

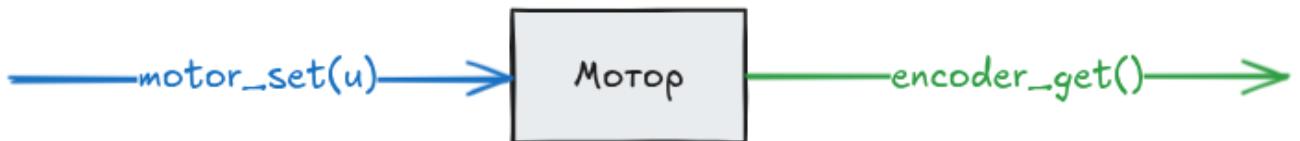
Настройка регулятора скорости на моторе постоянного тока

1. Написание драйверов мотора и энкодера

Прежде чем переходить к настройке регулятора скорости необходимо написать функции взаимодействия с нашим мотором. Предположим, что они называются у нас следующим образом:

```
// Выдача управления на мотор  
void motor_set(float u);  
  
// Чтение энкодера  
float encoder_get();
```

Внутри этих функций будет происходить вся работа с ШИМом, прерываниями и всеми подобными штуками. Мы же об этом думать не думаем и будем работать с мотором как с коробкой, в которую мы можем подать некоторые данные на вход (управляющее воздействие) и прочитать какие-то выходные данные (угол поворота энкодера):



Требования к драйверам мотора и энкодера

—
PROF

1. Драйвер мотора принимает значения разного знака. Изменение знака изменяет направление вращения мотора.
2. Драйвер энкодера определяет угловое перемещение мотора, а не его путь. Поворот мотора в одну сторону должно значение энкодера увеличивать, а в другую — уменьшать.

Это связано с тем, что нам важно знать не только модуль величины (напряжения на моторе и его угол поворота), но и его **знак**.

2. Создание главного цикла

Для надежной работы регуляторов критически важно иметь быстрый и неблокирующий цикл с постоянным временем выполнения. Это обеспечивает стабильность настроек регулятора.

Допустим, у нас один единственный мотор и `void loop()` находится в нашем полном распоряжении. Выглядеть он будет примерно так:

```

void loop() {
    // TIMER
    smart_delay(5);

    // SENSE
    float current_angle = encoder_get();

    // PLAN
    float u = speed_controller(target_vel, current_angle);

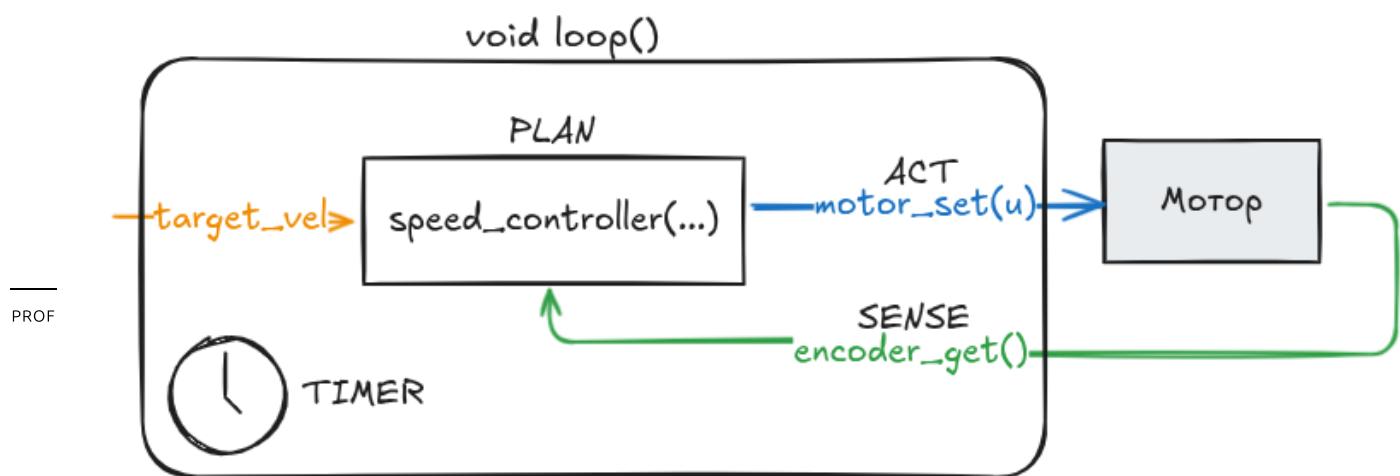
    // ACT
    motor_set(u);
}

```

Цикл разделен на 4 области, согласно идеологии ITSPA:

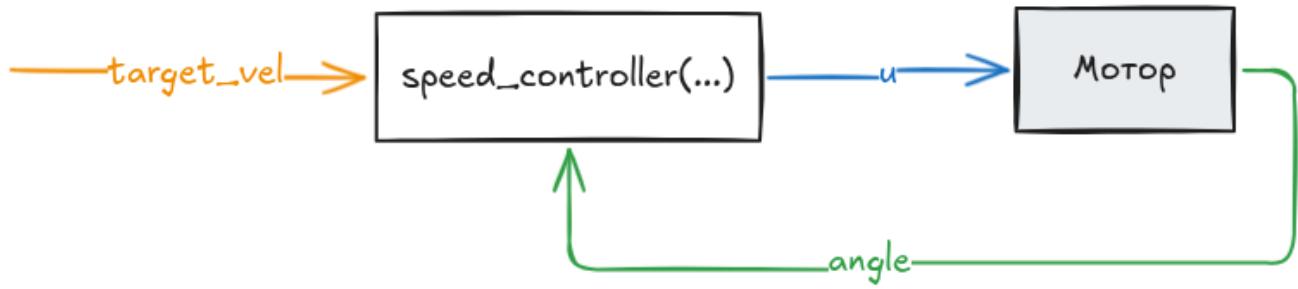
1. **TIMER** - обеспечение постоянного времени выполнения цикла
2. **SENSE** - чтение данных с датчиков
3. **PLAN** - расчет управляющих воздействий на итерацию
4. **ACT** - выполнение управляющих воздействий на мотор

Теперь нашу систему можно нарисовать следующим образом:



Мотор на схеме изображен серым цветом, поскольку эта часть нашей системы неизменяема. Все что мы пишем сами изображено белым цветом.

Однако такую схему рисовать громоздко, поэтому мы ее преобразуем так:



Что изменилось?

Каждая стрелочка обозначает какой-либо **сигнал** в нашей системе. Его название написано на самой стрелочке. Наша задача - реализовать блок `speed_controller` так, чтобы мотор в реальном мире крутился со скоростью `target_vel`.

3. Вычисление скорости вращения мотора

Первая задача которая перед нами стоит - найти скорость вращения нашего мотора.

```

float speed_controller(float target_vel, float current_angle)
{
    // Вычисление скорости вращения мотора
    static float old_angle = 0;

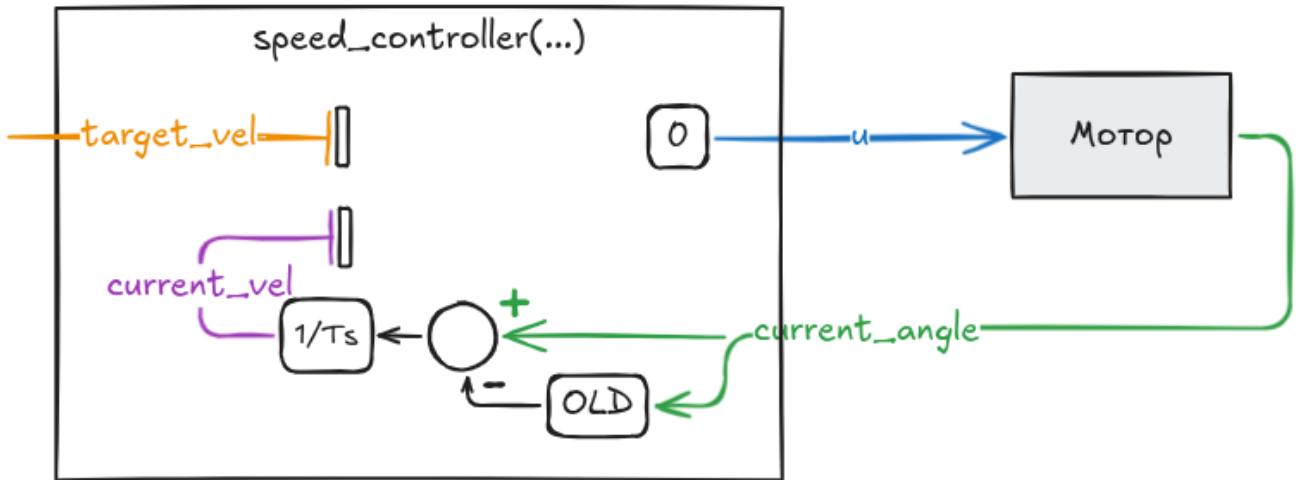
    float delta_angle = current_angle - old_angle;
    float delta_time = Ts_s;

    float current_vel = delta_angle / delta_time;

    old_angle = current_angle;

    //////
    //...
    //////
    return 0;
}

```



4. Измерение характеристик мотора

С использованием полученной скорости мы осуществим один из важнейших экспериментов, необходимых для настройки регулятора скорости мотора.

Измерение коэффициента усиления

Первое - нам необходимо подать на мотор какое-то постоянное управляющее воздействие и узнать его вычисленную скорость. Если мы поделим скорость на входное воздействие, мы получим **коэффициент усиления** нашего мотора K_m .

```

float speed_controller(float target_vel, float current_angle)
{
    // Вычисление скорости вращения мотора
    static float old_angle = 0;

    float delta_angle = current_angle - old_angle;
    float delta_time = Ts_s;

    float current_vel = delta_angle / delta_time;

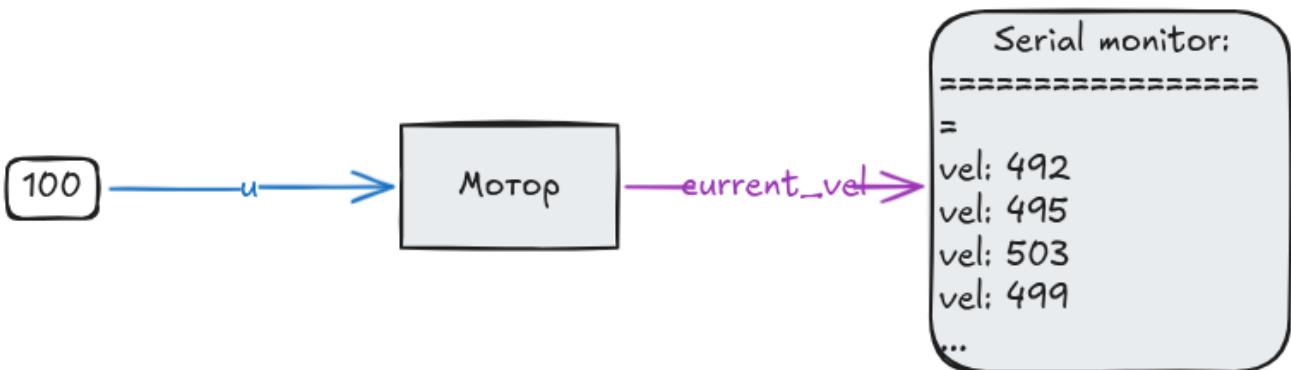
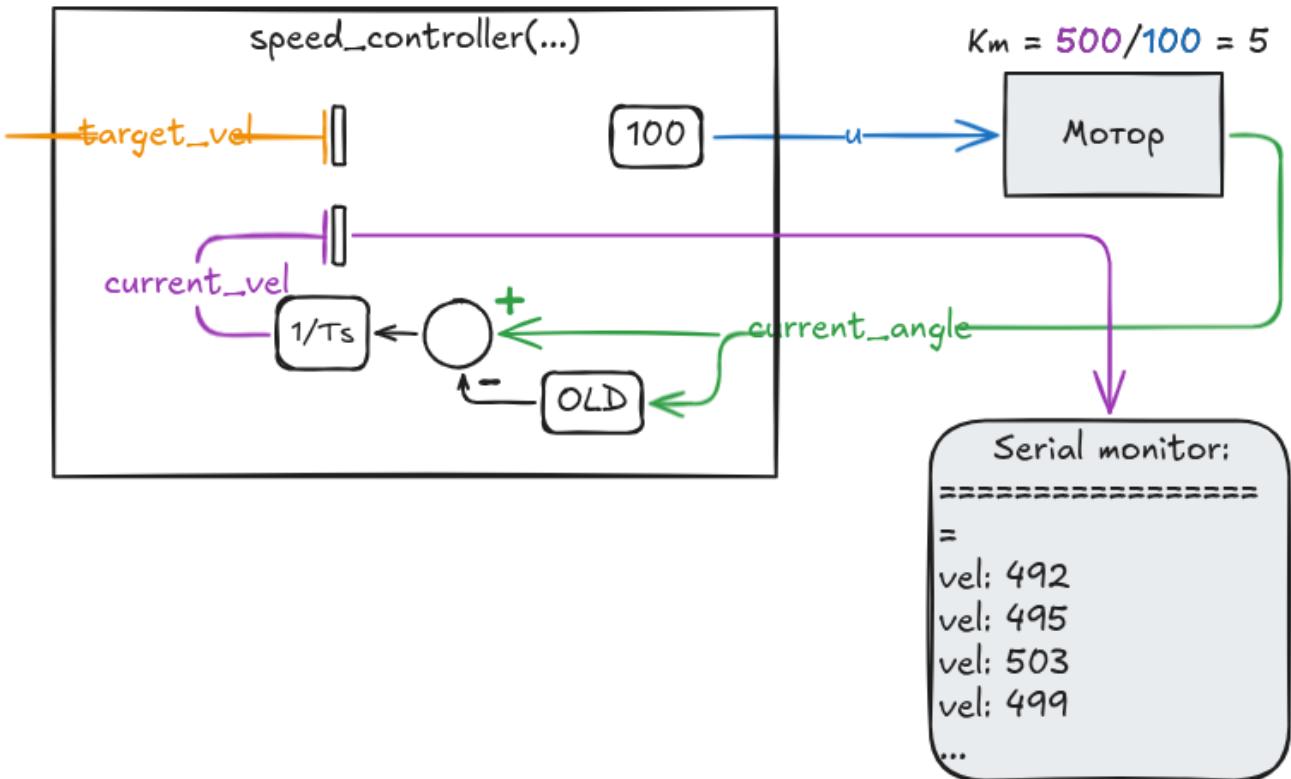
    old_angle = current_angle;
    //// PROF

    +   Serial.print("vel: ");
    +   Serial.println(current_vel);

    ///////
    //....
    /////

    -   return 0;
    +   return 100;
}

```



Пусть для нашего гипотетического мотора получился $K_m = 5$. Это значит, что измеренная скорость вращения будет в 5 раз больше, чем поданное ему на вход значение. Например, как в эксперименте, мы подали на вход значение \$100\$ (допустим ШИМ), и измеренная скорость была равна $100 * 5 = 500$ попугаев в секунду.

Оценка большой постоянной времени

Второе - нам необходимо оценить насколько долго мотор разгоняется до установившейся скорости. Самый простой способ это сделать - на слух.

Мы выключаем мотор. Потом резко его включаем (например снимаем питание и снова подаем) и слушаем его звук. Он будет некоторое время изменяться в высоте, после чего остановится и будет гудеть неизменно.

Нам необходимо определить это время и запомнить его. Это будет наша **большая постоянная времени**, обозначаемая как T_m .

Ниже приведены примерные звуки разгона двигателя с разными постоянными времени, от 0.1с до 1с.

$\$T_m = 0.1s\$$



$\$T_m = 0.2s\$$



$\$T_m = 0.3s\$$



$\$T_m = 0.5s\$$



$\$T_m = 1.0s\$$



Оценка малой постоянной времени

PROF

Наши микроконтроллеры имеют неизбежную задержку в обработке данных, выдаче управления, вызванную тем, что они работают в цикле с фиксированным временем выполнения. Быстрее времени одной итерации цикла МК отреагировать на изменения окружающей среды не может. Это минимальное время реакции робота на изменение окружающей среды мы будем называть **малой постоянной времени** и обозначать как $\$T_\mu\$$

5. Настройка регулятора скорости на моторе постоянного тока