

Введение

Робот “Белая стрела” предназначен для регламента “Юный инженер”, проходящего в рамках олимпиады МКОР и “Минский открытый роботурнир”. Данный регламент появился только в этом году и проходит впервые. В “Юном инженер” необходимо самостоятельно изготовить робота, способного проехать круг по полю и сбить противоположную от старта планку.

Конструкция и Механика

Большинство конструктивных и механических деталей, кроме шин и платы, я распечатал на 3д принтере (рисунок 1). Я отливал шины из силикона в многоразовых формах (рисунок 2), формы состоят из 3 частей: бублика, формирующего внутренний рисунок шины, и двух частей, формирующих форму шины. Во-первых, формы обрабатываются смесью, для лучшего отделения силикона от формы, потом форма собирается и стягивается (рисунок 3), далее заливается силикон, для лучшего распределения силикона по форме я создавал вибрацию электронной зубной щёткой, после суток силикон застывает (рисунок 4), и после открытия формы получается готовая шина.



Рисунок 1 — колесо, распечатанное на 3D принтере



Рисунок 2 — формы



Рисунок 3 — формы собранном и стянутом виде



Рисунок 4 — шина в форме после раскрытия

Основа робота состоит из трёх элементов: платы и двух платформ, на плате располагается электроника и платформы, на задней платформе держаться моторы, батарейный блок и сбивающая палка, на передней сервопривод для сбивалки и тумблер. Также на основе закреплена третья опора, в качестве опоры я использовал скользящую наклейку для ножек стульев.

В качестве механизма сбивания я выбрал тяги (рисунок 5), так как, на пример передачу из шестерёнок сложно моделировать и собирать. Использовать механизм я решил, чтобы снять нагрузку на вал мотора. Когда я продумывал механизм, я задумывался над тем, что планка может после падения застрять в работе или упасть перед роботом, из-за этого застрявшая планка может сбить стойки, а упавшая перед сбить робота с линии. Для решения этой проблемы я добавил выступ на сбивалки, в котором застревает планка, после чего робот его сбрасывает, так же тяга моего механизма не даст планке упасть внутрь робота.



Рисунок 5 — модель механизма в САПР “Компас”

Электроника

Питание управляется тумблером и поступает на плату от двух аккумуляторных батареек, дающих в сумме 8В, питание в 8В идёт напрямую к мотору, а остальные компоненты получают питание 5,5В через

преобразователь. Мой робот управляется Arduino Nano, я её выбрал из-за небольших размеров. Датчики сначала работали на основе фототранзистора (рисунок 6), но я перешёл на фоторезистор (рисунок 7) из-за меньших размеров и большего диапазона показаний (таблица 1). Каждый мотор управляется своим N полярным транзистором MOSFET. Также присутствует кнопка для старта робота.



Рисунок 6 — старые датчики линии

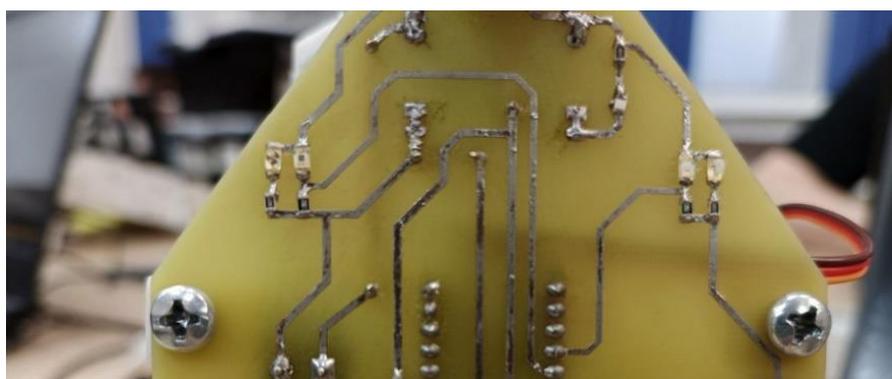


Рисунок 7 — новые датчики линии

Таблица 1 — сравнение показаний датчиков линии на основе фототранзистора и фоторезистора

| | показания на белом | показания на чёрном | диапазон |
|----------------|--------------------|---------------------|----------|
| фоторезистор | 780 | 530 | 250 |
| фототранзистор | 940 | 335 | 605 |

Большая часть электроники размещена на произведённой мною электронной плате. В роботе стоит вторая версия платы, первая не подошла из-за допущенных мной ошибках в проектировании, в результате чего отвалились дорожки. Сначала, для изготовления, составляется схема

электронного устройства (приложение А) в “KiCad” и проектируется плата (рисунок 8). Потом вырезается прямоугольник платы с небольшим отступом от краев, текстолит шлифуется наждачкой и очищается поверхность текстолита, схема расположения дорожек, отверстий и границ печатается на лазерном принтере на термотрансферной бумаге и переносится утюгом на текстолит. Далее будущая плата помещается в раствор хлорного железа, где медь на непокрытых после переноса местах платы растворяется. После плата принимает точную форму после обработки на шлифовальном станке, на специальном станке сверлятся отверстия под компоненты, остаётся залудить дорожки и припаять компоненты, и плата готова (рисунок 9).

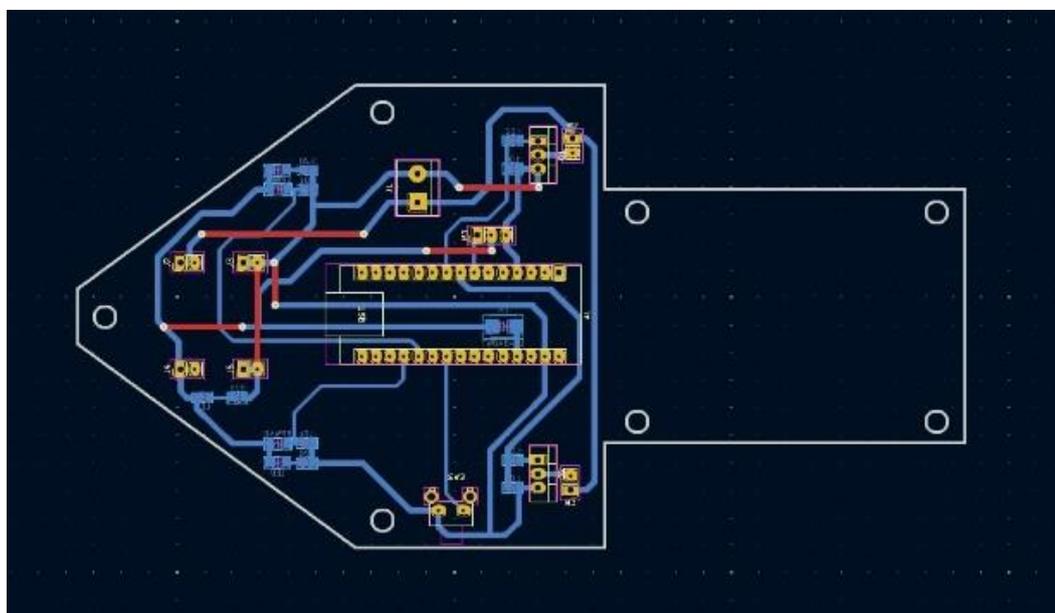


Рисунок 8 —схема платы в программе моделирования

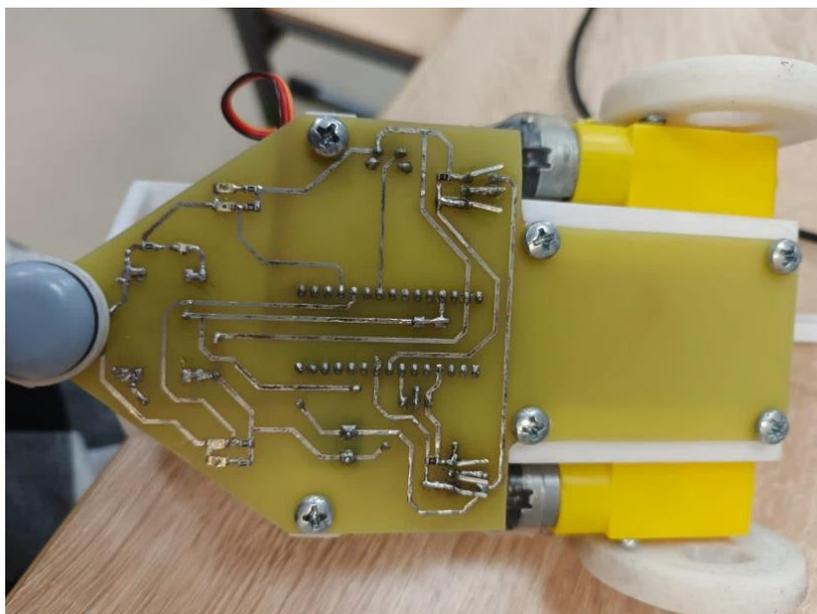


Рисунок 9 — готовая плата в роботе, вид снизу

Программная часть

Программу для робота (приложение Б) можно разделить 3 части: описание портов, основная программа, функции. В описании портов описываются порты, параметры для сервопривода и вводится глобальная переменная прошлой ошибки. В основной части происходит управление движением робота и сбивалки, программа ожидает нажатия кнопки для старта, едет по линии, и по времени поднимает или опускает палку. В программе используются 2 функции: движение по линии и управлении моторами. Робот едет по линии на основе Пропорционально-Дифференциальный регулятор, регулятор состоит из пропорциональной (п) и дифференциальной (д) частей, которые потом складываются, получается управляющий коэффициент, который потом прибавляется к скорости одного мотора и убавляется из скорости второго. П часть считается по формуле $\text{ошибка} * \text{коэффициент}$ или $(\text{показания датчика 1} - \text{показания датчика 2}) * \text{коэффициент}$, данная формула позволяет управлять роботом за счёт отклонений. Д часть рассчитывается по формуле $(\text{прошлая ошибка} - \text{текущая ошибка}) * \text{коэффициент}$, данная часть позволяет сделать траекторию робота более плавной. Для управления

моторами функция обрезает значение скорости под нужный диапазон и отправляет значения на моторы.

Заключение

Итогом моей работы стал первый самостоятельно произведенный робот (рисунок 10), отвечающего основным требованиям регламента соревнований “Юный инженер”. Я оцениваю самостоятельность изготовления робота на 80%. Этот опыт поможет мне в будущем, когда я буду делать свои собственные проекты.

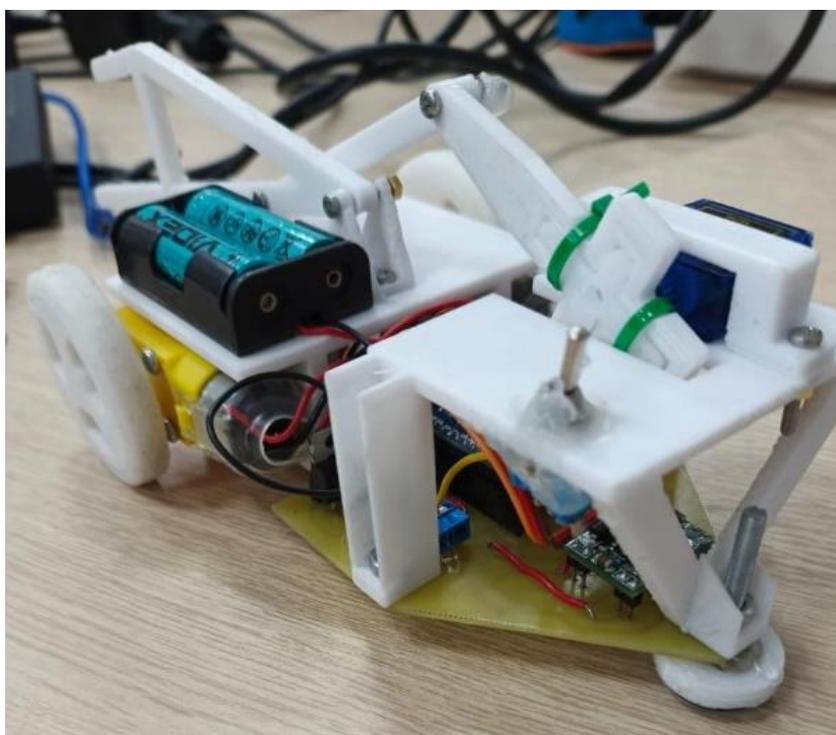


Рисунок 10 — готовый робот

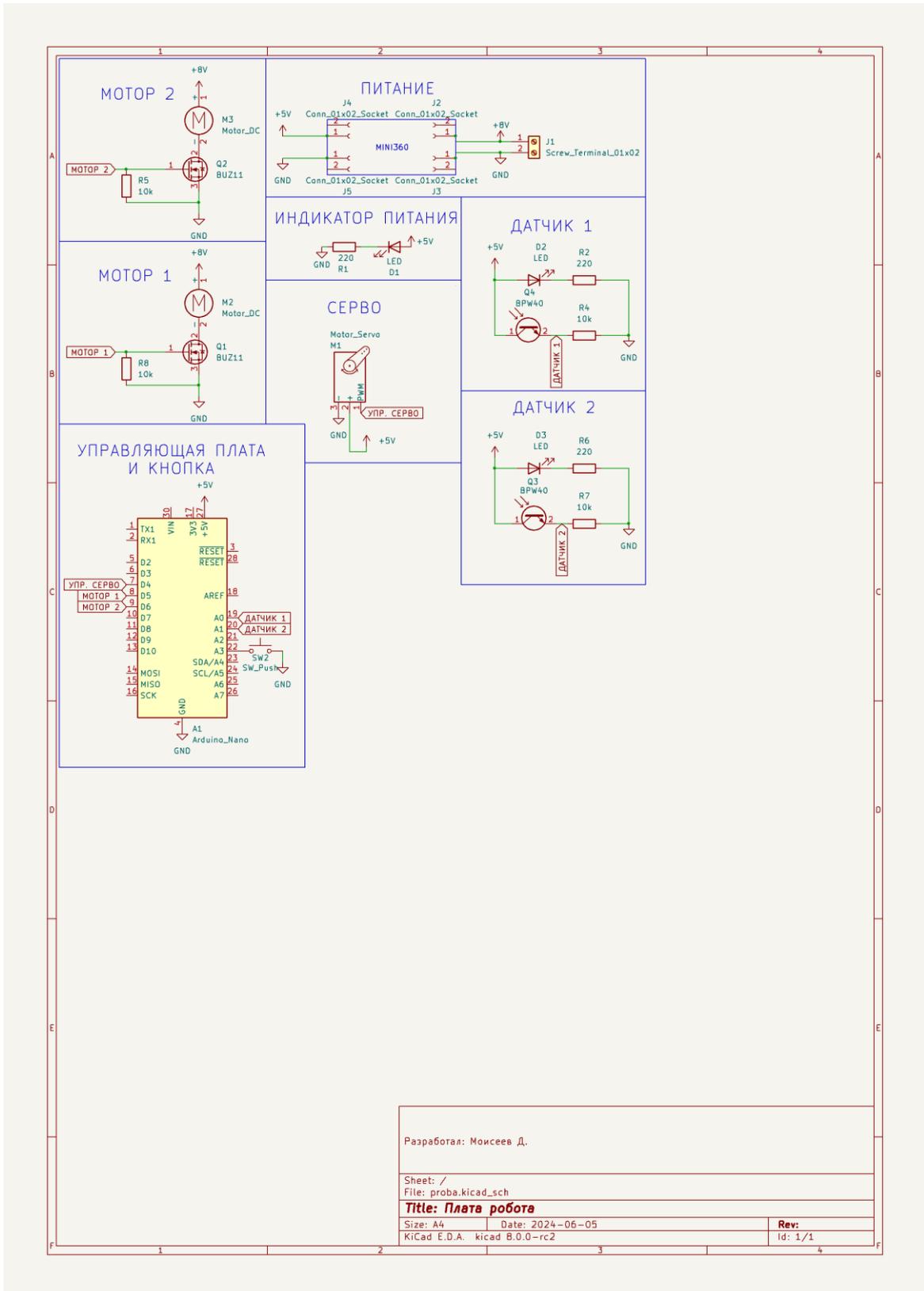
Список источников

1 Регламент “Юный инженер”. — URL: https://mosrobotics.ru/wp-content/uploads/2023/10/%D0%AE%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D0%B8%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80_V1.pdf (дата обращения 19.04.2024).

2 Изготовление платы методом ЛУТ. — URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NJTeIALlztI&t=4s> (дата обращения 19.04.2024)

Приложение А

Электронная схема



Разработал: Моисеев Д.

Sheet: /
File: proba.kicad_sch

Title: Плата робота

Size: A4 Date: 2024-06-05

KiCad E.D.A. kicad 8.0.0-rc2

Rev:
Id: 1/1

Приложение Б

Программа робота

```
#include <Servo.h> //подключение библиотеки для серво

//объявление портов
Servo myservo; //название сервомотора для программы
void setup() {
  pinMode(A0,INPUT); //порт левого датчика
  pinMode(A1,INPUT); //порт правого датчика
  pinMode(A3,INPUT_PULLUP); //порт кнопки
  pinMode(5,OUTPUT); //порт левого мотора
  pinMode(6,OUTPUT); //порт правого мотора
  myservo.attach(4); //порт серво
}
int lasterr=0; //задаём переменную прошлой ошибки, чтобы она стала
глобальной

void loop() { //основная программа
  myservo.write(135); //стартовое положение сбивалки
  while(digitalRead(A3)==1){} //ждём нажатия кнопки
  delay(3000); //небольшое ожидание перед запуском
  unsigned long ltime = millis(); //задаём начальное время
  lasterr = analogRead(A0)-analogRead(A1); //задаём первое значение ошибки
  while(millis()-ltime < 15000){ //едем по времени по линии до перекладины
    pdmove(110, 0.1, 1);
  }
  myservo.write(95); //поднятие сбивалки
  while(millis()-ltime < 20000){ //сбиваем планку
```

```

    pdmove(110, 0.1, 1);
}
myservo.write(180); //отпускание сбивалки
while(1){pdmove(110, 0.1, 1);} //доезжаем до конца
}

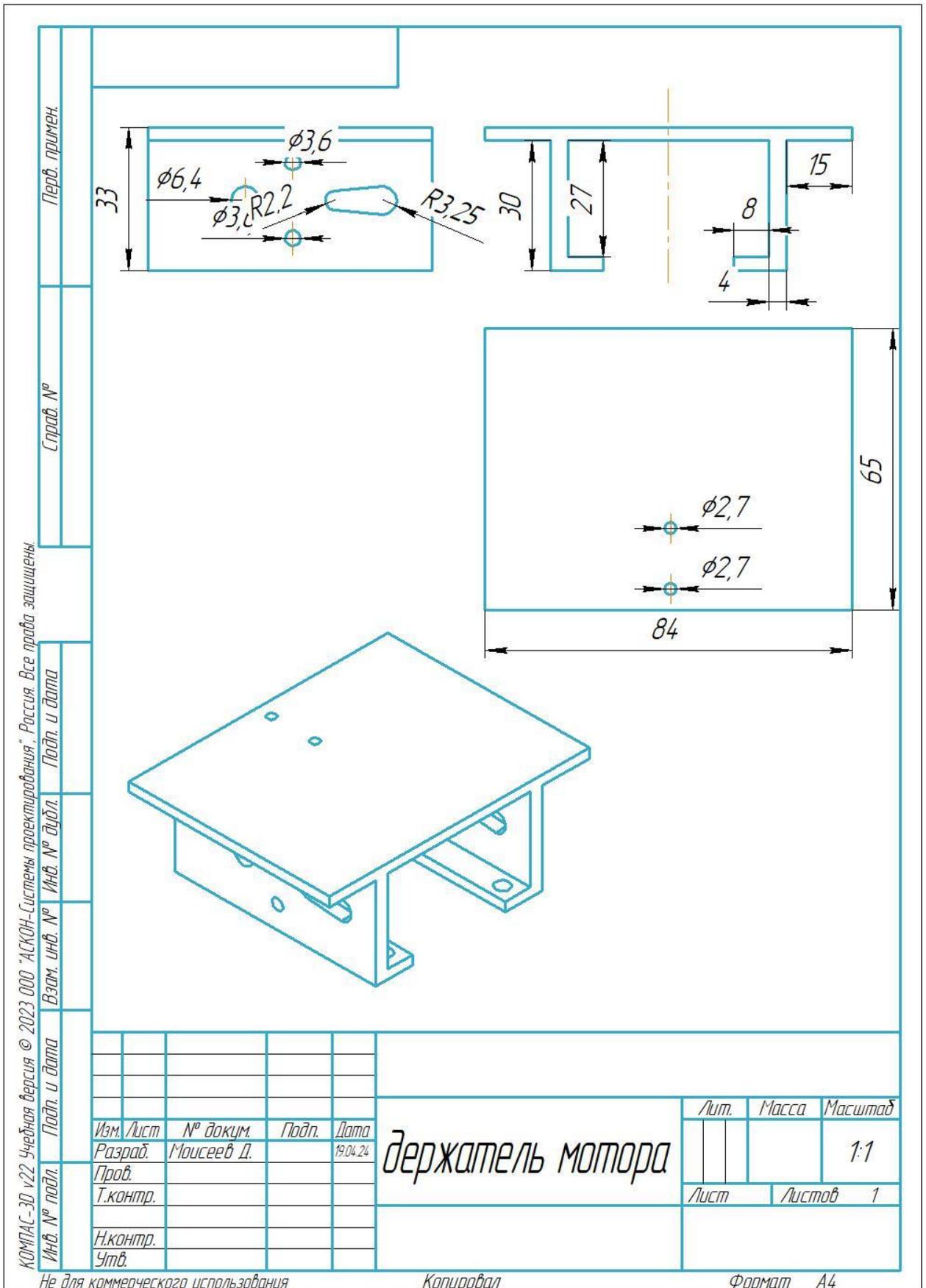
void pdmove(int speed, float kp, float kd) { //функция для езды по пд регулятору
    int err = analogRead(A0)-analogRead(A1); //расчитываем ошибку
    int u = err*kp + (lasterr-err)*kd; //расчитываем управляющие воздействие пд регулятора
    move(speed+u,speed-u); //выставляем скорость моторов
    lasterr = err; //обновляем прошлую ошибку
    delay(1); //небольшое ожидание
}

void move (int speed_l, int speed_r) { //функция для управления моторов
    speed_l=constrain(speed_l,0,255); //корректируем скорость левого мотора для избежания ошибок
    analogWrite(5, speed_l); //управляем левым мотором
    speed_r=constrain(speed_r,0,255); //корректируем скорость правым мотором для избежания ошибок
    analogWrite(6, speed_r); //управляем правым мотором
}

```

Приложение В

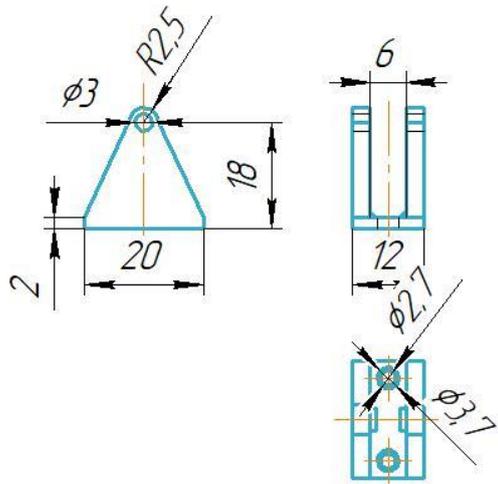
Чертежи работа



КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Инв. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

| | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|---------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Инв. № дудл. | Подп. и дата | Справ. № | Перв. примен. |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|---------------|



| | | | | |
|----------|------|------------|-------|----------|
| Изм. | Лист | № док-м. | Подп. | Дата |
| Разраб. | | Моисеев Д. | | 19.04.24 |
| Проб. | | | | |
| Т.контр. | | | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утв. | | | | |

Держатель сдвигающей балки

| Лит. | Масса | Масштаб |
|------|--------|---------|
| | | 1:1 |
| Лист | Листов | 1 |

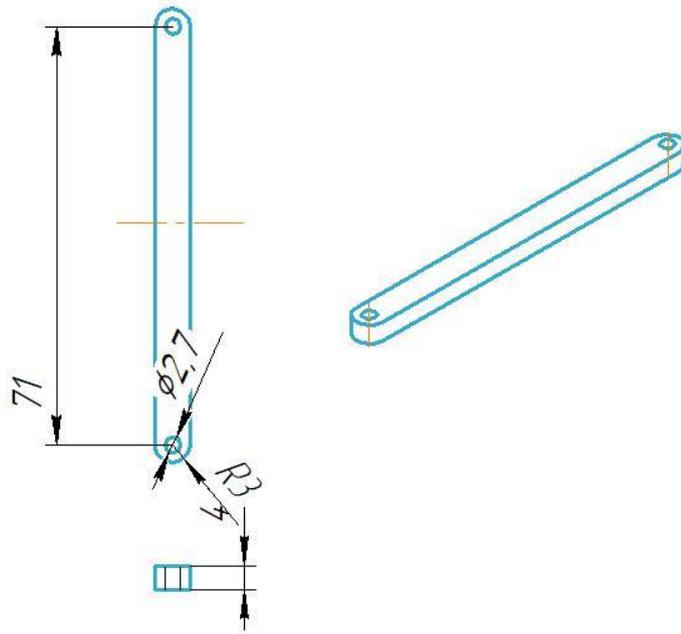
Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|---------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дудл. | Подп. и дата | Справ. № | Перв. примен. |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|---------------|



| | | | | |
|----------|------|------------|-------|----------|
| Изм. | Лист | № док-м. | Подп. | Дата |
| Разраб. | | Моисеев Д. | | 19.04.24 |
| Проб. | | | | |
| Т.контр. | | | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утв. | | | | |

КАЧАЛКА

| | | |
|------|--------|---------|
| Лист | Масса | Масштаб |
| | | 1:1 |
| Лист | Листов | 1 |

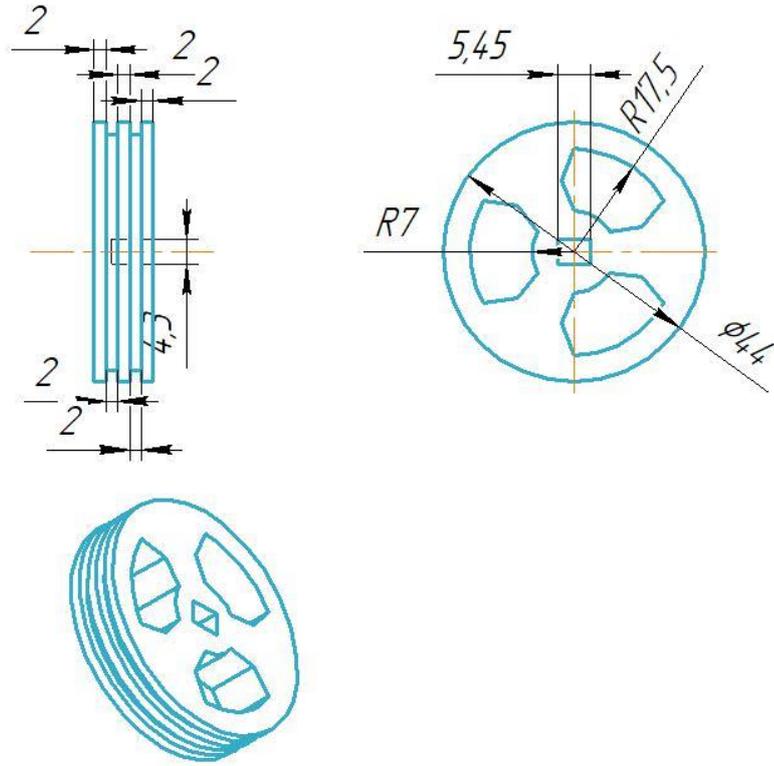
Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|---------------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дудл. | Подп. и дата | Справ. № | Перв. примен. |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|---------------|



| Изм. | Лист | № док-м. | Подп. | Дата |
|------|------|------------|-------|----------|
| | | Моисеев Д. | | 19.04.24 |
| | | Проб. | | |
| | | Т.контр. | | |
| | | Н.контр. | | |
| | | Утв. | | |

КОЛЕСО

| Лист | Масса | Масштаб |
|------|--------|---------|
| | | 1:1 |
| Лист | Листов | 1 |

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4

КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.

Справ. №

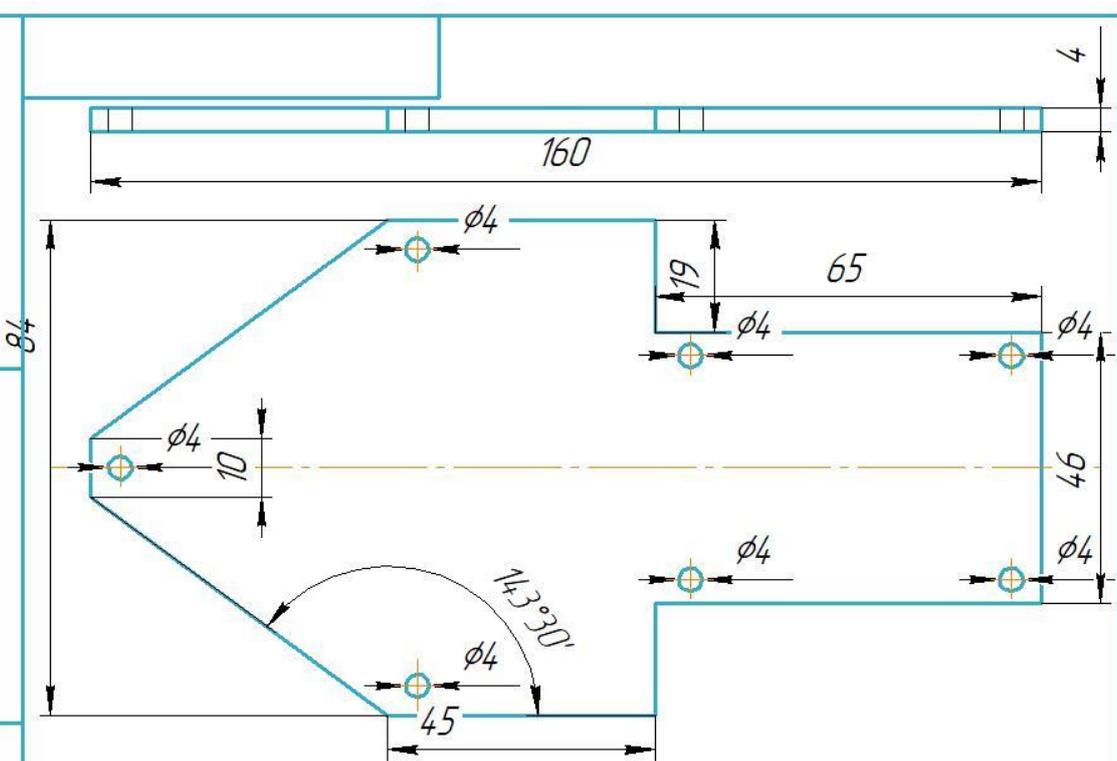
Взам. инв. №

Инв. № дудл.

Подп. и дата

Подп. и дата

Инв. № подл.



| | | | | |
|----------|------|------------|-------|---------|
| Изм. | Лист | № док-м. | Подп. | Дата |
| | | Моисеев Д. | | 19.04.4 |
| Проб. | | | | |
| Т.контр. | | | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утв. | | | | |

основа

| | | |
|------|--------|---------|
| Лит. | Масса | Масштаб |
| | | 1:1 |
| Лист | Листов | 1 |

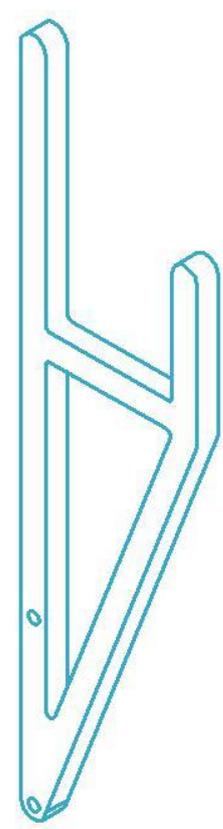
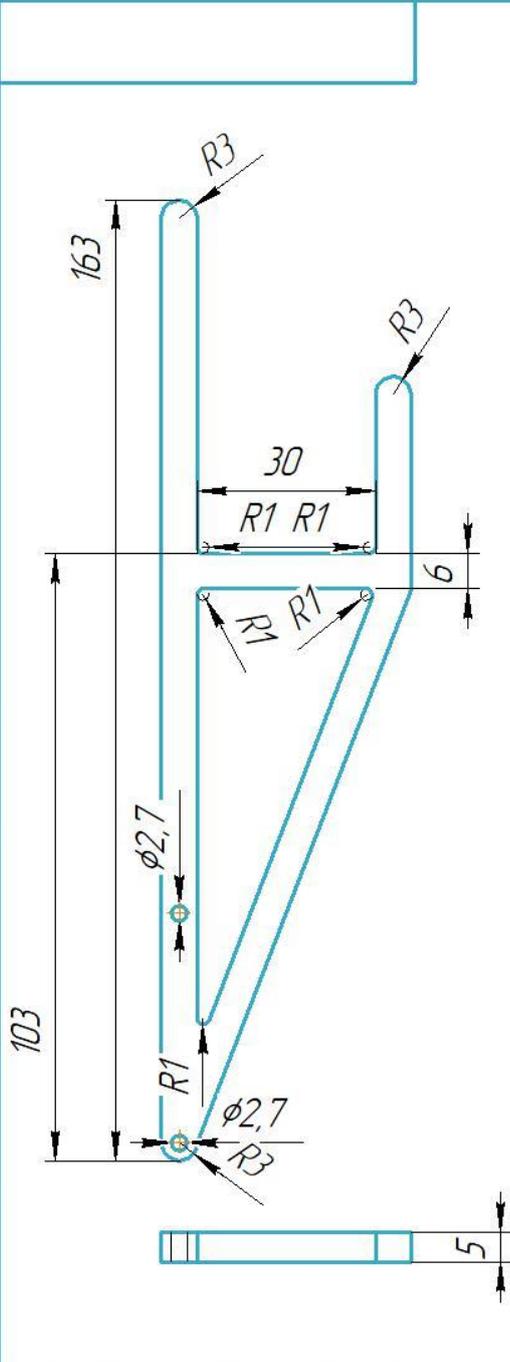
Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|---------------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дудл. | Подп. и дата | Справ. № | Перв. примен. |
| | | | | | | |



| | | | | |
|----------|------------|----------|-------|----------|
| Изм. | Лист | № док-м. | Подп. | Дата |
| Разраб. | Моисеев Д. | | | 19.04.24 |
| Проб. | | | | |
| Т.контр. | | | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утв. | | | | |

сбивалка

| | | |
|------|--------|---------|
| Лист | Масса | Масштаб |
| | | 1:1 |
| Лист | Листов | 1 |

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4