

Digital electronics essentials

Занятие 10. Актуаторы

Двигатели - коллекторный, асинхронный. Схемы включения и реверсирования. Инверторы (BLDC driver, ESC).
Нагреватели. Источники света, звука.

Практикум. Сборка схемы для реверсирования двигателя

Recap?

Recap?

- Микроконтроллеры
 - AVR
 - Сенсоры
- Установка VS Code, PlatformIO
- Работа с FastLED

Arduino и управление нагрузкой

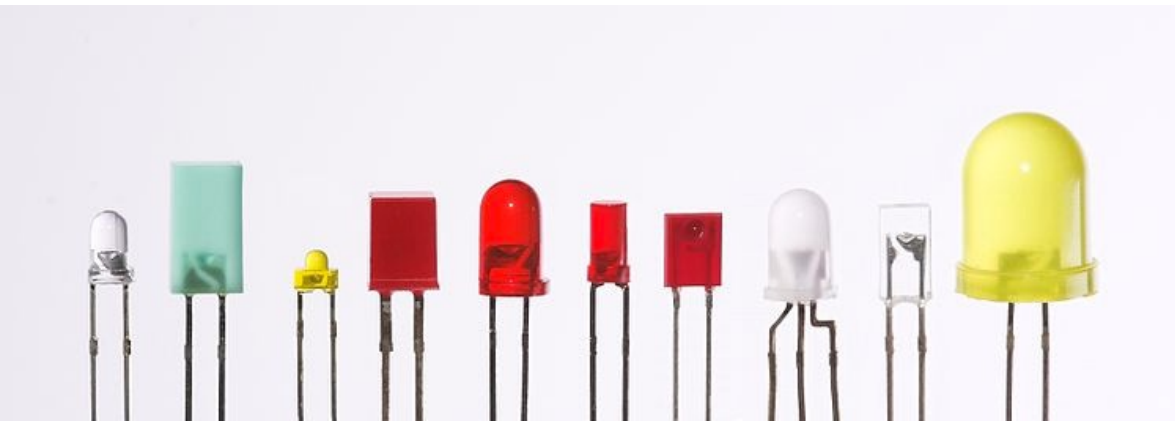
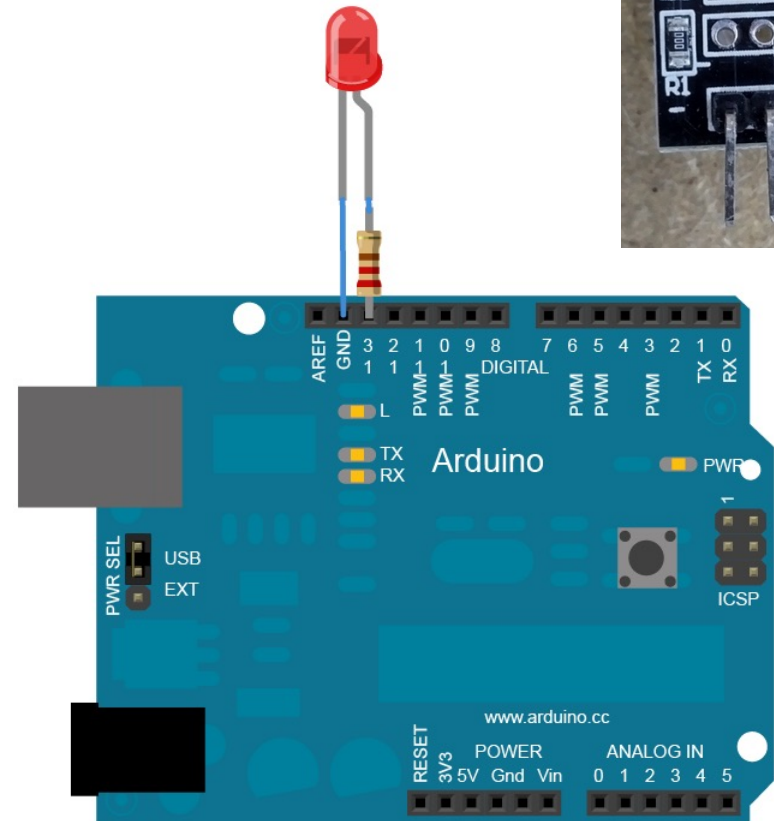
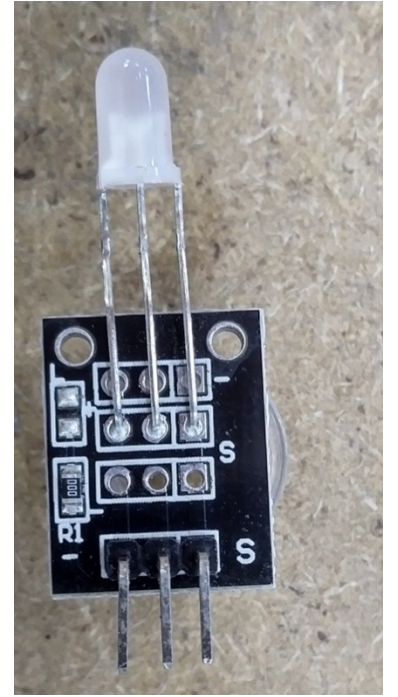
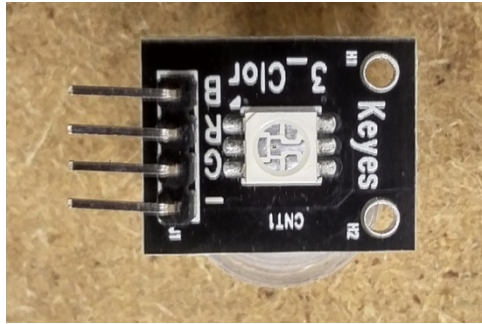
- NPN-транзистор
 - Коэффициент усиления по току! $I_{max} = 10ma$ на порт
- Mosfet мелкий (2N7000, NDS355)
- MOSFET мощный через пуш-пулл драйвер
- ULN2003
- L293 и прочие степперы

Исполнительные устройства

- Позволяют взаимодействовать с внешним миром, менять его
- Информируют пользователя
- Можно что-то подвинуть, нагреть, осветить

Светодиоды – наше всё!

- Простая индикация
- Смысл привносится цветом и подписями



Сервомоторы

- Устройство для преобразования цифрового сигнала в угол

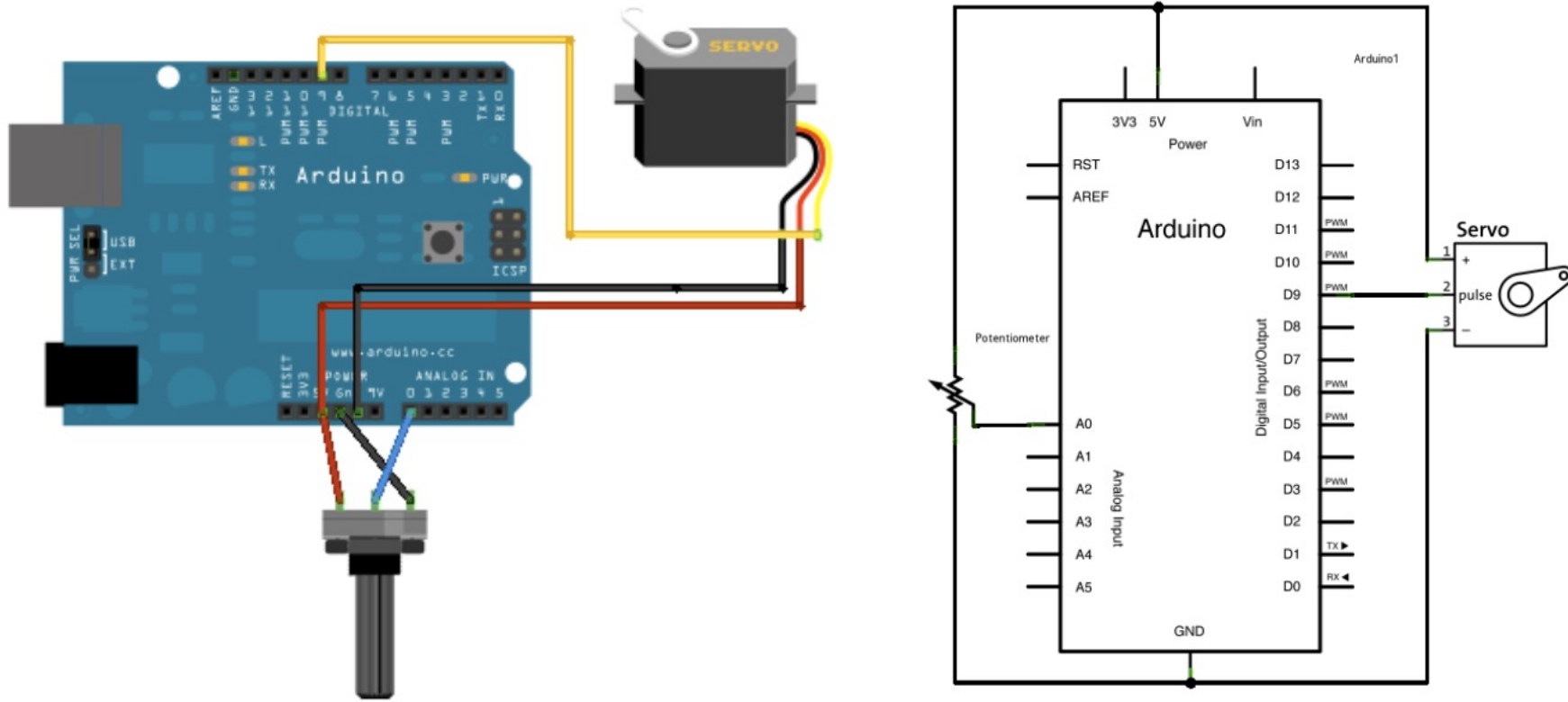


Рис. Подключение сервомотора

Файл -> Примеры -> Servo -> Knob

```
#include <Servo.h>

Servo myservo; // create servo object to control a servo
// twelve servo objects can be created on most boards

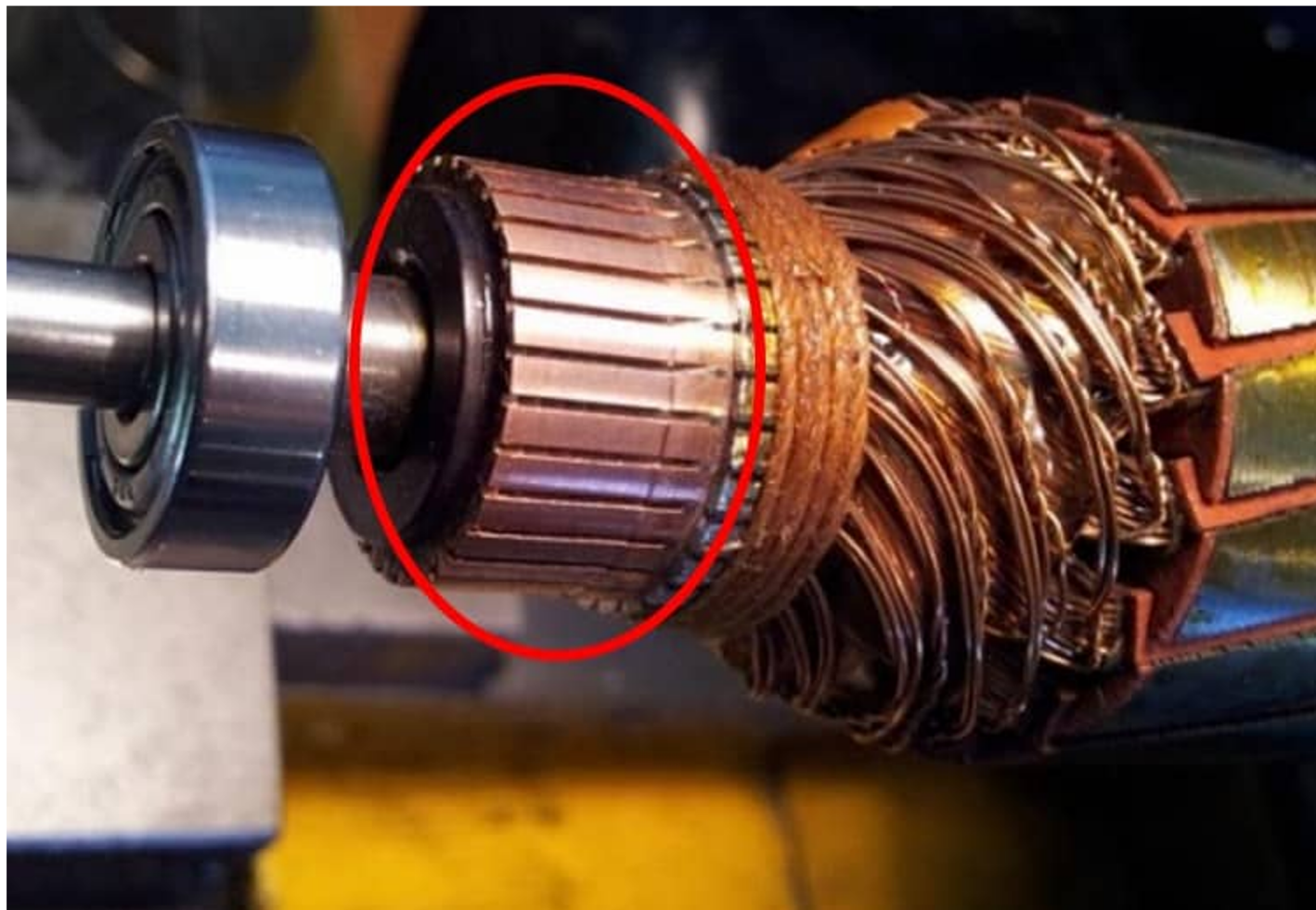
int pos = 0;    // variable to store the servo position

void setup() {
  myservo.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
}

void loop() {
  for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) { // goes from 0 degrees to 180 degrees
    // in steps of 1 degree
    myservo.write(pos);           // tell servo to go to position in variable 'pos'
    delay(15);                   // waits 15ms for the servo to reach the position
  }
  for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) { // goes from 180 degrees to 0 degrees
    myservo.write(pos);           // tell servo to go to position in variable 'pos'
    delay(15);                   // waits 15ms for the servo to reach the position
  }
}
```

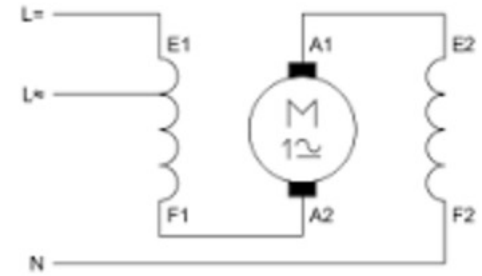
Коллекторный (DC) двигатель

В КД данный элемент конструкции используется для переключения обмоток и в качестве датчика, позволяющего определить положение якоря (ротора).

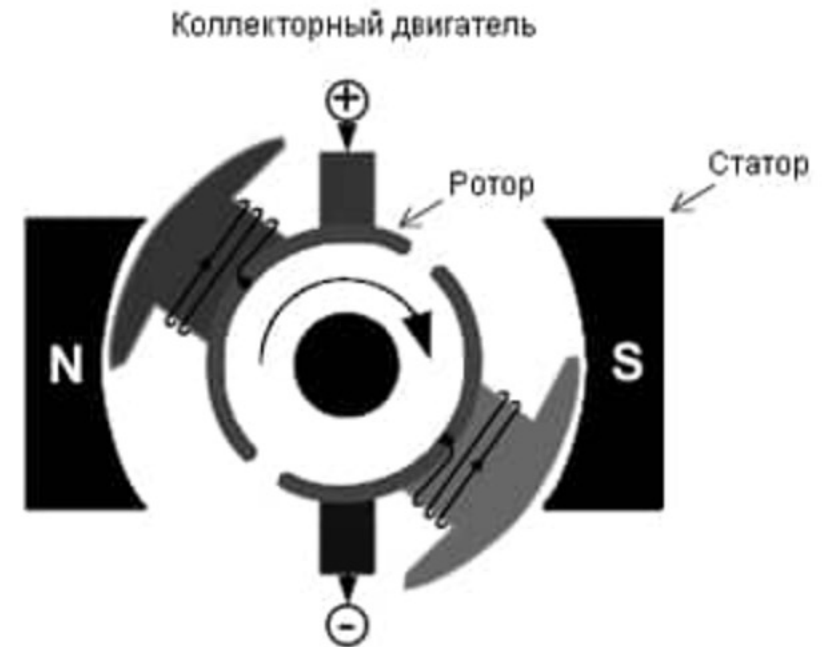


Коллекторный двигатель

- Двигатель постоянного тока с коммутацией обмоток ротора щётками и коллектором
- Обеспечивает высокую скорость вращения
- Легко реверсируется
- Может быть генератором

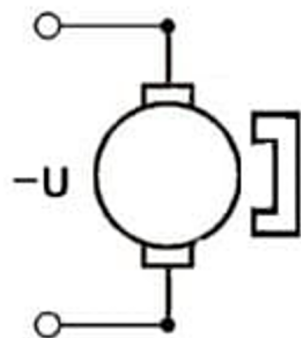
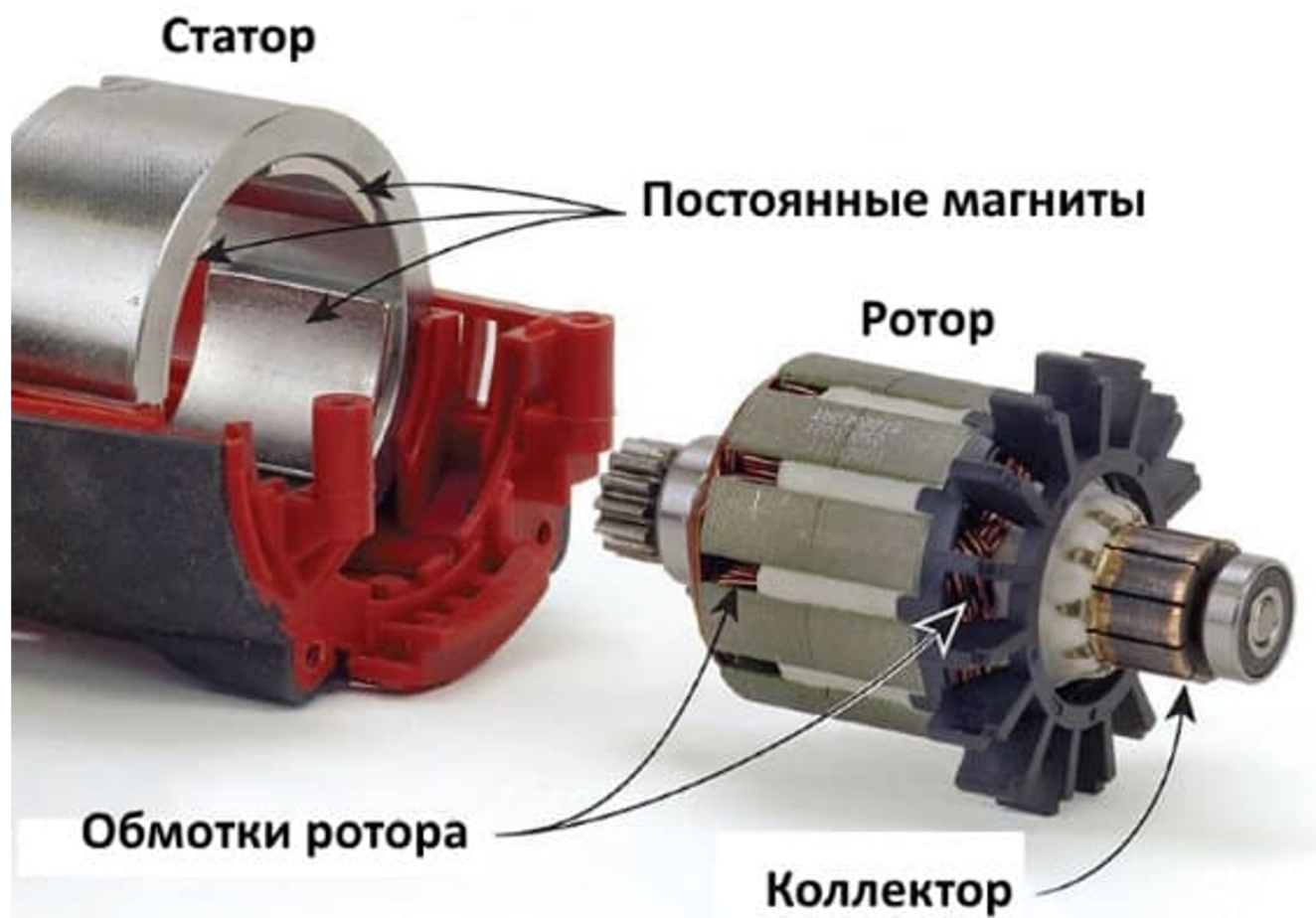


КД с электромагнитным возбуждением



Коллекторный двигатель

- Магнитное поле статора может создаваться
 - Постоянным магнитом (двигатели постоянного тока)
 - Электромагнитом (допускают включение на постоянном и переменном токе)
 - Последовательное включение: при низких оборотах момент растёт
 - Параллельное включение: момент неизменен
- Имеет наибольший момент при старте => обороты стабилизируются в районе определённого числа в зависимости от приложенного напряжения
- Реверсирование КД с постоянными магнитами выполняется сменой полярности питания

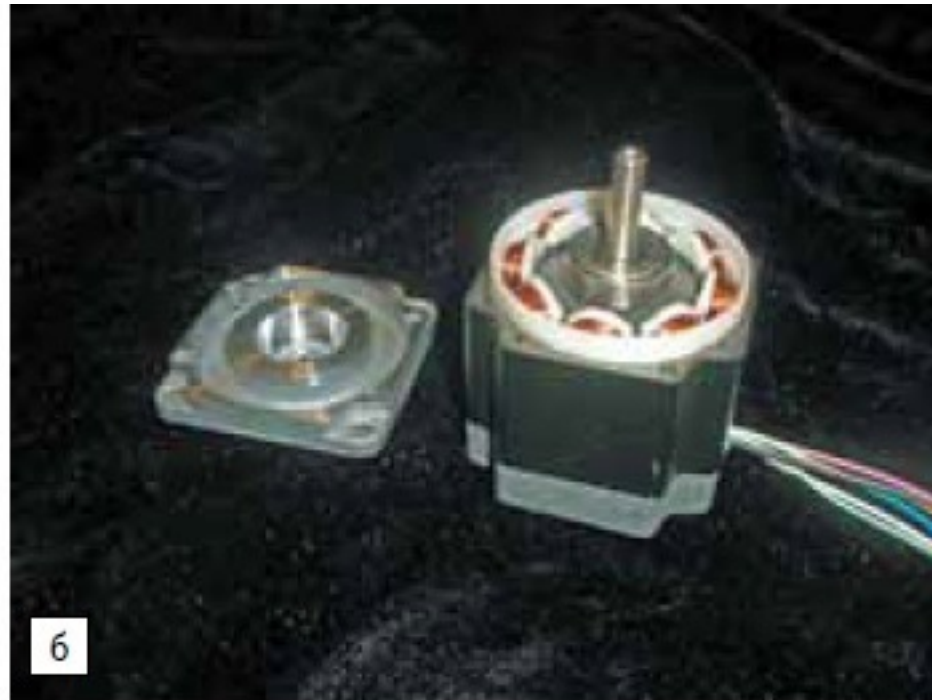


Бесколлекторный (синхронный) двигатель

- Обычно рассчитан на 3 фазы
- Имеет наибольший момент в районе оптимальных оборотов
- Управление сводится к созданию n -фазного переменного тока заданной частоты
 - С помощью частотного преобразователя
 - Моделисты называют из ESC (electronic speed control unit)

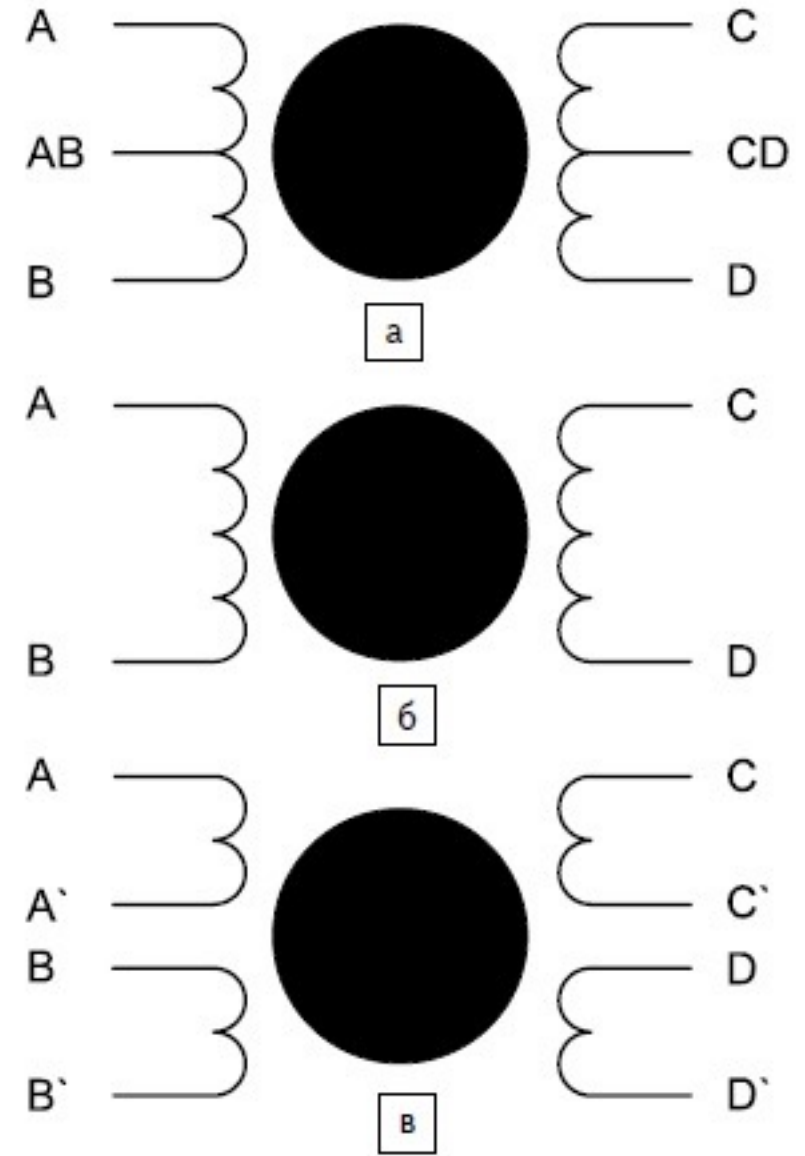
Шаговый двигатель

- Бесщёточные двигатели постоянного тока
- При подаче на обмотки двигателя импульса напряжения поворот его ротора осуществляется на некоторый угол : шаг
- Наиболее распространённые шаги – 15° , 7.5° , **1.8°** и 0.9°
- Шаг не зависит от тока
- Момент зависит от приложенного напряжения и $\Rightarrow$ тока
- Момент вращения ротора шагового двигателя, в отличие от остальных типов двигателей постоянного тока, максимален на минимальной скорости вращения



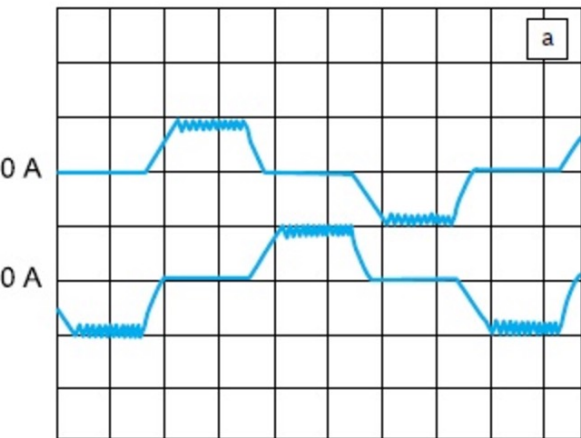
Управление ШД

- Варианты исполнения обмоток шагового двигателя: а) униполярный; б) биполярный; в) четырехобмоточный
- В первом случае можно подключить средние точки к земле и поочерёдно подавать импульсы одной полярности на крайние выводы
- В варианте Б необходимо переключать полярность обмоток

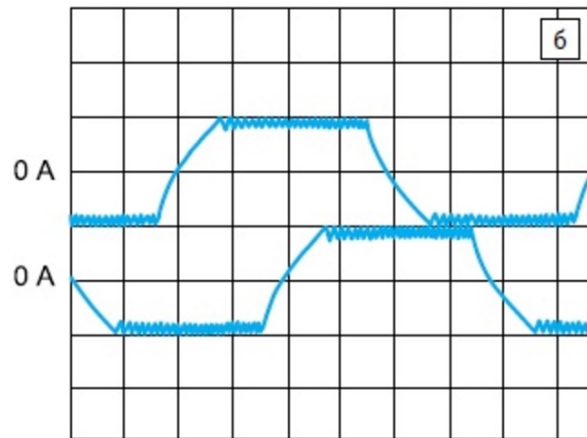


Управление двигателями

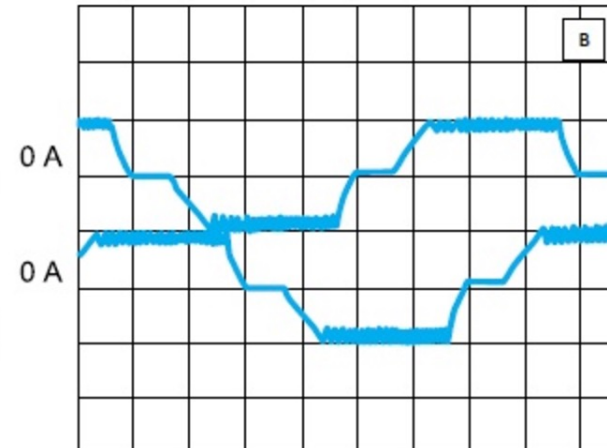
- Коллекторный двигатель требует изменения силы тока для изменения момента; обороты двигателя могут снижаться под нагрузкой.
- Шаговый двигатель требует работы в 4 такта (либо более)



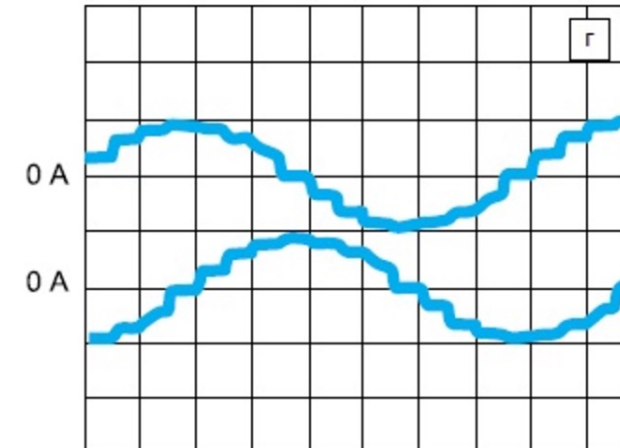
Волновой режим



Полный шаг



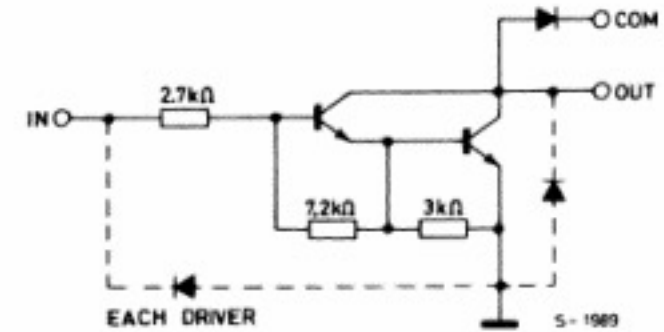
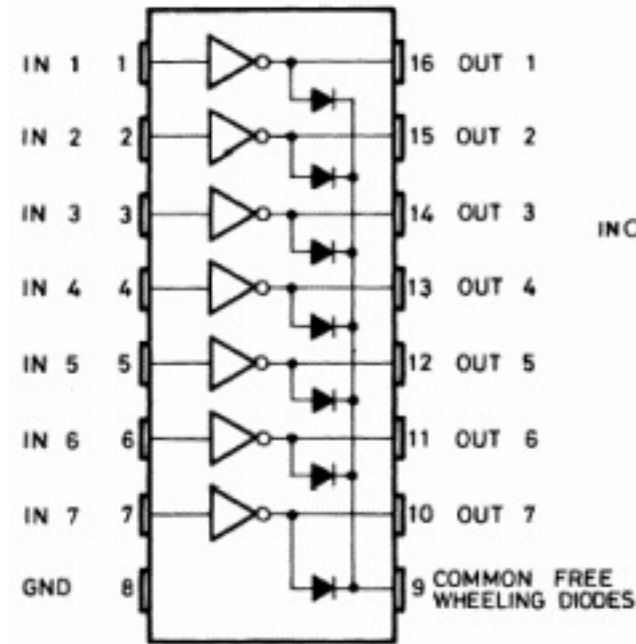
Полушаг



ULN2003: однополярный драйвер

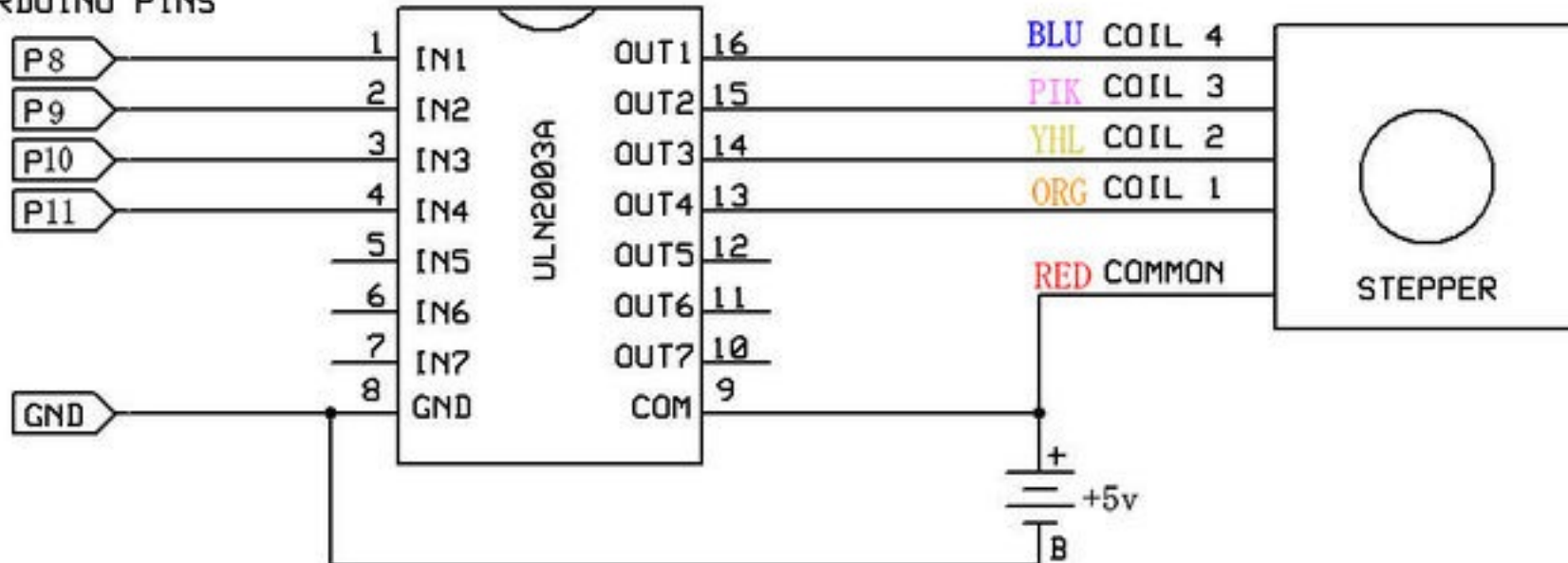
- Может применяться для коммутации четырёх цепей средней мощности
- Как пример – для коммутации однополярного шагового двигателя (с обмотками с отводом)

ULN2003



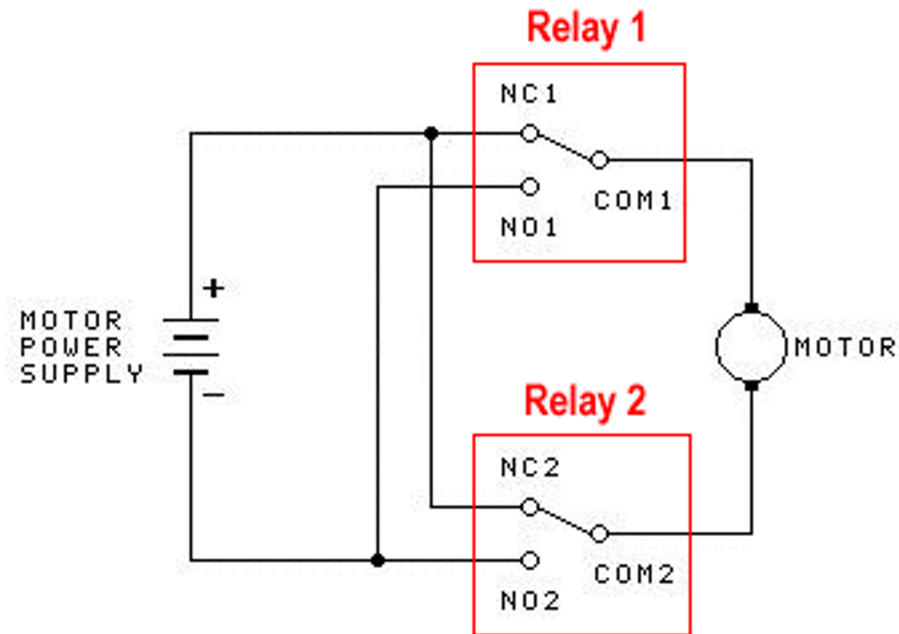
ULN2003 (each driver)

ARDUINO PINS



DC-двигатель. Реверсирование

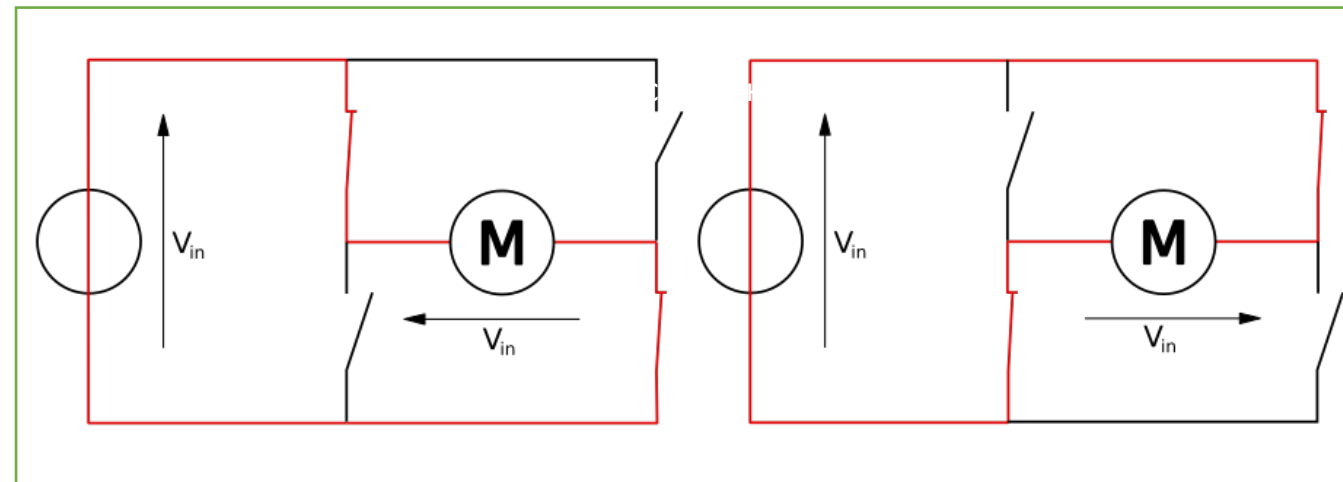
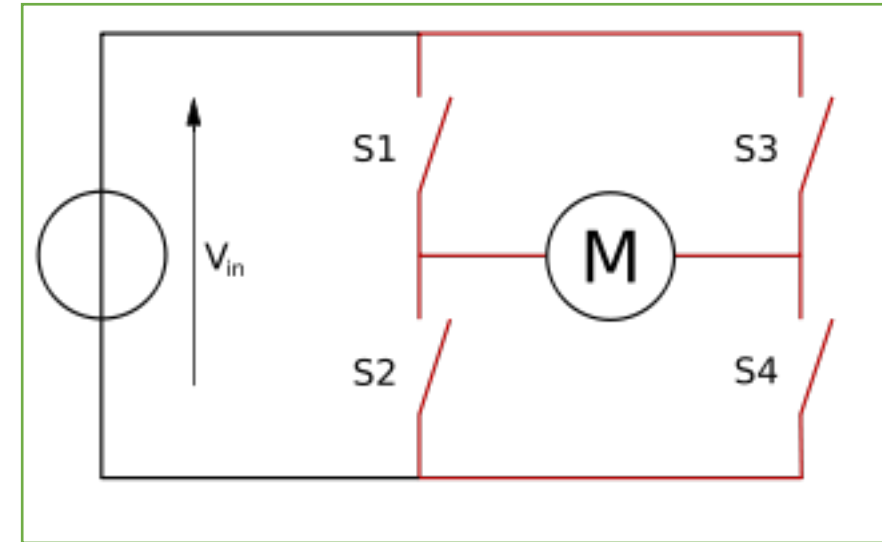
Reversible DC Motor Using 2 SPDT Relays



You can use two SPDT relays to reverse the direction of a DC motor using for example our CI027 or CI028 relays boards. Please see www.quasarelectronics.co.uk for details.

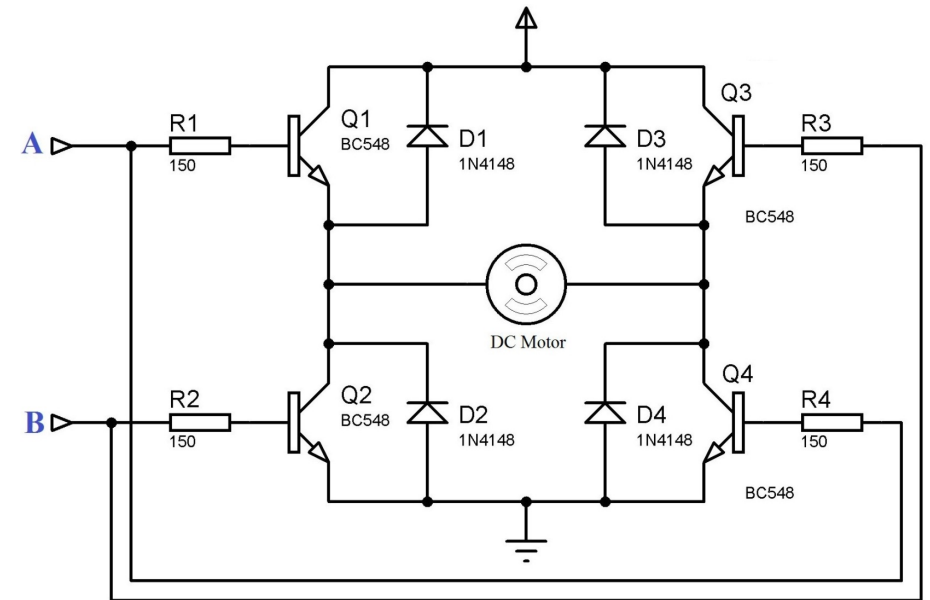
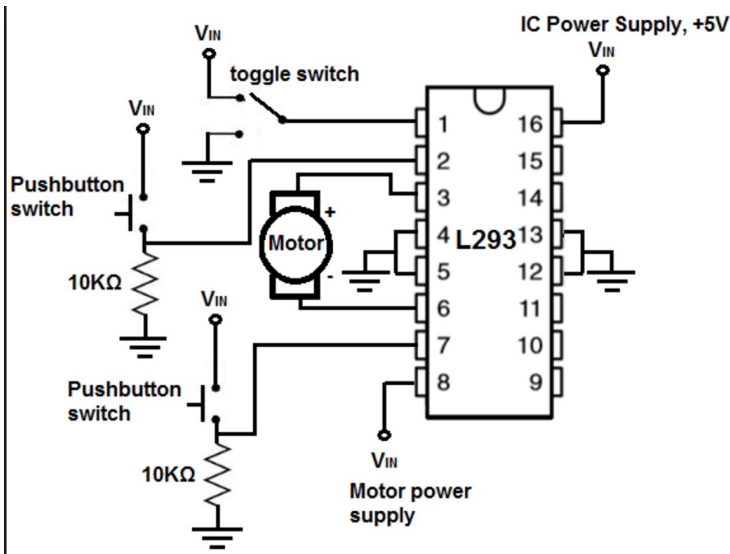
H-МОСТ

- Применяется для реверсирования (смены полярности) на нагрузке
- В роли ключей используются биполярные либо MOSFET-транзисторы, зачастую собранные в виде интегральной микросхемы



L293 и L298: двуполярные драйверы

- В отличие от ULN2003, указанные микросхемы не только замыкают и размыкают цепь, но и могут менять полярность подключенной нагрузки
- => могут реверсировать 2 КД или 1 ШД



Драйверы шаговых двигателей

- A4988, DRV8825 – ищется по названию Stepper driver
- Необходимо читать даташит на ИМС (микросхему)



A4988

DMOS Microstepping Driver with Translator And Overcurrent Protection

Features and Benefits

- Low $R_{DS(ON)}$ outputs
- Automatic current decay mode detection/selection
- Mixed and Slow current decay modes
- Synchronous rectification for low power dissipation
- Internal UVLO
- Crossover-current protection
- 3.3 and 5 V compatible logic supply
- Thermal shutdown circuitry
- Short-to-ground protection
- Shorted load protection
- Five selectable step modes: full, $1/2$, $1/4$, $1/8$, and $1/16$

Description

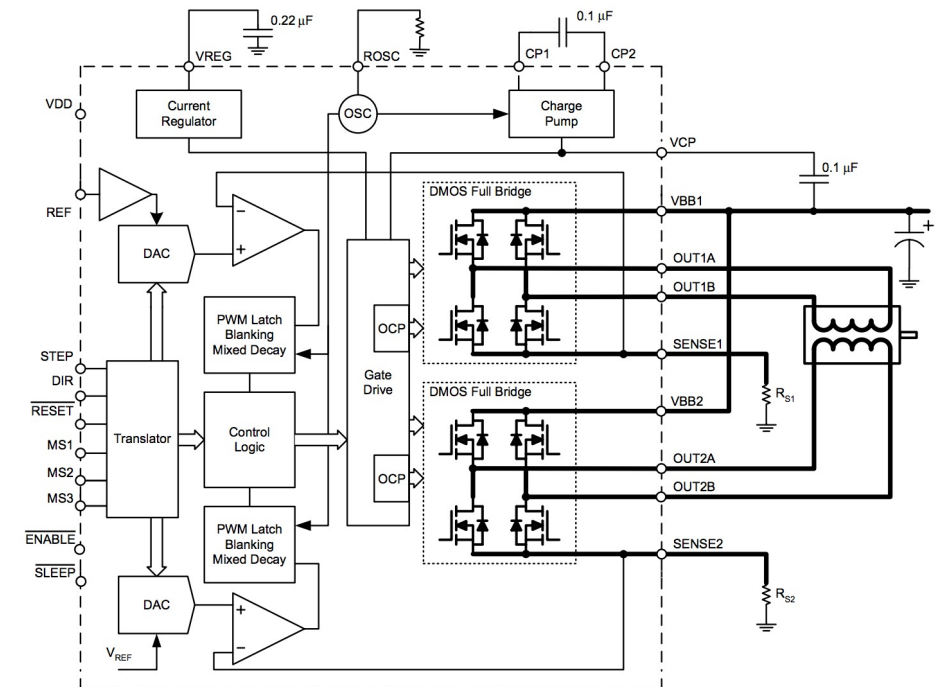
The A4988 is a complete microstepping motor driver with built-in translator for easy operation. It is designed to operate bipolar stepper motors in full-, half-, quarter-, eighth-, and sixteenth-step modes, with an output drive capacity of up to 35 V and ± 2 A. The A4988 includes a fixed off-time current regulator which has the ability to operate in Slow or Mixed decay modes.

The translator is the key to the easy implementation of the A4988. Simply inputting one pulse on the STEP input drives the motor one microstep. There are no phase sequence tables, high frequency control lines, or complex interfaces to program

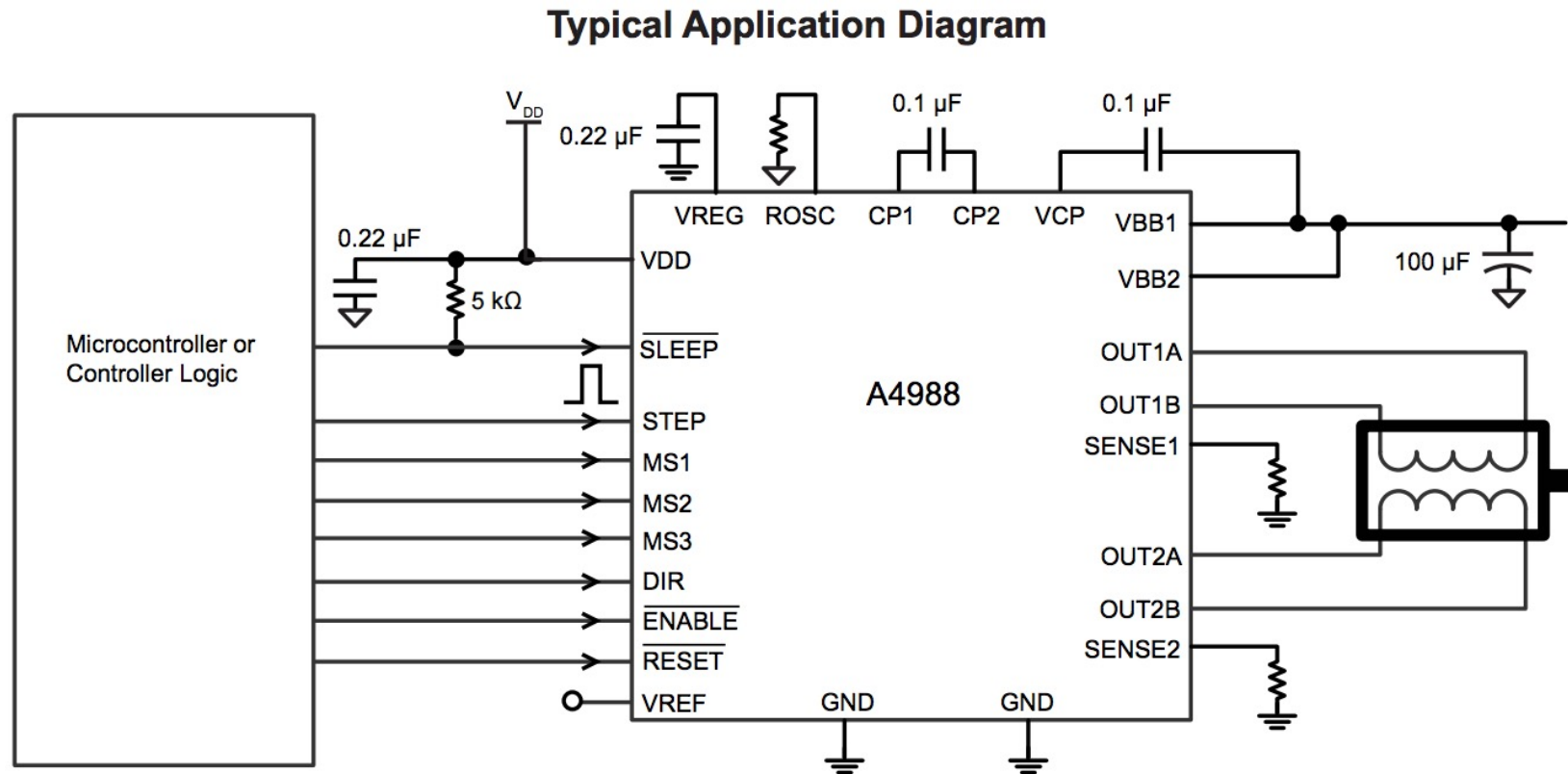
Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Load Supply Voltage	V_{BB}		35	V
Output Current	I_{OUT}		± 2	A
Logic Input Voltage	V_{IN}		-0.3 to 5.5	V
Logic Supply Voltage	V_{DD}		-0.3 to 5.5	V
Motor Outputs Voltage			-2.0 to 37	V
Sense Voltage	V_{SENSE}		-0.5 to 0.5	V
Reference Voltage	V_{REF}		5.5	V
Operating Ambient Temperature	T_A	Range S	-20 to 85	$^{\circ}\text{C}$
Maximum Junction	$T_J(\text{max})$		150	$^{\circ}\text{C}$

Functional Block Diagram



Драйверы шаговых двигателей



- Там же находим схему типовую включения
- Обратите внимание, двигатель изображён нестандартно

Полезные ссылки

<https://www.asutpp.ru/kollektornyj-dvigatel.html>

<https://www.asutpp.ru/chto-takoe-beskollektornyj-dvigatel-postoyannogo-toka-i-ego-princip-raboty.html>