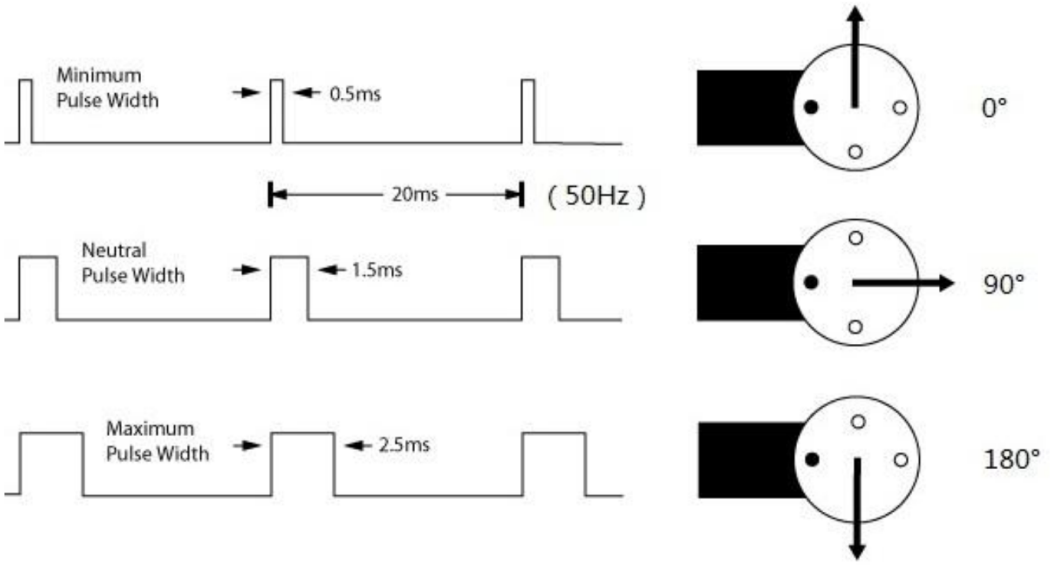
图片来源：百度图片

2.2.2、舵机控制原理：

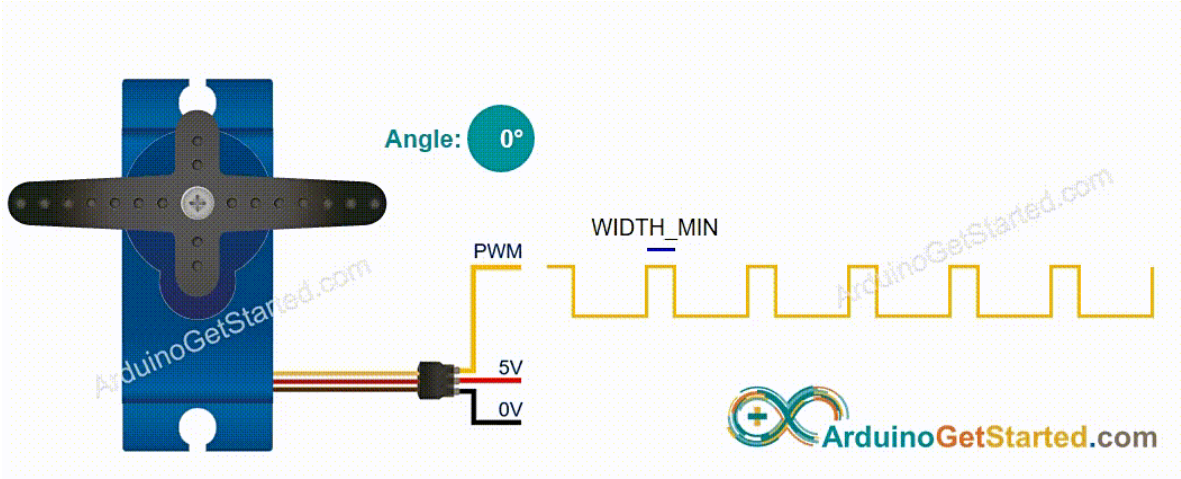
舵机是一种位置伺服驱动器，是一种带有输出轴的小装置。当我们向伺服器发送一个控制信号时，输出轴就可以转到特定的位置。只要在控制信号持续不变，伺服机构就会保持相对的角度位置不变。如果控制信号发生变化，输出轴的位置也会相应发生变化。舵机的控制大部分都是通过PWM信号控制的。

2.2.3、单片机控制舵机：

模拟舵机控制一般需要20ms左右时基脉冲， 该脉冲高电平部分一般为0.5ms-2.5ms范围内角度控制脉冲部分， 总间隔为2ms。 以180度角度伺服为例， 对应控制关系如下：



控制示意图如下：



图片来源：ArduinoGetSarted.com

2.2.4、阿克曼小车舵机控制代码：

主函数初始化：

```
Steer_PWM_Init(60000-1, 24-1);  //=====初始化PWM 50HZ，用于驱动舵机
```

PWM配置部分代码（STM32）：

```
/**************************************************************************
函数功能：控制转向舵机的PWM初始化
入口参数：无 PB0 -> TIM1
返回  值：无
**************************************************************************/
void Steer_PWM_Init(u16 arr,u16 psc)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    TIM_TimeBaseInitTypeDef  TIM_TimeBaseStructure;
    TIM_OCInitTypeDef  TIM_OCInitStructure;

    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB | RCC_APB2Periph_AFIO, ENABLE);
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_TIM1, ENABLE);
    GPIO_PinRemapConfig(GPIO_PartialRemap_TIM1, ENABLE);
```

```
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_0;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);

    TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period = arr;
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_Prescaler = psc;
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_ClockDivision = TIM_CKD_DIV1;
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up;
    TIM_TimeBaseInit(TIM1, &TIM_TimeBaseStructure);

    TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode = TIM_OCMode_PWM1;
    // * TIM1_CH2
    // TIM_OCInitStructure.TIM_OutputState = TIM_OutputState_Enable;
    // TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse = 0;
    // TIM_OCInitStructure.TIM_OCPolarity = TIM_OCPolarity_High;
    // * TIM1_CH2N
    TIM_OCInitStructure.TIM_OutputNState = TIM_OutputNState_Enable;
    TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse = 0;
    TIM_OCInitStructure.TIM_OCNPolarity = TIM_OCNPolarity_Low;

    TIM_OC2Init(TIM1, &TIM_OCInitStructure);              //TIM_OC2
    TIM_OC2PreloadConfig(TIM1, TIM_OCPreload_Enable);

    TIM_ARRPreloadConfig(TIM1, ENABLE);                   //使能TIMx在ARR上的预装载
寄存器
    TIM_CtrlPWMOutputs(TIM1, ENABLE);                     //MOE 主输出使能    高级定
时器使用

    TIM_Cmd(TIM1, ENABLE);
}
```

前轮转向控制角度和PWM的转换函数：

```
//舵机PWM变量，初始安装为90度，注意机械安装时，要先转到90度再安装舵盘
int motorFrontSteer = 4500; // (60000 / 20ms) * 1.5ms = 4500 90度

//舵机控制角度的设定值
int frontAngleSet = 0;

// 物理结构限幅，舵机角度限幅
#define MAX_FRONT_ANGLE_SET (50)

/**************************************************************************
函数功能：舵机角度控制处理（SG90）角度线性变化
入口参数：ros端设定转向角度，需要给舵机的pwm，此处可根据不同的舵机自行更改
分辨率：1度 --> ((2.5ms - 0.5ms) / 180度) * (60000 / 20ms) = 33.3
0.5ms ------------------ 0度
1.5ms ------------------ 90度
2.5ms ------------------ 180度
返回  值：无
**************************************************************************/
void Steer_Ctrl(int frontAngleSet,int *motorFrontSteer)
{
    // 物理结构限幅
    if(frontAngleSet > MAX_FRONT_ANGLE_SET)
    {
```

```
            frontAngleSet = MAX_FRONT_ANGLE_SET;
        }
        if(frontAngleSet < -MAX_FRONT_ANGLE_SET)
        {
            frontAngleSet = -MAX_FRONT_ANGLE_SET;
        }
        // 正常计算角度
        if(frontAngleSet == 0) //默认初始角度 90度
        {
            *motorFrontSteer = 4500; // (60000 / 20ms) * 1.5ms = 4500
        }
        else if(frontAngleSet > 0) // left
        {
            *motorFrontSteer = 4500 - (int)(myabs(frontAngleSet) * 33.3 + 0.5);
        }
        else                        //right
        {
            *motorFrontSteer = 4500 + (int)(myabs(frontAngleSet) * 33.3 + 0.5);
        }
    }
```

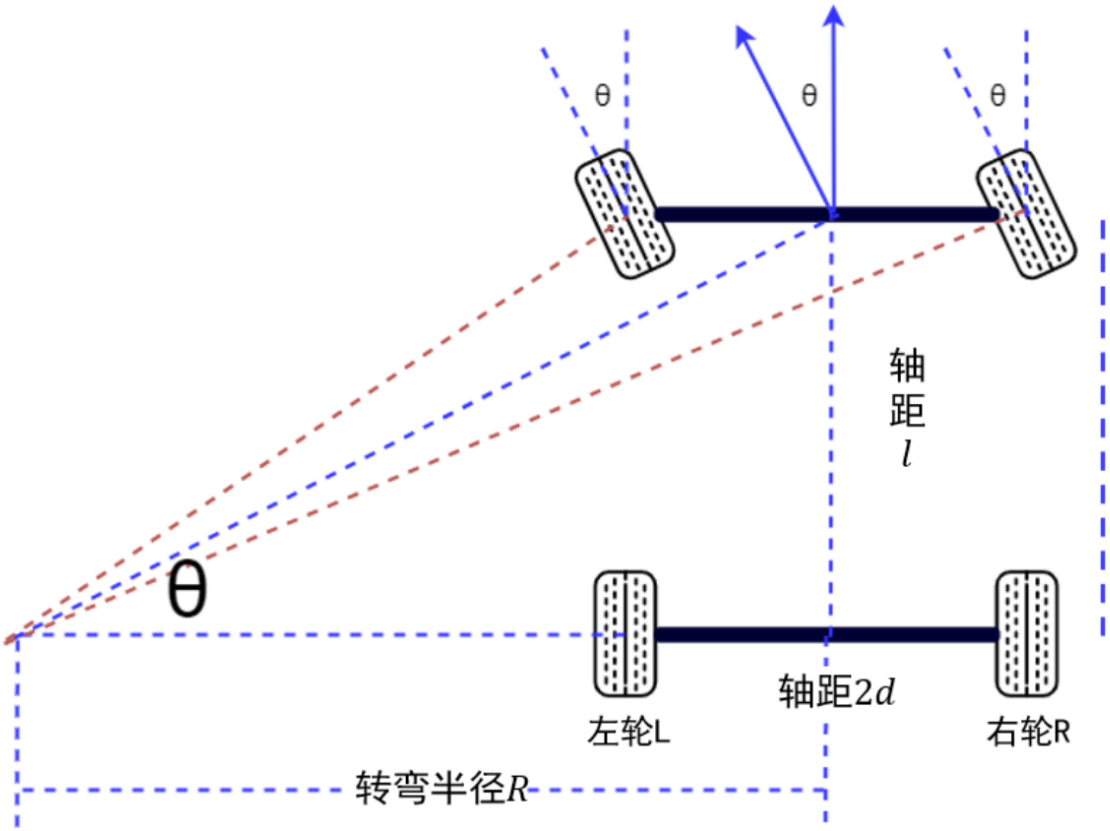
通过上面转换函数 **Steer_Ctrl**，我们可以将**前轮转向角度准换为具体的PWM数值**，剩下的部分就是PWM设置的问题了，大家这么聪明，肯定不用我多说了。

大家是不是觉得阿克曼小车的底层控制部分 So Easy.

3、极简版阿克曼结构运动学模型

3.1、模型示意图介绍：

阿克曼底盘的运动学模型是一个**全驱动**模型，简化模型示意图如下：



图片来源：CSDN：Jason.Li_0012

3.2、模型假设：

相对于理想的阿克曼底盘模型，这里为了简化模型，做了如下假设：

- 不考虑车辆在Z轴方向的运动，只考虑XY水平面的运动。
- 左右侧车轮转角一致，这样可将左右侧轮胎合并为一个轮胎，以便于搭建单车模型。
- 车辆行驶速度变化缓慢，忽略前后轴载荷的转移。

3.3、模型已知条件：

- 小车前后轴之间的距离：l
- 小车后轮之间的距离：$2d$
- 小车前轮的转向角度：θ
- 小车左侧后轮线速度：v_L
- 小车右侧后轮线速度：v_R
- 小车线速度：v
- 小车角速度：w

3.4、阿克曼小车后轮正逆运动学模型：

之前讲差速小车运动学模型的文章中，已经明确：**差分模型的机器人始终做的是以R为半径的圆弧运动**，这里阿克曼也可以安装同样的方式计算。

$$v = w * R \text{（公式1）}$$

$$V_L = w * (R - d) = w * R - wd = v - wd \text{（公式2）}$$

$$V_R = w * (R + d) = w * R + wd = v + wd \text{（公式3）}$$

由（公式1）、（公式2）、（公式3）推导得到如下结果：

$$v = （V_L + V_R）/2 \text{（公式4）}$$

$$w = （V_R - V_L）/2d \text{（公式5）}$$

3.5、阿克曼小车前轮转向角度计算：

这里使用两前轮中间的角度θ来近似控制角，所以得到如下公式：

$$l/R = tan\theta \text{（公式6）}$$

$$R = v/w \text{（公式7）}$$

由（公式6）、（公式7）推导得到如下公式：

$$\theta = arctan(l * w/v) \text{（公式8）}$$

3.6、ROS层阿克曼模型计算代码分享：

```
#define PI           (3.1415926)
#define ROBOT_RADIUS (0.0675)   //m
#define ROBOT_TRACK  (0.135)    //m
#define ROBOT_LENGTH (0.15)     //m
double RobotV_  = 0;
double YawRate_ = 0;

// 速度控制消息的回调函数
void cmdCallback(const geometry_msgs::Twist& msg)
```

```
{
    RobotV_  = msg.linear.x;  //m/s
    YawRate_ = msg.angular.z; //rad/s
}

void Mbot::ackerCar(const double RobotV,const double YawRate)
{
    double r = RobotV / YawRate; // m
    if(RobotV == 0)       // ackermann car can't trun rotation
    {
        sendLeftSpeed_  = 0;
        sendRightSpeed_ = 0;
        sendFrontAngle_ = 0;
    }
    else
    if(YawRate == 0) // Pure forward/backward motion
    {
        sendLeftSpeed_  = (short)(RobotV * 1000.0);//mm/s
        sendRightSpeed_ = (short)(RobotV * 1000.0);
        sendFrontAngle_ = 0;
    }
    else            // Rotation about a point in space
    {
        sendLeftSpeed_  = (short)(YawRate * 1000.0 * (r - ROBOT_RADIUS));//mm/s
        sendRightSpeed_ = (short)(YawRate * 1000.0 * (r + ROBOT_RADIUS));

        // 阿克曼约束一：后左右车轮转动需同向
        if(RobotV > 0)
        {
            if(sendLeftSpeed_ < 0) {sendLeftSpeed_ = 0;}
            if(sendRightSpeed_ < 0) {sendRightSpeed_ = 0;}
        }
        else if(RobotV < 0)
        {
            if(sendLeftSpeed_ > 0) {sendLeftSpeed_ = 0;}
            if(sendRightSpeed_ > 0) {sendRightSpeed_ = 0;}
        }
        sendFrontAngle_ = atan(ROBOT_LENGTH * YawRate / RobotV ) * (180.0 / PI);
// Deg
    }
}
```

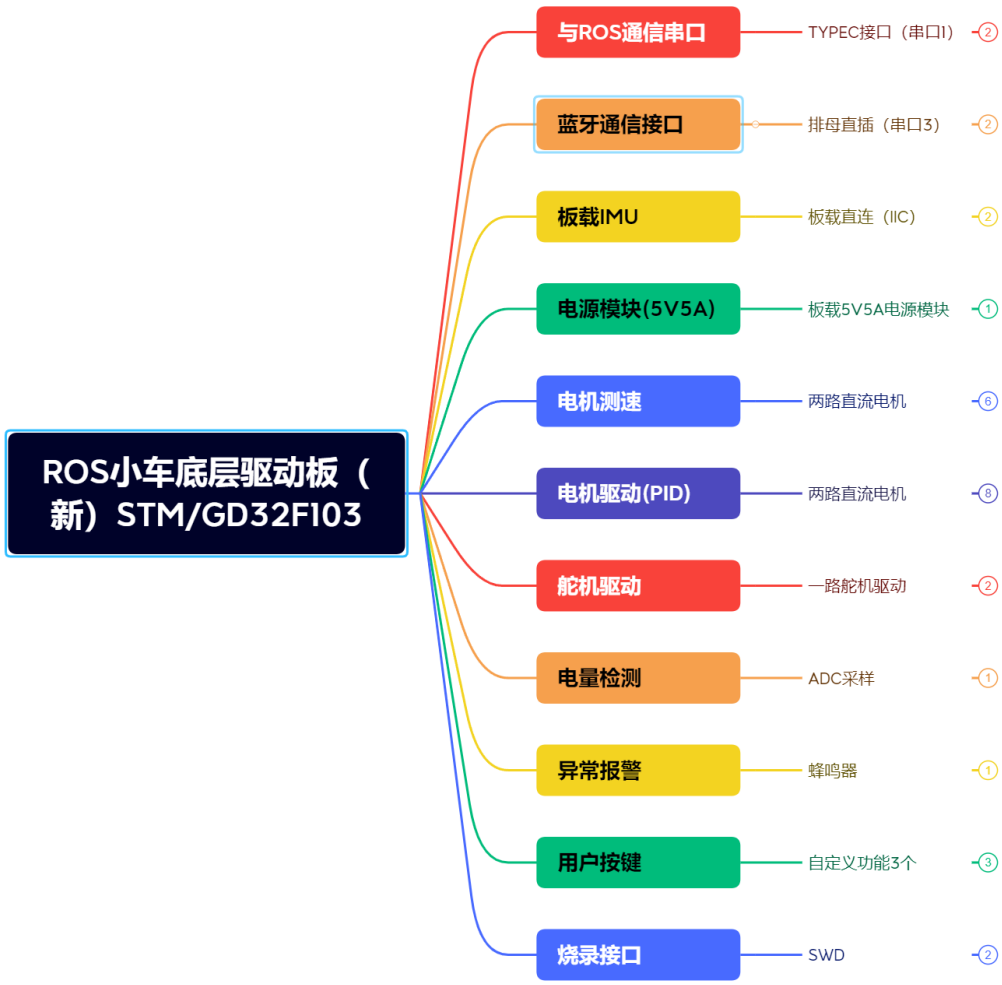
4、总结

如果你已经仔细的看到这里，那么恭喜你，你心中一定有了搭建阿克曼小车的控制思路了。

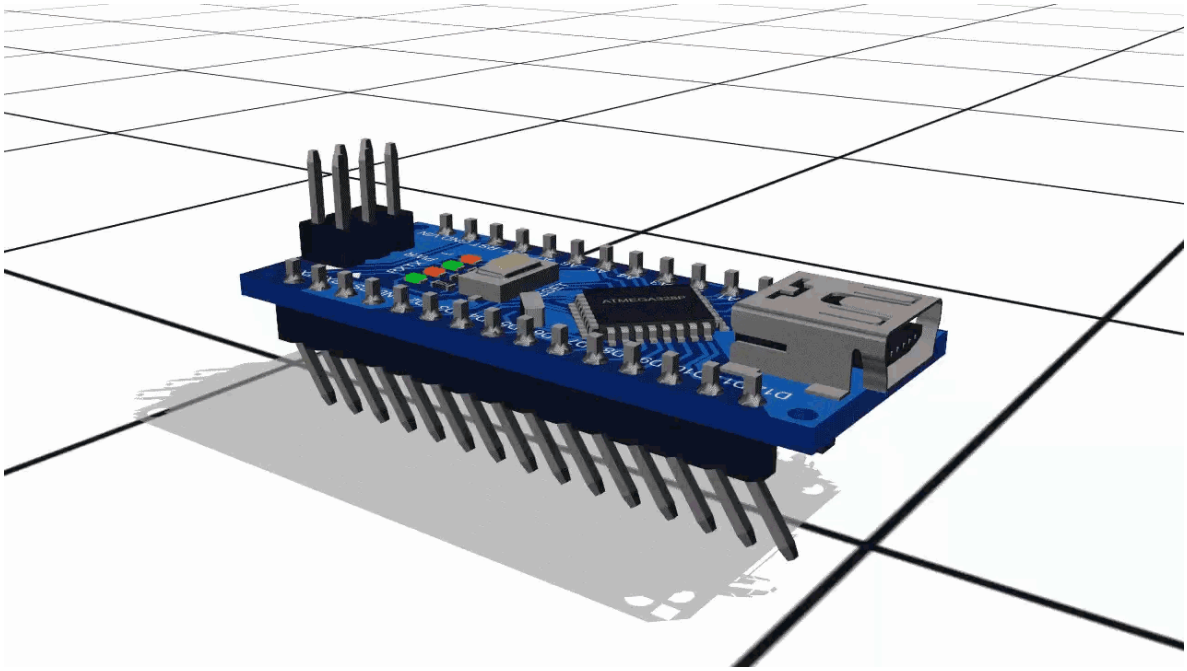
如果还没有理解，一定多看两遍。

偷偷的告诉大家，近期，我准备开源一整套，完整的ROS小车方案，包含差速小车和阿克曼小车，届时将给大家提供完整上位机和下位机的代码，整套方案成本极低，千元以内。

下面是底层硬件方案，提前透露给大家。



此处省略一点点细节.....



5、参考：

[1] https://zhuanlan.zhihu.com/p/499251426

[2] https://blog.csdn.net/weixin_45929038/article/details/122632369?spm=1001.2014.3001.5502

[3] https://blog.csdn.net/weixin_47012067/article/details/121090584

[4] https://blog.csdn.net/honorzoey/article/details/113407979