Занятие 1

Мобильные роботы

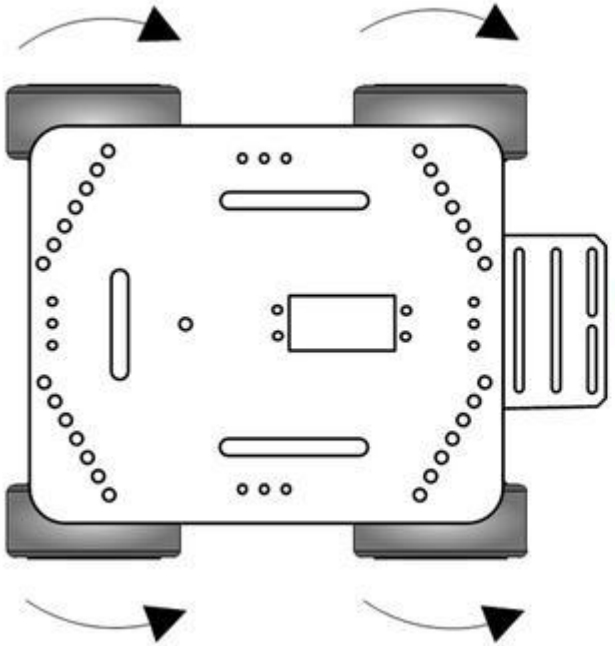
+

ARDUINO

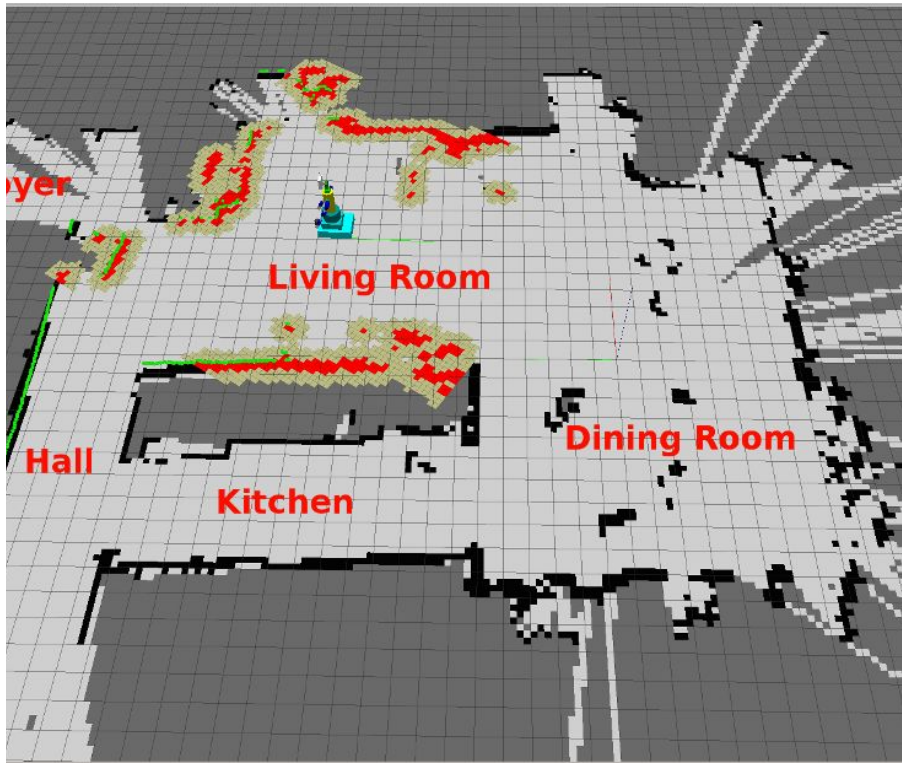
Задача – моделирование складского робота в короткие сроки

Распределение обязанностей

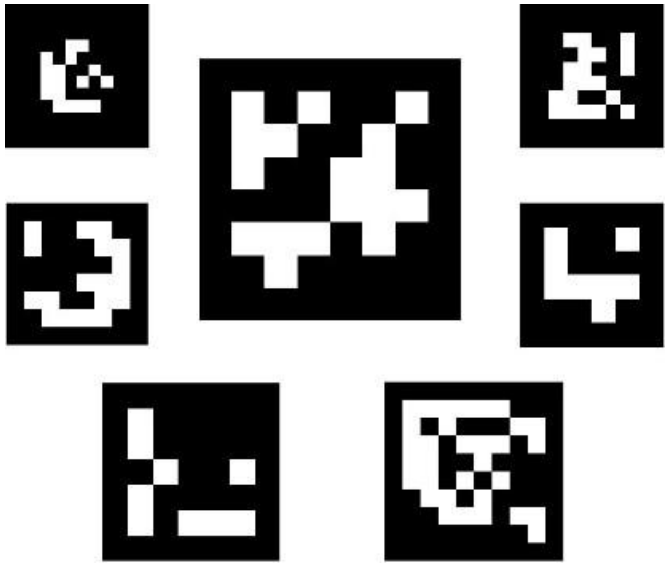
Нижний уровень
Шасси



Навигация

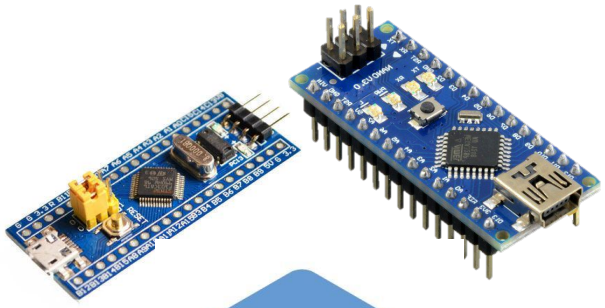


Computer vision

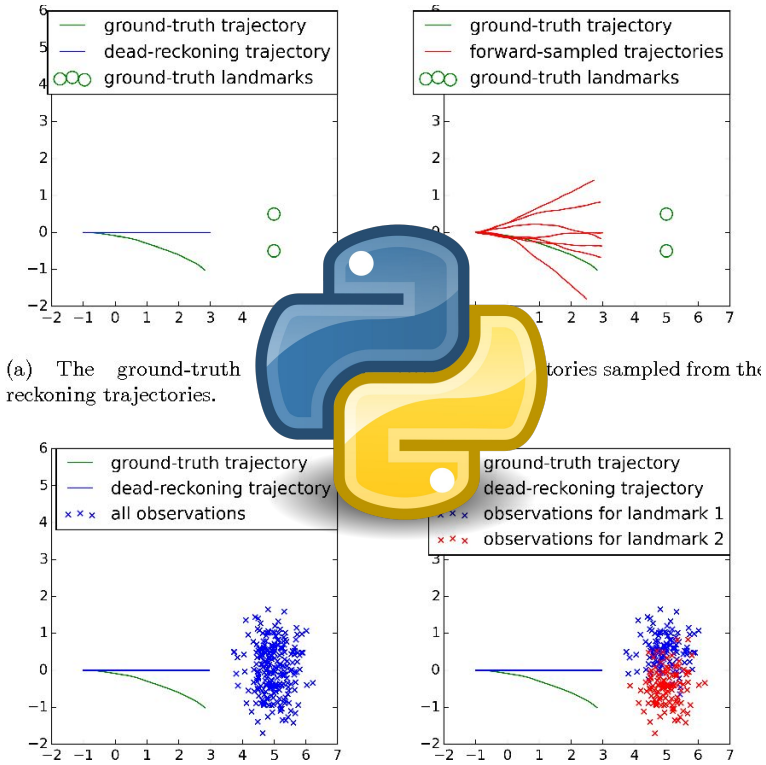


Стек технологий

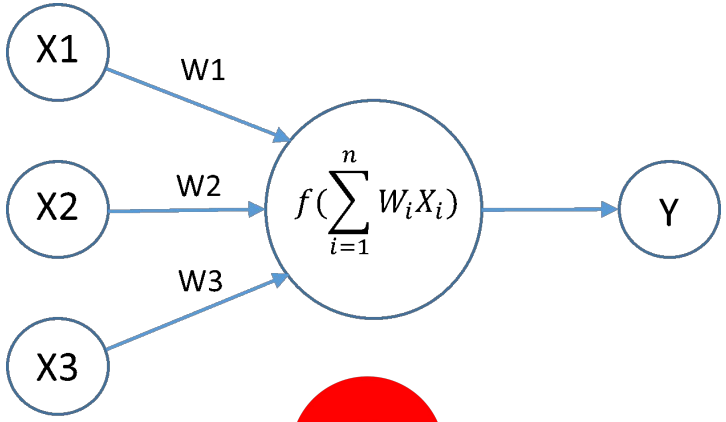
Нижний уровень
Шасси



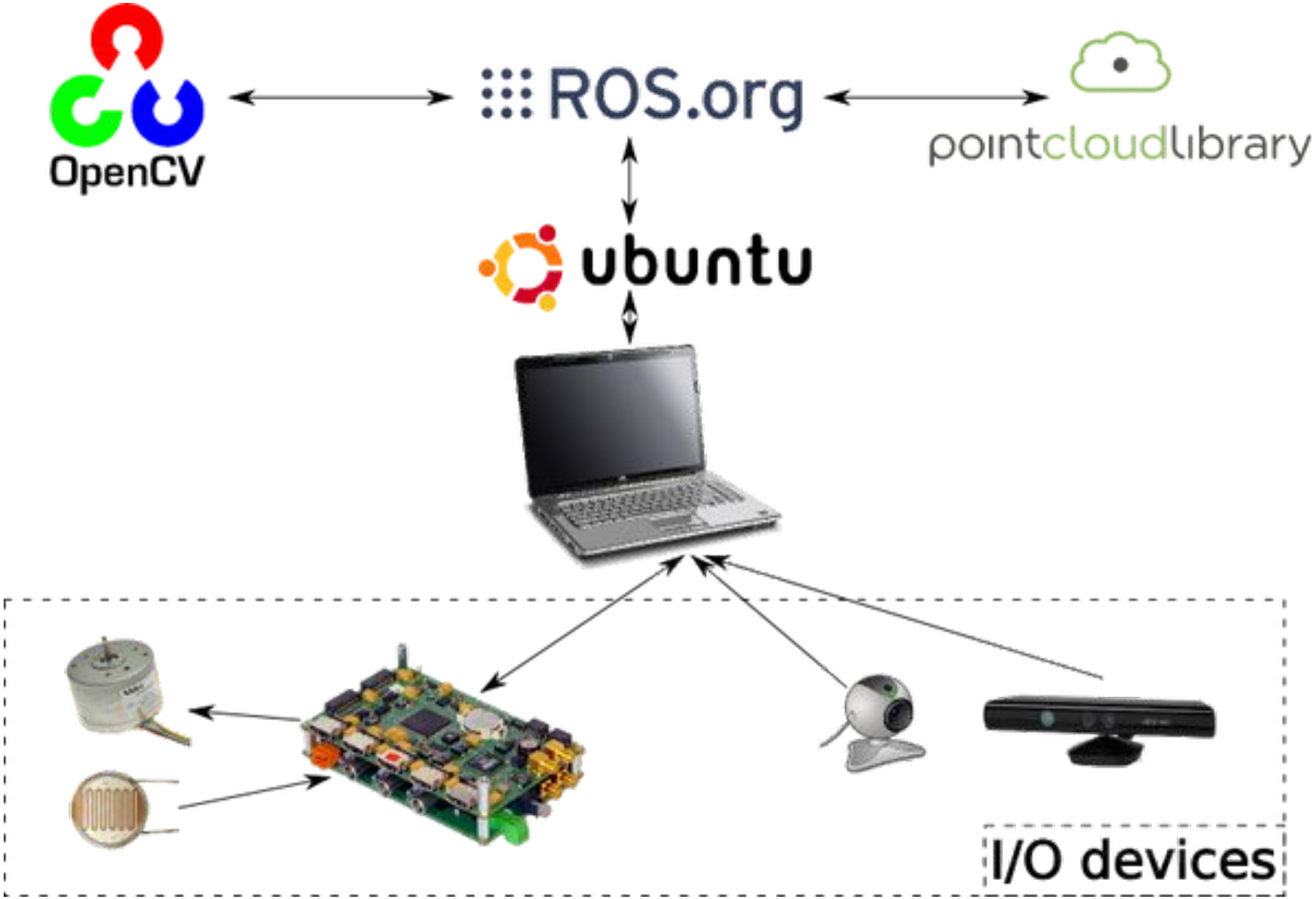
Навигация

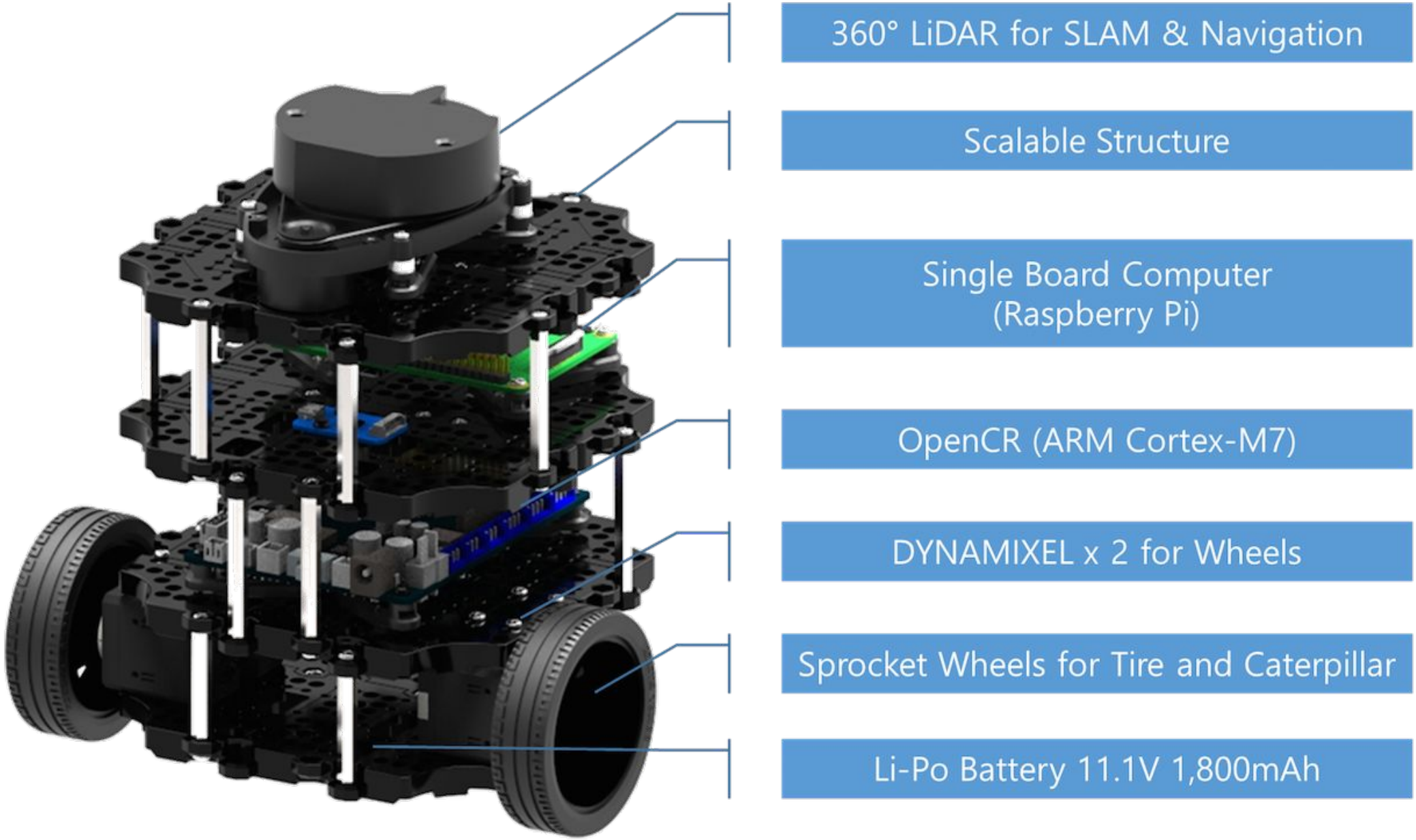


Computer vision



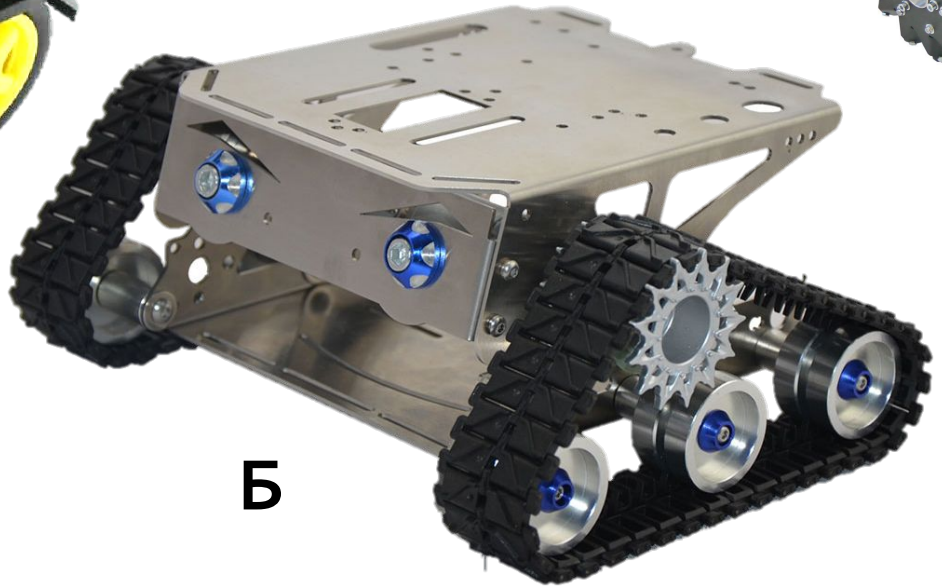
OpenCV


OpenCV
ROS.org
pointcloudlibrary
ubuntu
I/O devices

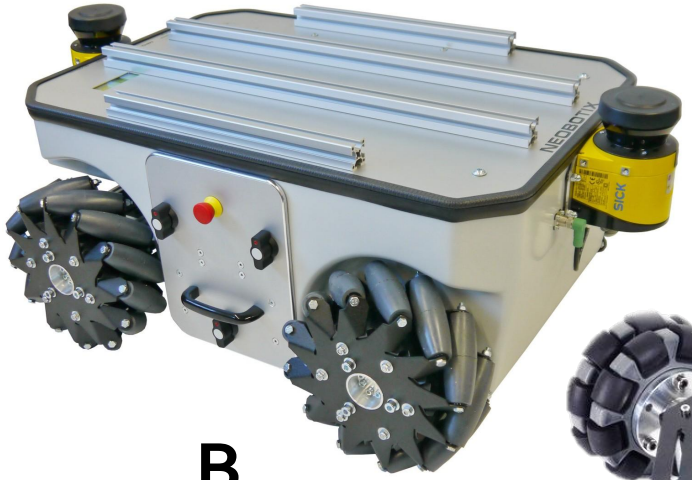

360° LiDAR for SLAM & Navigation
Scalable Structure
Single Board Computer
(Raspberry Pi)
OpenCR (ARM Cortex-M7)
DYNAMIXEL x 2 for Wheels
Sprocket Wheels for Tire and Caterpillar
Li-Po Battery 11.1V 1,800mAh

Моделирование шасси

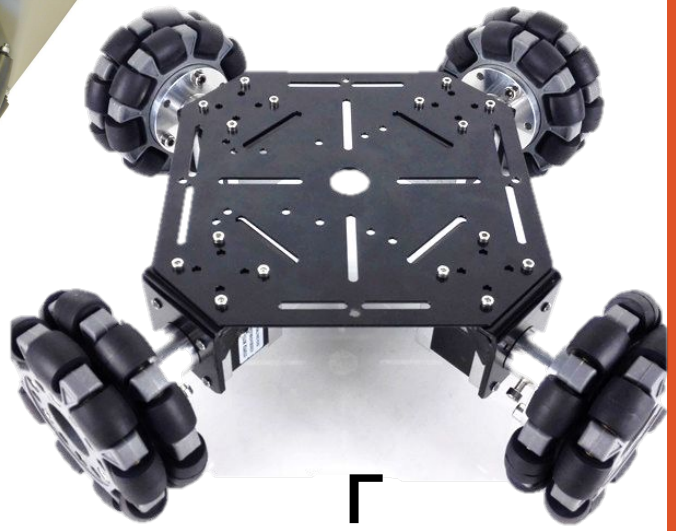
А



Б

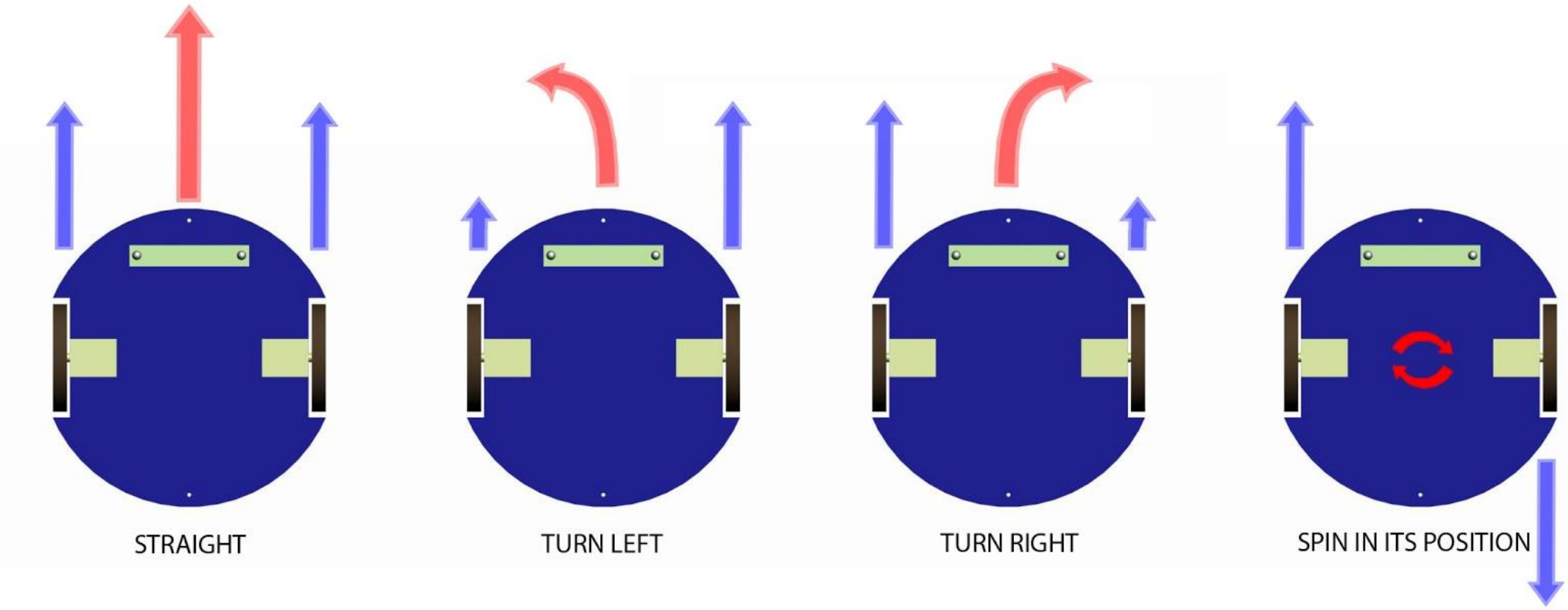


В

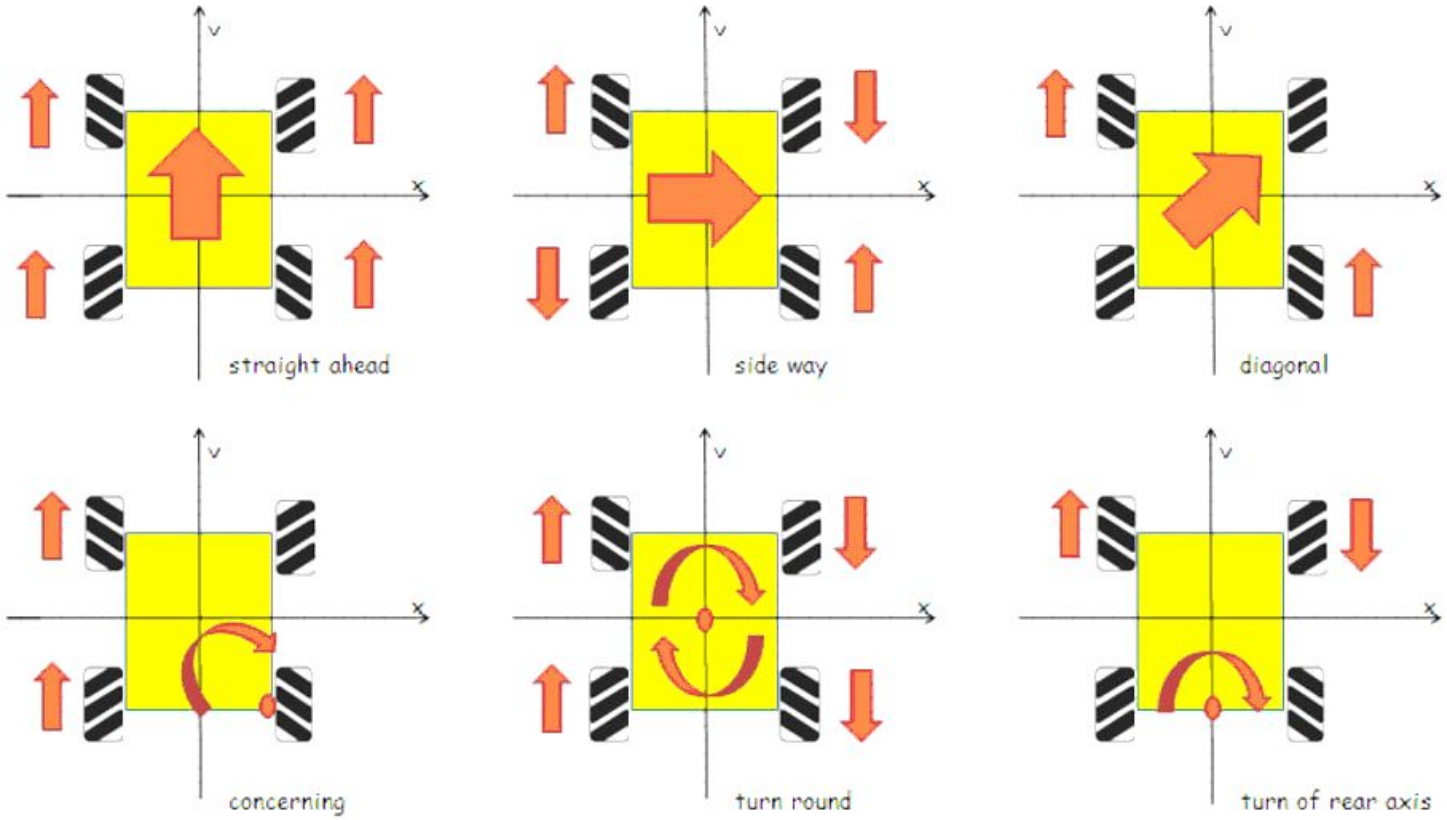


Г

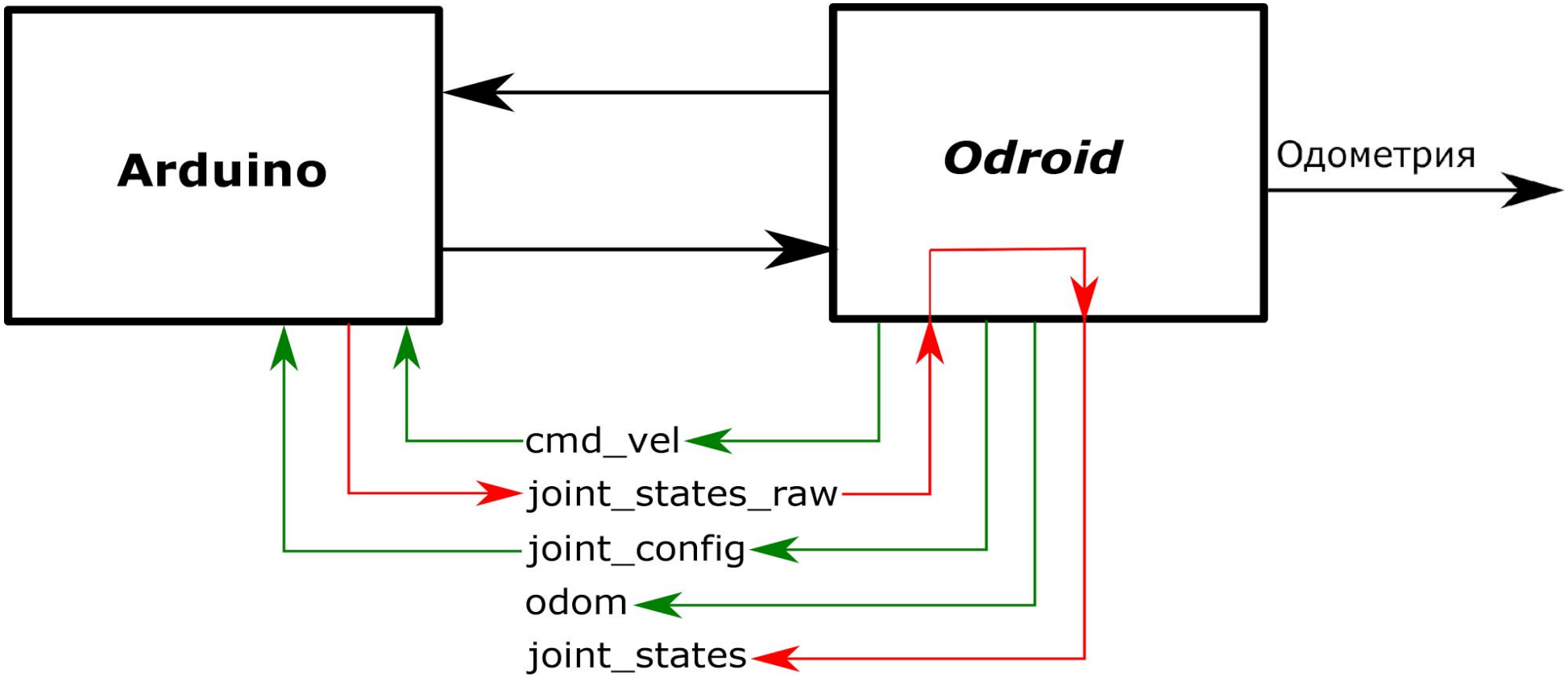
Дифференциальный привод



Меканум


straight ahead
side way
diagonal
concerning
turn round
turn of rear axis

Данные


Arduino
Odroid
Одометрия
cmd_vel
joint_states_raw
joint_config
odom
joint_states

В каком виде нам приходят запросы скорости?

geometry_msgs/Twist Message

File: geometry_msgs/Twist.msg

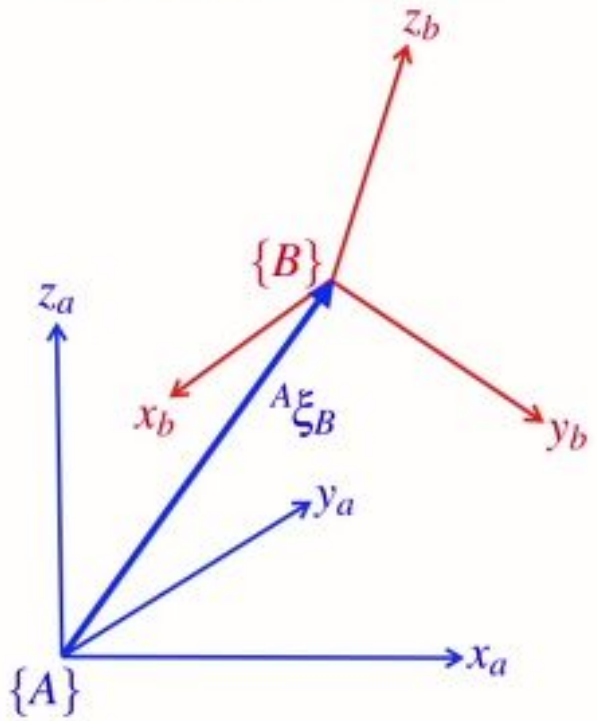
Raw Message Definition

```
# This expresses velocity in free space broken into its linear and angular parts.
Vector3  linear
Vector3  angular
```

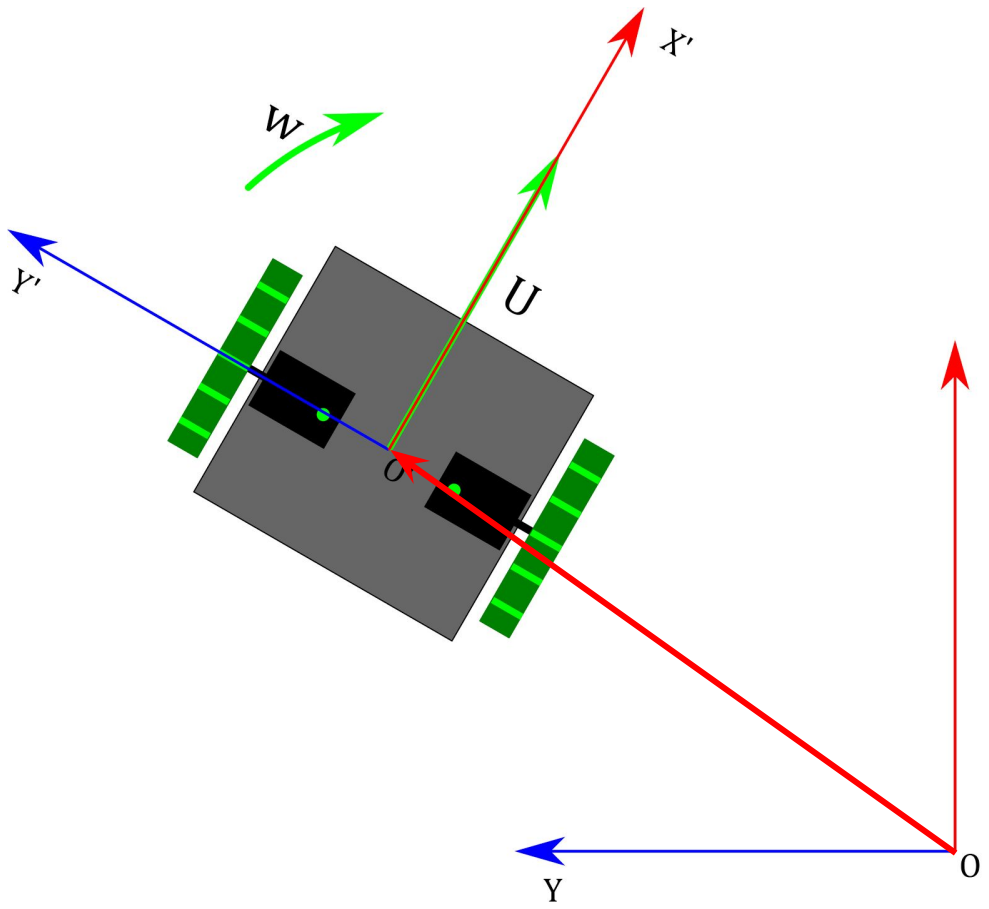
Compact Message Definition

```
geometry_msgs/Vector3 linear
geometry_msgs/Vector3 angular
```

Homogeneous form



Почему Twist?



$$H = \begin{bmatrix} R & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

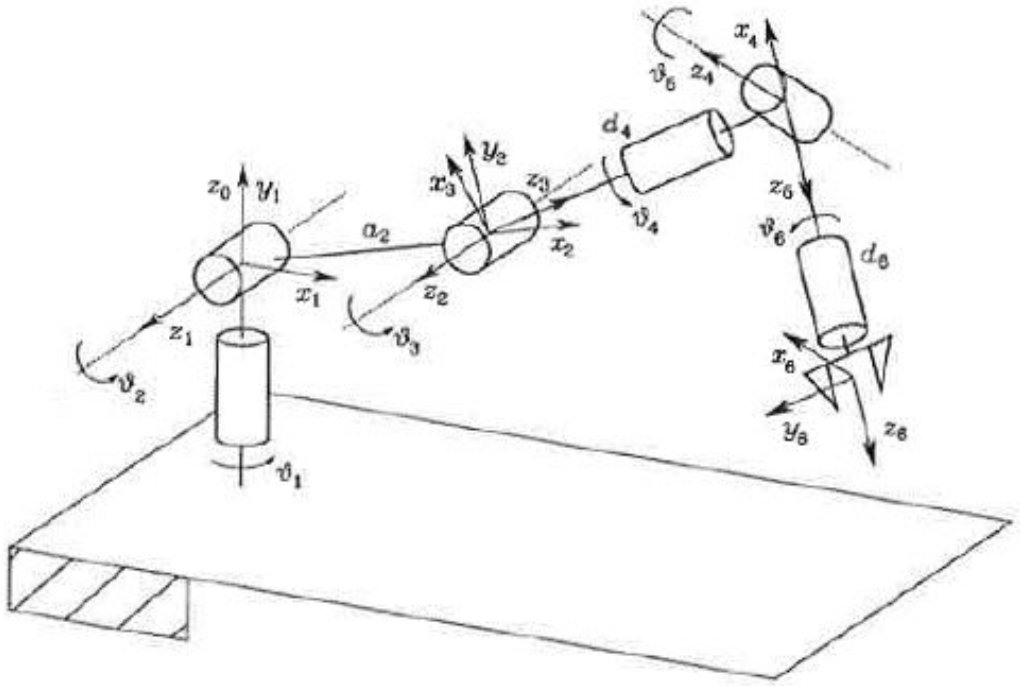
This does the displacement

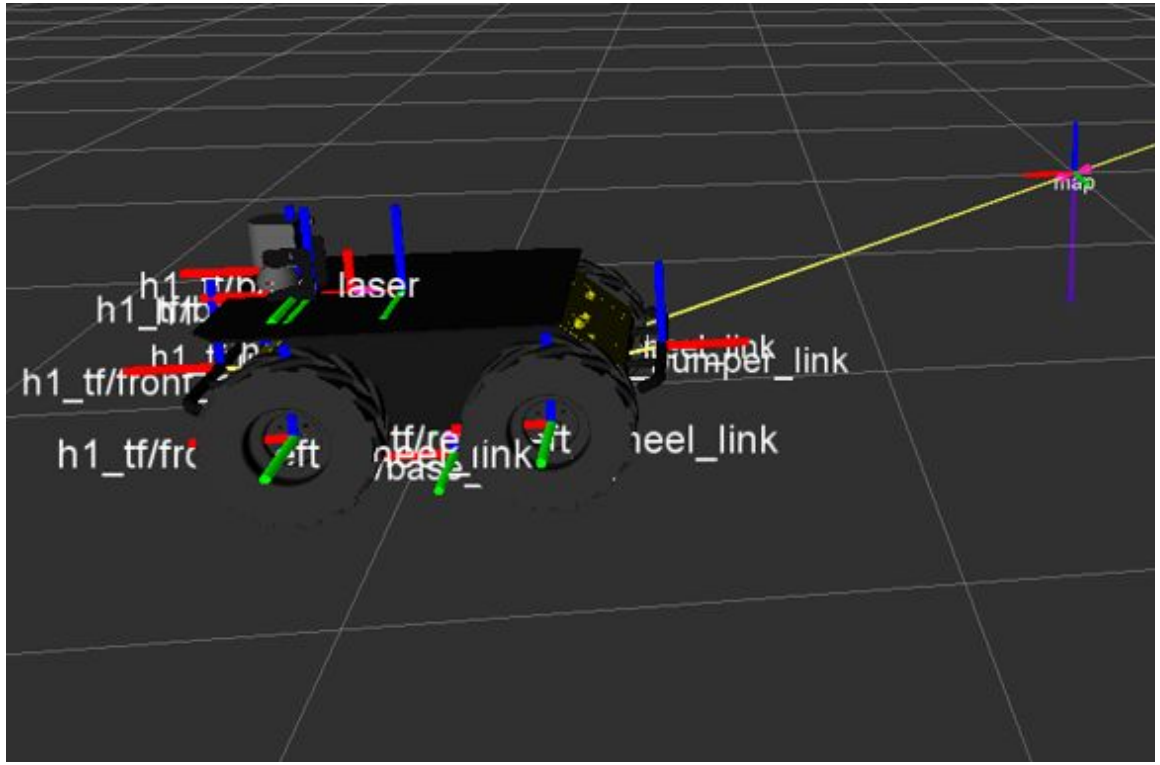
This does the rotation

$$= \begin{bmatrix} n_x & s_x & a_x & d_x \\ n_y & s_y & a_y & d_y \\ n_z & s_z & a_z & d_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_z = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Где применяется

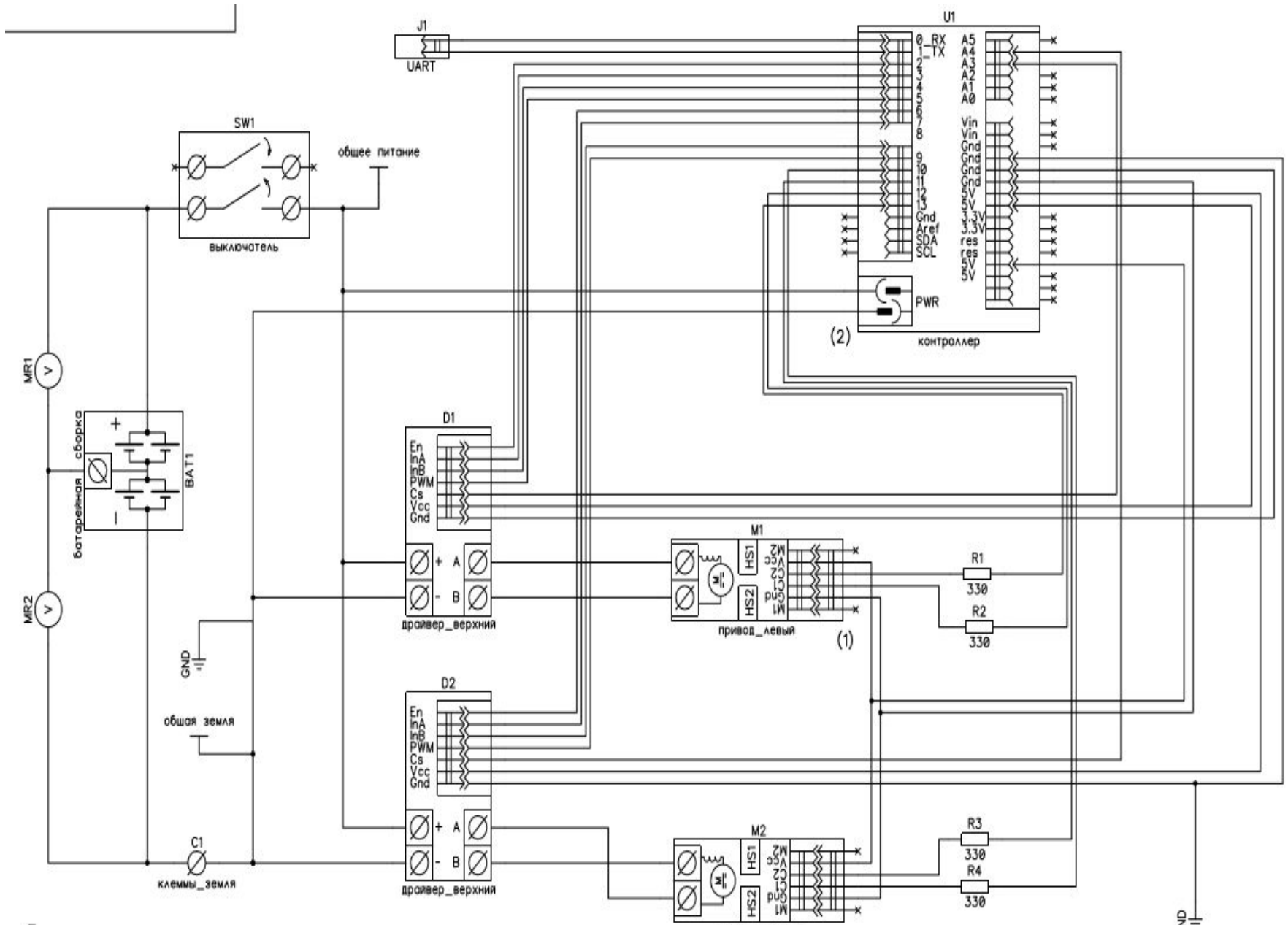




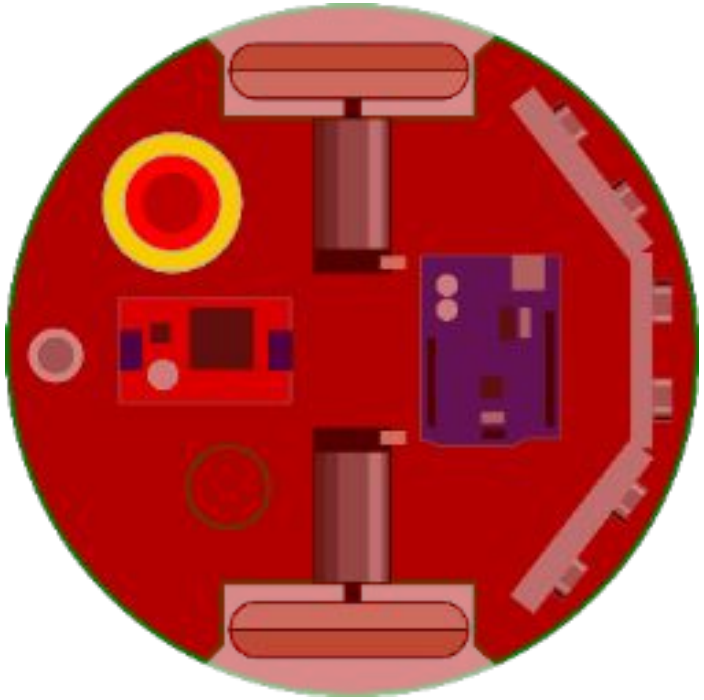
Arduino IDE

```
// Блок, выполняемый один раз при старте
void setup() {
  // Задаем режим работы пина 13 на выход
  pinMode(13, OUTPUT);
}

// Блок, повторяющийся до выключения контроллера
void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH);   // Зажечь светодиод
  delay(1000);              // Подождать секунду
  digitalWrite(13, LOW);    // Погасить светодиод
  delay(1000);              // Подождать секунду
}
```

```
void setup()     //Функция setup, вызываемая при старте работы контроллера
{
        pinMode( pin, INPUT/OUTPUT);     //Инициализация пина
}
void loop()      //Функция loop, выполняющаяся бесконечное количество раз после setup
{
        function(1000);      //вызов функции function с аргументом 1000
}
void function( int argument)  //Функция function, с аргументом argument тип целого
{
        digitalWrite( pin, HIGH/LOW(1/0));       //Подать высокое/низкое значение напряжение на пин
        delay(argument);    //Ожидать определенное количество миллисекунд
        //analogWrite( pin, 0..255);   Подать напряжение между высоким и низким, где 0- 0v, а 255 ~ 5v
         delay(argument);
}
```

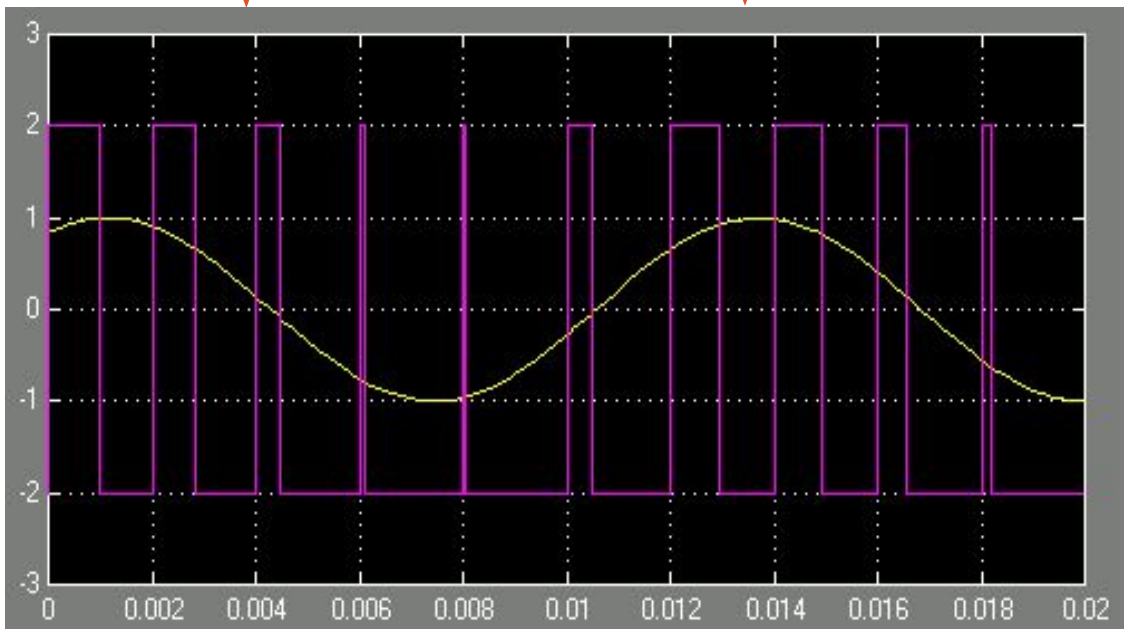

J1
UART
U1
0_RX
1_TX
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
Gnd
Aref
SDA
SCL
A5
A4
A3
A2
A1
A0
Vin
Vin
Gnd
Gnd
Gnd
Gnd
5V
5V
3.3V
3.3V
res
res
5V
5V
PWR
(2)
контроллер
SW1
выключатель
общее питание
MR1
MR2
батарейная сборка
BAT1
GND
общая земля
C1
клеммы_земля
D1
En
inA
inB
PWM
Cs
Vcc
Gnd
драйвер_верхний
D2
драйвер_верхний
M1
HS1
HS2
привод_левый
(1)
M2
R1
330
R2
330
R3
330
R4
330

Управление моторами



Двигатель ← Драйвер ← Контроллер

Драйвер 1	Драйвер 2 (Инвертирован)
En -> 2	En -> 6 (есть не всегда)
InA -> 4	InA -> 8
InB -> 3	InB -> 7
PWM -> 5	PWM -> 9 (ШИМ иногда завязан на InA/InB)

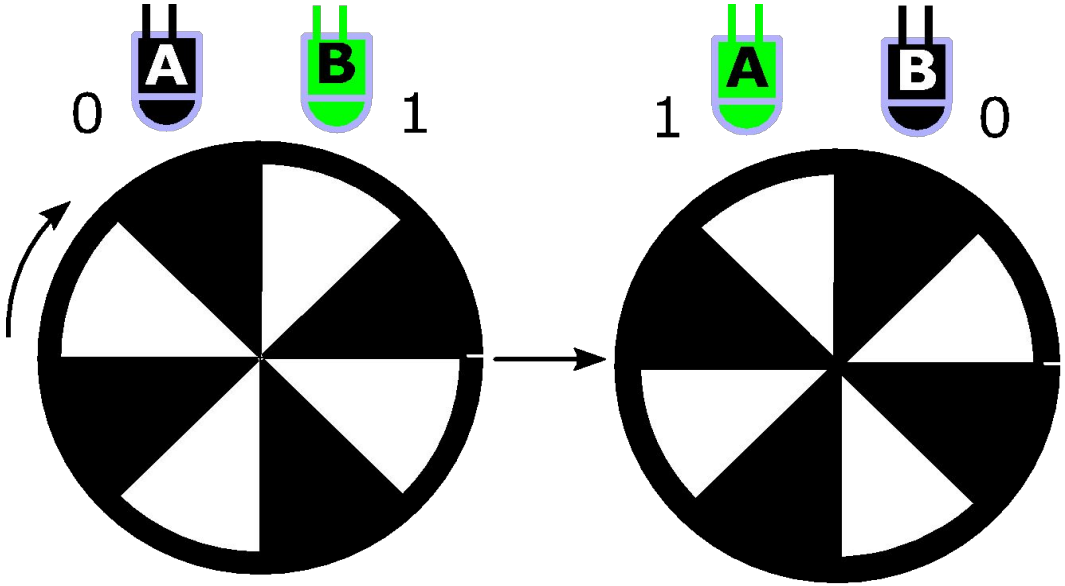


```
#define LPWM 5  //Left PWM - управление скоростью левого колеса
#define LCCW 4  //Left Counter Clockwise - вращение против часовой
#define LCW 3   //Left Clockwise - вращение по часовой
#define LEN 2   //Left Enable

#define RPWM 9  //Right PWM - управление скоростью правого колеса
#define RCCW 8  //Right Counter Clockwise - управление скоростью правого колеса
#define RCW 7   //Right Clockwise - вращение по часовой
#define REN 6   //Right Enable
```

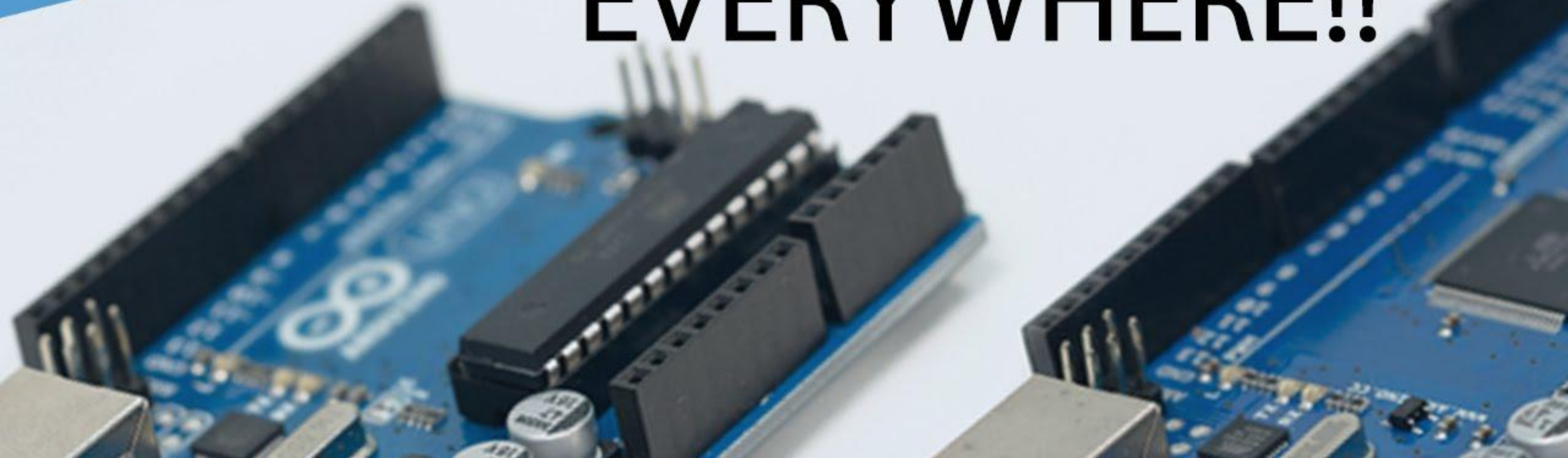
```
void setup(){
    …
    //Выставляем Enable в "1"
    digitalWrite(LEN,HIGH);
    digitalWrite(REN,HIGH);
}

void Lmove( int speed)
{
    …
}
void Rmove( int speed)
{
    …
}
```

```
void Lmove( int speed)
{
    if (speed >= 0)
    {
        digitalWrite(LCW, HIGH); //Выставляем пин "По часовой стрелке" в 1
        digitalWrite(LCCW, LOW); //А против часовой- в 0.
    }
    else //если меньше 0, то против часовой
    {
        speed=-speed; //Помним, что analogWrite воспринимает только положительные значе
        digitalWrite(LCCW, HIGH); //аналогично
        digitalWrite(LCW, LOW);
    }
    analogWrite(LPWM, speed); //И теперь уже выставляем саму скорость
}
```

Движение прямо: Энкодеры и ПИД регулятор



INTERRUPTS, INTERRUPTS EVERYWHERE!!



Другими словами, нам достаточно привязать прерывание на RISING одного из пинов, а внутри самой функции прерывания считывать с помощью функции digitalRead(pin2) в “1” или в “0” находится другой пин.

После этого, в той же функции мы либо прибавляем, либо отнимаем единицу от значения суммы тиков.

attachInterrupt(interruptPin, function, CHANGE);

interruptPin – наш пин прерывания, который реагирует на сигнал

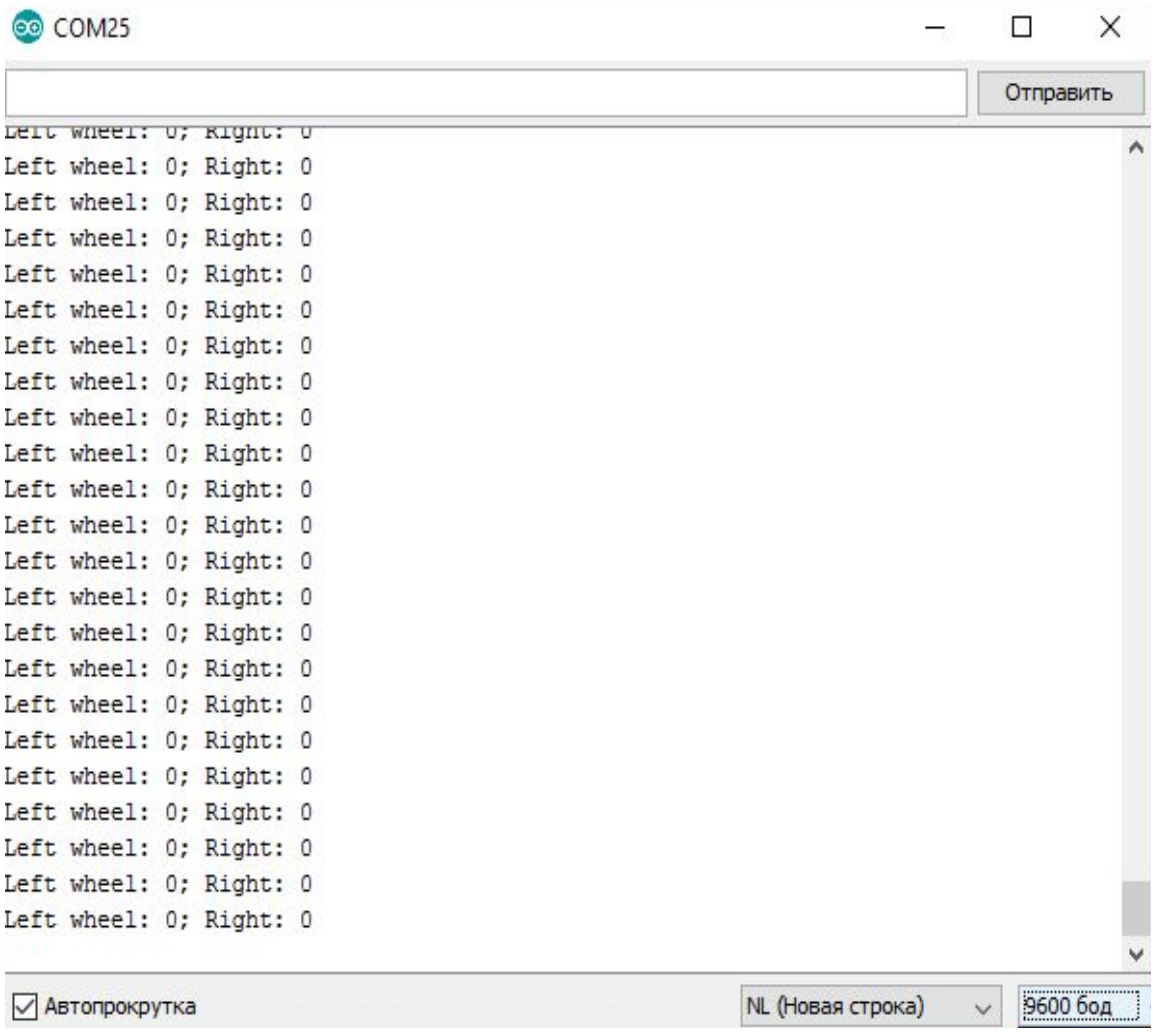
function – функция, которая будет вызываться при получении сигнала

CHANGE – фильтрация рабочего сигнала (CHANGE, FALLING, RISING, LOW)

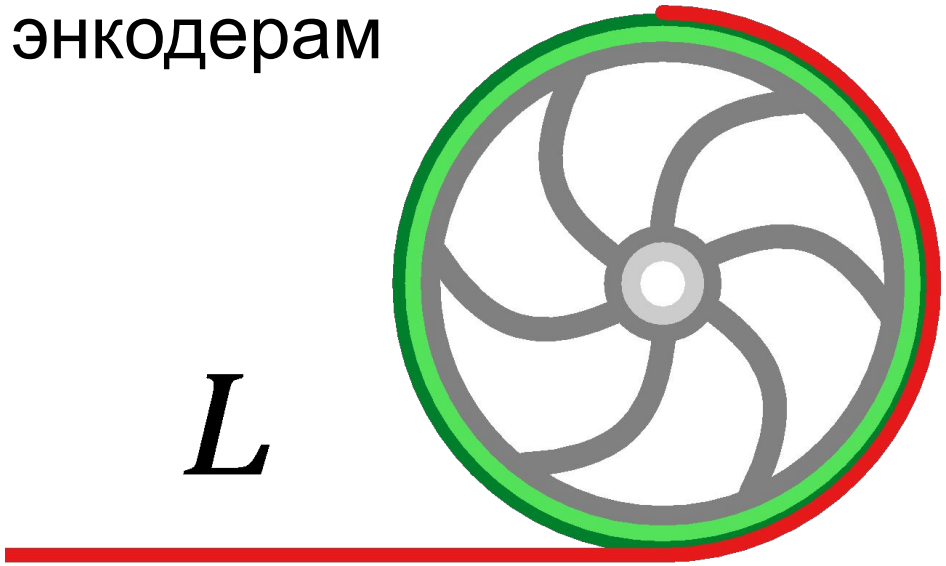
digitalRead(pin) – Читает в каком именно состоянии находится пин (0/1)

```
#include <PinChangeInt.h> //Подключаем заголовочный файл библиотеки
#define RENCA 11  //Энкодер на правом двигателе. Сигнал A
#define RENCB 10  //Энкодер на правом двигателе. Сигнал B
#define LENCA 12  //Энкодер на левом двигателе. Сигнал A
#define LENCB 13  //Энкодер на левом двигателе. Сигнал B
char buf[128];  //Буфер сообщения
int ltickes, rtickes; //Тики на левом и правом колесах

void setup(){
 Serial.begin(9600); //Настраиваем скорость общения контроллера и компьютера
 //Мы будем считывать состояние с пинов, так что их надо поставить в INPUT
 pinMode(LENCA, INPUT);
 pinMode(LENCB, INPUT);
 pinMode(RENCA, INPUT);
 pinMode(RENCB, INPUT);
Serial.println("----------------------------------------");
 //Прерывание Left Encoder A и Right Encoder A привязываем к переднему фронту сигнала A. В соответствующей функции будем анализировать состояние сигнала B
 attachPinChangeInterrupt(LENCA, LinterruptFunc, RISING);
 attachPinChangeInterrupt(RENCA, RinterruptFunc, RISING);
 //Для безопасности вначале программы обнуляем тики
 ltickes=0;
 rtickes=0;
}
void loop(){
 sprintf(buf, "Left wheel: %d; Right: %d", ltickes, rtickes);  //sprintf позволяет формировать буфер сообщения
 Serial.println(buf);  //который мы будем выводить в терминал
 delay(200); //каждые 200 миллисекунд
}
```

```
void LinterruptFunc() {
  if (digitalRead(LENCB)) //если сигнал B равен 1
    ltickes--;  //то вращение против часовой
  else  //иначе сигнал B равен 0
    ltickes++;  //и вращение по часовой
}
```



Получение скоростей по энкодерам



Диаметр D колеса 82 мм

Длина дуги равен Pi*D = 82* Pi

Количество тиков на оборот равно 390

За x тиков делается x/390 оборотов

Тогда пройденное расстояние будет равно произведению количества оборотов на длину дуги всего колеса. То есть, пройденный колесом путь равен:

S = (X/390)* (82 *PI), где X- количество тиков на колесе.

Скорость вращения колес равна

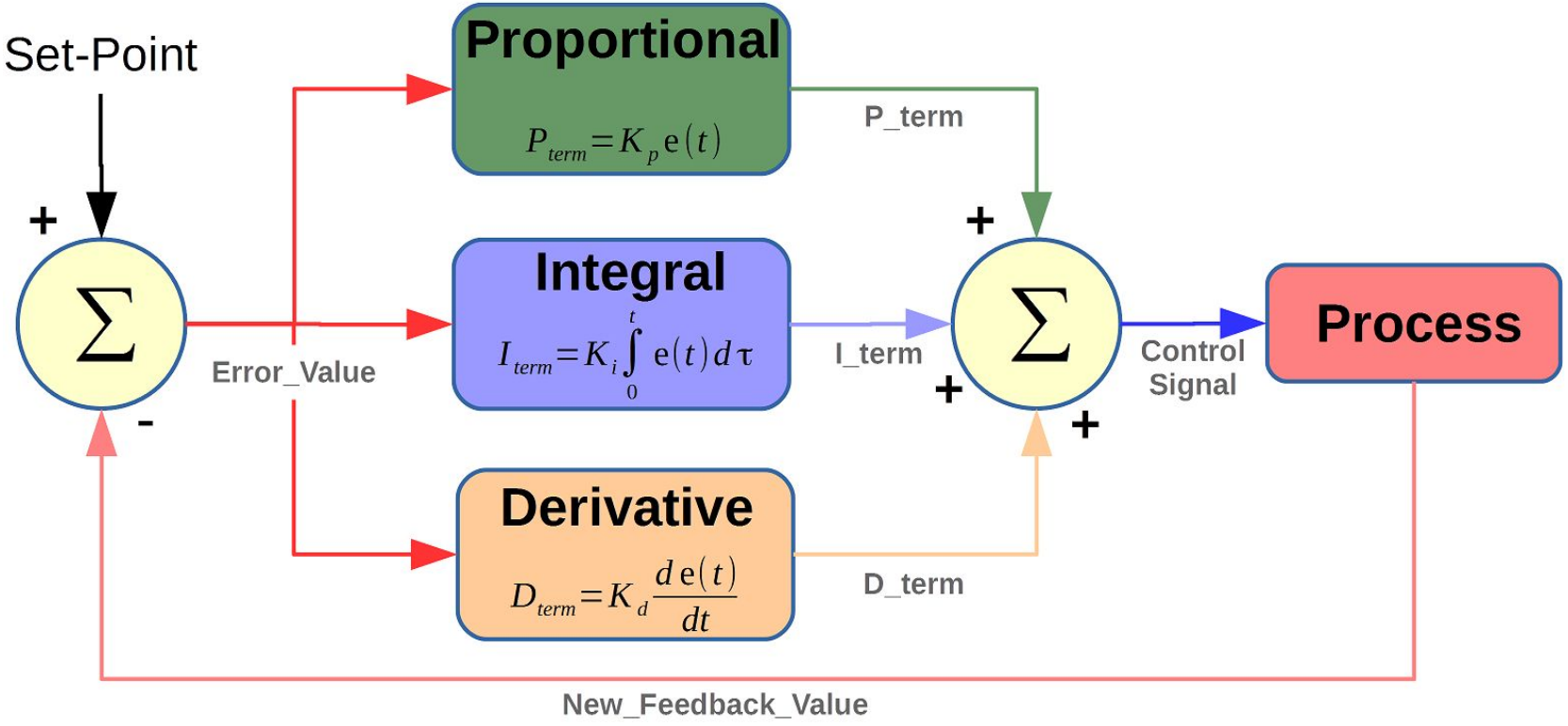
V = S/t = (X / 390) * (82 * PI) / t, где t -> 0

```
…
int Lvel, Rvel; //скорости правого и левого колес
long timer; //таймер, тип long (больше, чем int, но тоже число будет кончено)
int delta;  //дельта времени замера


void setup() {
…
timer=millis(); //начальный момент времени
}
```

```
void loop() {
  //замеряем дельту времени каждую итерацию цикла. Если она будет >= 20 миллисекунд, то
  if ((delta = millis() - timer) >= 20)
  {
    //рассчитываем скорости
    Lvelcalc();
    Rvelcalc();
    //переключаем таймер
    timer=millis();
  }
   sprintf(buf, "Left wheel: %d; Right: %d", (int)Lvel, (int)Rvel);
  Serial.println(buf);
}
```

```
//Функции расчета скоростей
void Lvelcalc() {
/*Скорость равна количеству оборотов за единицу времени * длину дуги колеса.
*Длина дуги колеса = PI * D, где D = 82 мм.
*Количество оборотов за единицу времени = разность тиков, деленная на
количество тиков за оборот
*и умноженная на дельту времени (так как дельта времени в миллисекундах, то
ее делим на 1000).
*Количество тиков за ~ равно 390.1 (определяется документацией на энкодер).
*/
 Lvel= ((ltickes/390.1)*1000/delta)*PI* 82;
 ltickes = 0; //обнуляем тики, чтобы не допустить переполнение переменной тиков
}
```

ПИД регуляторы



```
void loop()
{
if ((delta = millis() - timer) >= 20)
  {
    //рассчитываем скорость левого колеса
    Lvelcalc();
    //ошибка левого колеса
    error = reqvel - Lvel;
    //расчет компенсации
    analogchange = error * p;
    //сама компенсация
    Lmove(analogchange);
    //аналогично для правого
    Rvelcalc();
    error = reqvel - Rvel;
    analogchange = error * p;
    Rmove(analogchange);
    timer = millis();
  }
...
}
```

П регулятор

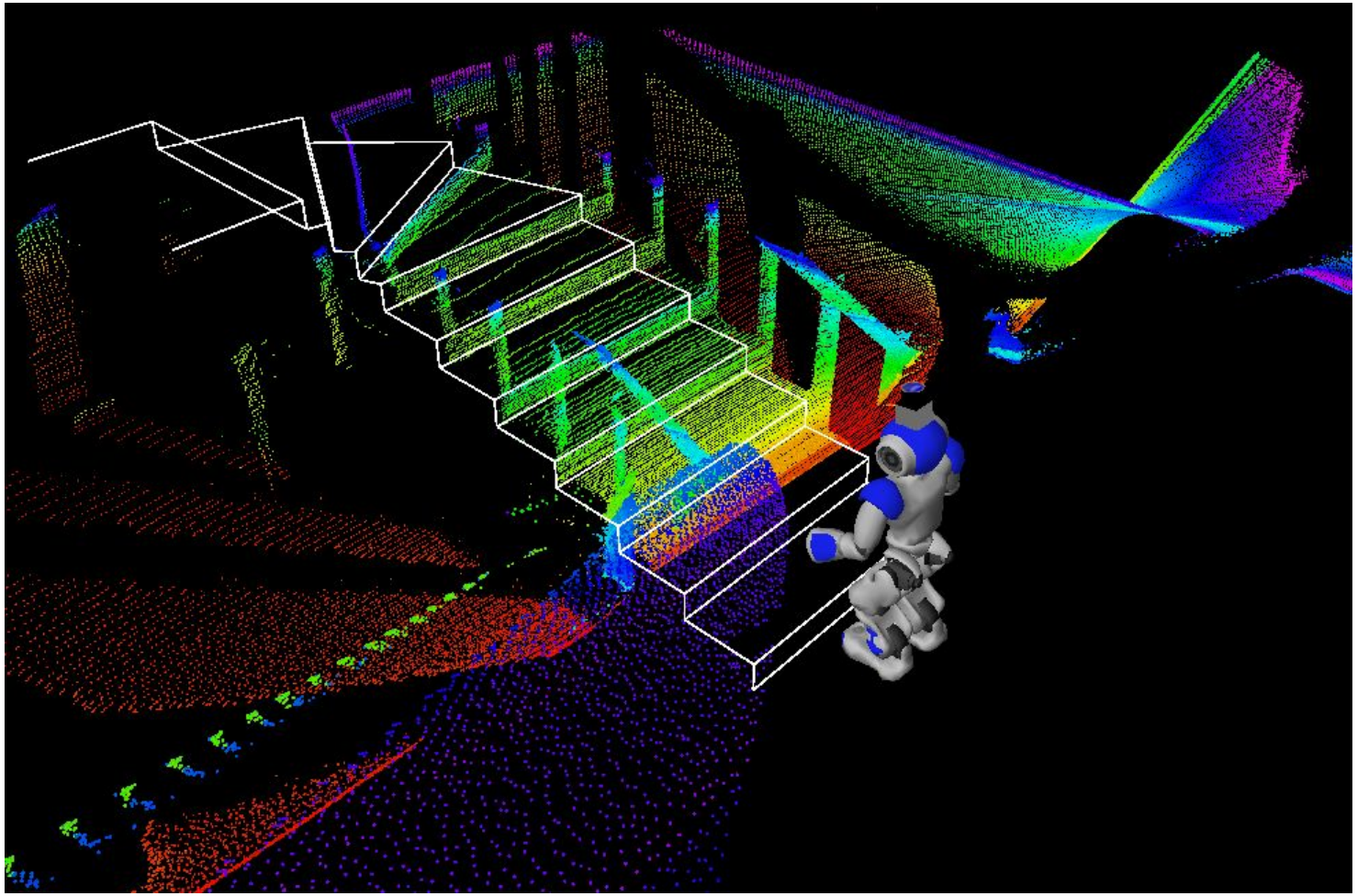
ПИ регулятор

```
void setup() {...}
void loop()
{
  if ((delta = millis() - timer) >= 20)
  {
    //рассчитываем скорость левого колеса
    Lvelcalc();
    //ошибка левого колеса
    error = reqvel - Lvel;
    //расчет интеграла
    lerrint += error * delta / 1000;
    //расчет компенсации
    analogchange = error * p + lerrint * i;
    //сама компенсация
    Lmove(analogchange);
    //аналогично для правого
  }
...
}
```

ПИД регулятор

```
void setup() {...}
void loop()
{
if ((delta = millis() - timer) >= 20)
  {
    //рассчитываем скорость левого колеса
    Lvelcalc();
    //ошибка левого колеса
    error = (-reqvel) - Lvel;
    //рассчет интеграла
    lerrint += error * delta / 1000;
    //расчет дифференциальной составляющей
    deriv = (error- lerrorold) / (delta / 1000);
    lerrorold = error;
    //расчет компенсации
    analogchange = error * p + lerrint * i - deriv * d;
    //сама компенсация
    Lmove(analogchange);
    //аналогично для правого

…
}
```

Навигация роботов



- Датчики глубины
- Датчики линий
- Одометрия
- IMU
- Сонары
- Камеры