

Практическое занятие №

Тема: «Подключение и программирование шагового двигателя»

Цель работы: приобрести практические навыки по подключению и программированию шагового двигателя на платформе Arduino.

Последовательность выполнения работы:

- Изучить теоретические сведения, приведенные в практическом занятии.
- Сделать монтажную и принципиальную схему в программе Fritzing. (напоминание: принципиальная схема формируется автоматически после создания монтажной).
- Собрать схемы желательно на макетной плате, иначе при отсутствии набора Arduino в web-приложениях (<https://wokwi.com/projects/new/arduino-uno> или <https://www.tinkercad.com/>) для приведенных примеров.
- Запрограммировать микроконтроллер согласно тексту, указанному в примере.
- Выполнить задание для самостоятельной работы.

Содержание отчета:

- Название практического занятия, его цель.
- Фото или скриншоты собранной схемы.
- Написанный программный код вставить текстом, Courier New, 12 кегль, одинарный отступ без абзацев.
- Вывод о проделанной работе.
- Файл Fritzing с принципиальной и монтажной схемой.

Теоретические сведения

Шаговый двигатель 28BYJ-48 — это недорогой биполярный (или униполярный, в зависимости от модификации) шаговый двигатель с редуктором, рассчитанный на напряжение 5 В. Он широко используется в проектах Arduino, робототехнике и системах автоматизации благодаря простоте управления и доступности.

Основные характеристики:

- Напряжение питания: 5 В (DC)
- Тип двигателя: Униполярный (чаще) / Биполярный (редко)
- Угол шага (после редуктора): 5.625° (64 шага на оборот вала двигателя, но с редуктором 2048 шагов на полный оборот выходного вала)
- Передаточное число редуктора: 1:64 (в некоторых версиях 1:63,68395)
- Сопротивление обмотки: ~50 Ом
- Ток на фазу: ~100 мА
- Крутящий момент: ~30–40 мН·м (зависит от модели)
- Интерфейс управления: 4 или 5 проводов (в зависимости от типа)

Принцип работы

Двигатель 28BYJ-48 работает по принципу шагового перемещения ротора за счет последовательного переключения обмоток статора.

Униполярная версия имеет 5 проводов 4 управляющих (подключены к концам двух обмоток) и 1 общий (центральный отвод, подключается к +5V или GND в зависимости от схемы). Биполярная версия имеет 4 провода (две отдельные обмотки).

Для управления 28BYJ-48 обычно используется драйвер (например, ULN2003), который усиливает сигналы от микроконтроллера (Arduino, ESP32 и др.).

Подключение через ULN2003:

- | | | |
|------------------------|-----------------|---------|
| 1) Двигатель 28BYJ-48 | Драйвер ULN2003 | Arduino |
| 2) Красный (общий +5V) | COM +5V | |
| 3) Оранжевый (A+) | IN1 | D8 |
| 4) Желтый (B+) | IN2 | D9 |
| 5) Розовый (A-) | IN3 | D10 |
| 6) Синий (B-) | IN4 | D11 |
| 7) | | |

Управление двигателем

Для управления используются полношаговый, полушаговый или микрошаговый режимы.

Пример кода для Arduino (полношаговый режим)

```
#include <Stepper.h>

const int stepsPerRevolution = 2048; // Полный оборот для
28BYJ-48
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8, 10, 9, 11); // IN1,
IN3, IN2, IN4

void setup() {
  myStepper.setSpeed(10); // Скорость в об/мин
}

void loop() {
  myStepper.step(2048); // 1 оборот по часовой
  delay(500);
  myStepper.step(-2048); // 1 оборот против часовой
  delay(500);
}
```

Особенности и применение

Достоинства:

- низкая стоимость;
- простота управления;
- достаточная точность для простых проектов.

Недостатки:

- низкий крутящий момент;
- медленная скорость вращения;
- шумность при работе.

Применение:

- робототехника (манипуляторы, платформы);
- системы автоматизации (открытие/закрытие штор, заслонок);
- 3D-принтеры (редко, из-за низкой мощности).

ЗАДАНИЕ

Подключить двигатель:

- Красный провод → +5V
- Остальные (оранжевый, желтый, розовый, синий) → IN1–IN4
- ULN2003 → Arduino
- IN1 → D8
- IN2 → D9
- IN3 → D10
- IN4 → D11
- GND → GND
- +5V → +5V

Собрать схему:

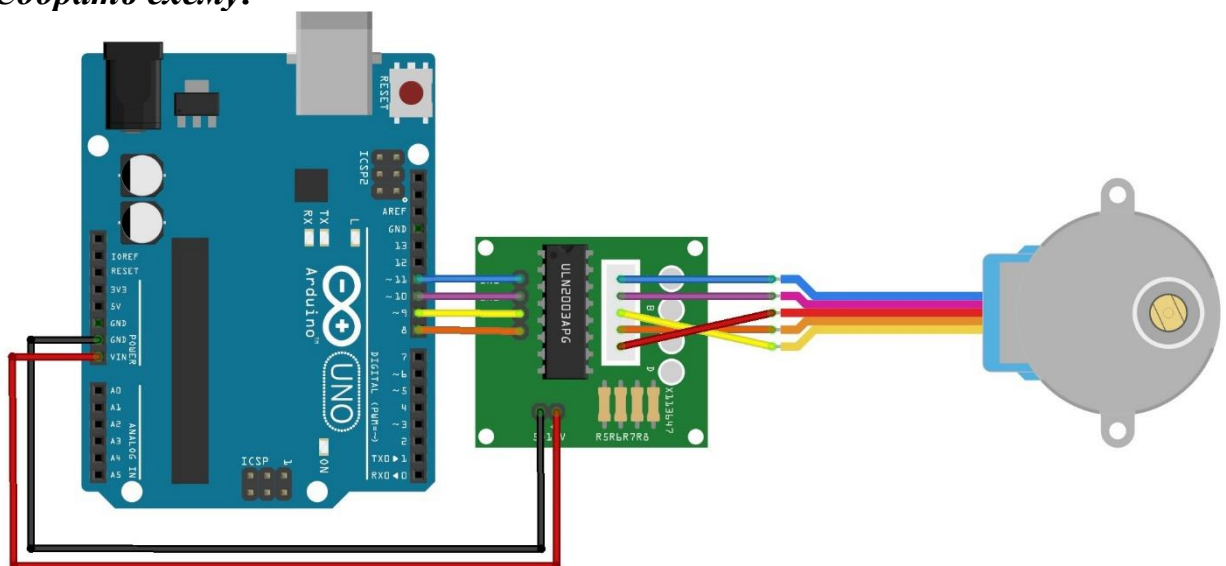


Рисунок 1 – Монтажная схема к заданию

Код программы №1: Простое вращение в одну и другую сторону

Описание: Двигатель делает 1 полный оборот по часовой стрелке, затем 1 оборот против часовой.

```
#include <Stepper.h>

const int stepsPerRevolution = 2048; // Полный оборот для
28BYJ-48
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8, 10, 9, 11); // IN1,
IN3, IN2, IN4

void setup() {
  myStepper.setSpeed(10); // Скорость 10 об/мин
}

void loop() {
  myStepper.step(stepsPerRevolution); // 1 оборот по часовой
  delay(1000);
  myStepper.step(-stepsPerRevolution); // 1 оборот против
часовой
  delay(1000);
}
```

Код программы №2: Плавное ускорение и замедление

Описание: Двигатель плавно разгоняется, вращается с постоянной скоростью, затем замедляется.

```
#include <Stepper.h>

const int stepsPerRevolution = 2048;
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8, 10, 9, 11);

void setup() {
  // Начальная скорость 5 об/мин
  myStepper.setSpeed(5);
}

void loop() {
  // Плавное ускорение (5 → 15 об/мин)
  for (int speed = 5; speed <= 15; speed++) {
    myStepper.setSpeed(speed);
    myStepper.step(50); // Небольшой шаг для плавности
    delay(50);
  }

  // Вращение с постоянной скоростью (15 об/мин)
  myStepper.step(1024); // Пол-оборота
  delay(500);

  // Плавное замедление (15 → 5 об/мин)
  for (int speed = 15; speed >= 5; speed--) {
```

```
myStepper.setSpeed(speed);
  myStepper.step(50);
  delay(50);
}

delay(2000); // Пауза перед повторением
}
```

Код программы №3: Управление с помощью потенциометра

Описание: Скорость и направление вращения регулируются потенциометром (подключен к A0).

```
#include <Stepper.h>

const int stepsPerRevolution = 2048;
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8, 10, 9, 11);

const int potPin = A0; // Потенциометр на A0

void setup() {
  // Максимальная скорость 20 об/мин
  myStepper.setSpeed(20);
}

void loop() {
  int potValue = analogRead(potPin); // Чтение значения (0-1023)
  int speed = map(potValue, 0, 1023, 1, 20); // Преобразуем в 1-20 об/мин
  int direction = (potValue > 512) ? 1 : -1; // Направление зависит от положения

  myStepper.setSpeed(speed);
  myStepper.step(direction * 10); // Малый шаг для плавности
  delay(10);
}
```

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Ответьте на контрольные вопросы:

- 1) Что такое шаговый двигатель и чем он отличается от обычного ДС-двигателя?
- 2) Каковы основные характеристики шагового двигателя 28BYJ-48?
- 3) Какое напряжение питания требуется для 28BYJ-48?
- 4) Объясните принцип работы шагового двигателя.
- 5) Чем отличается униполярный шаговый двигатель от биполярного?
- 6) Какие существуют режимы управления шаговым двигателем?
- 7) Как изменить направление вращения 28BYJ-48 в программе управления?
- 8) В каких проектах чаще всего применяется этот двигатель?

Собрать схему и запрограммировать:

Собрать схему, как в задании к занятию (рисунок 1). Написать программу управления, которая заставляет двигатель сделать 1 полный оборот по часовой стрелке, а затем 1 оборот против. Рассчитайте, сколько времени потребуется двигателю для 5 полных оборотов при скорости 5 об/мин.

В отчёт привести написанный код к самостоятельной работе.