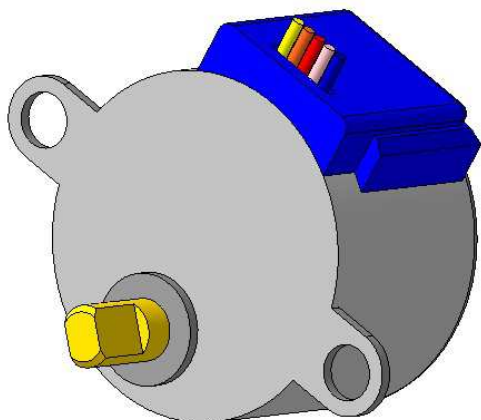


Шаговый 4-х фазный двигатель 28BYJ-48-5V с платой управления ULN2003



Такие двигатели разработаны для применения в механизмах, где детали поворачиваются точно на требуемый угол. Вращение вала шагового двигателя состоит из малых перемещений – шагов. 28BYJ-48-5V – шаговый двигатель низкой мощности. Чаще всего мы видим результат работы маломощного шагового двигателя интересуясь который час глядя на стрелки циферблата электромеханических часов. Работа более мощных шаговиков нам видна когда мы следим за перемещением каретки матричного или струйного принтера.

ПРИМЕНЕНИЕ 28BYJ-48-5V

Одно из множества применений 28BYJ-48-5V в любительской робототехнике – использование для привода колес шасси. Используя 28BYJ-48-5V легко получить модель электропривода робота относящегося к классу мотор-колесо. Это позволяет собирать роботов способных развернуться на месте и обладающих точным позиционированием в пространстве благодаря цифровому управлению двигателем.

Используя шаговый двигатель можно собрать локатор для обнаружения препятствий движению подвижной платформы. Ультразвуковой или ИК датчик отраженного излучения благодаря работе 28BYJ-48-5V может поворачиваться в обоих направлениях в пределах требуемого угла. Будет происходить сканирование сектора окружающего пространства. Зная положение вала мотора благодаря импульсному управлению и дистанцию до препятствия получаемую от датчика, можно сформировать картину расположения окружающих предметов.

Существует модификация 24BYJ48-12V предназначенная для питания от 12 вольт используемая в кондиционерах для тяги шторок.

Немного теории

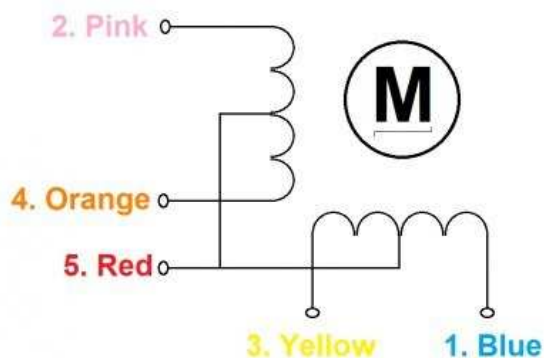
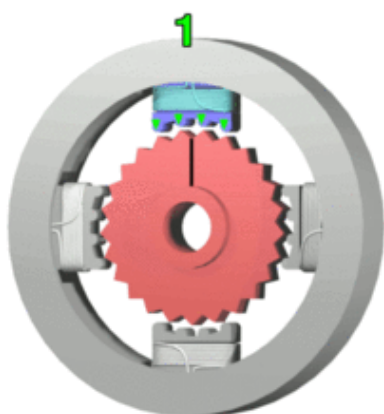


Схема фаз двигателя 28BYJ-48-5V.

Дискретное перемещение вала двигателя 28BYJ-48-5V позволяет повернуть вал ровно на 60 или 279 градусов и зафиксировать. Двигатель содержит две обмотки, причем каждая имеет отвод от середины. Получается 4 фазы. Такой электромагнитный прибор называют шаговый 4-х фазный двигатель. Отводы обмоток соединены вместе как изображено на схеме, к ним подключен красный провод. В результате каждый из контактов четырех фаз соединен с красным проводом. Двигатель относится к однополярным благодаря схеме соединения фаз. К красному проводу подключается питание. Фазы коммутируются силовой электроникой. Перемещение вала на шаг происходит под действием импульса тока. Ротор мотора намагничен особым образом. На роторе

28BYJ-48-5V путем применения специальных технологий намагничивания сформировано 8 магнитов. Полюса магнитов ротора чередуются, перемещаясь мимо обмоток статора. Каждый магнит имеет 2 полюса. Происходит чередование шестнадцати полюсов. Магнитное поле фаз должно то притягивать, то отталкивать полюса магнитов. Это требование в сочетании со сменой полюсов при вращении требует смены полярности тока в фазах. Схема соединения фаз, имеющая

отводы от середины обмоток позволяет использовать однополярное питание и исключить коммутационный компонент на линии питания. Один из процессов происходящих в 28BYJ-48-5V можно представить следующим образом. Если красный провод подключен к положительному полюсу питания, то соединяя розовый или оранжевый провод двигателя с общим проводом питания, мы будем создавать магнитные поля в разных фазах одной обмотки. Поля розовой и оранжевой фаз будут направлены противоположно. При этом ток будет протекать в начале по верхней розовой фазе, а затем по нижней оранжевой. Также будет происходить формирование магнитного поля и в двух других фазах: желтой и синей. Вращение ротора происходит за счет коммутации фаз шаг за шагом. Для поворота на требуемый угол или выполнения некоторого количества оборотов на фазы двигателя подают серию импульсов, под действием которых вал поворачивается на серию шагов.



Импульс тока вызывает перемещение вала на угол обусловленный углом, занимаемым на роторе одним магнитом. Увеличение количества полюсов ротора уменьшает шаги, что позволяет нарастить точность позиционирования. Поворот вала на нужный угол под действием известного количества импульсов тока дает возможность исключить из системы управления механическим приводом контроль угла поворота. Шаговый двигатель предназначен для вращения деталей механизмов с точно задаваемой скоростью регулируемой цифровым способом. Импульсы подают на фазы в определенной последовательности. 28BYJ-48-5V содержит пластмассовый понижающий редуктор.



Передаточное число редуктора двигателя 28BYJ-48-5V примерно 64:1.



Чаще всего используются два способа управления: 4 ступени импульсов и 8 ступеней. В 4-ступенчатом управлении всегда подключены к питанию две из четырех обмоток двигателя –

полношаговый метод управления. Программная библиотека Stepper для Arduino IDE использует именно такой способ управления. Если фазам по цвету проводов присвоить обозначения А синий, В розовый, В желтый, Г оранжевый, то получим наименования фаз А, Б, В, Г. Их поочередное включение можно представить в виде последовательной смены сочетаний включенных фаз АБ-БВ-ВГ-ГА-АБ.

В 8-ступенчатой последовательности включается сначала одна фаза потом две, потом опять одна следующая, снова две и так далее. Управление мотором происходит в соответствии с последовательностью: А-АБ-Б-БВ-В-ВГ-Г-ГД-Д-ДА-А.

ХАРАКТЕРИСТИКИ 28BYJ-48-5V

Скорость вращения:

- номинальная 15 об/мин
- максимальная 25 об/мин

Питание:

- напряжение 5 В
- ток
 - каждая обмотка 160 мА,
 - в 4-шаговом режиме 320 мА,
 - при быстром вращении 200 мА.

Сопротивление фаз при измерении от провода питания: 41 Ом

Количество шагов ротора: 64

Коэффициент редукции: 1/63,68395

Угол шага двигателя без учета редуктора:

- при 4-ступенчатой последовательности $11,25^\circ$ (32 шага на оборот)
- при 8-ступенчатой последовательности $5,625^\circ$ (64 шага на оборот)

Количество шагов вала мотора 28BYJ-48 за один оборот

- в 4-ступенчатой последовательности $32 \times 64 = 2048$
- в 8-ступенчатой последовательности $64 \times 64 = 4096$

Крутящий момент не менее: 34,3 мНм (120 Гц)

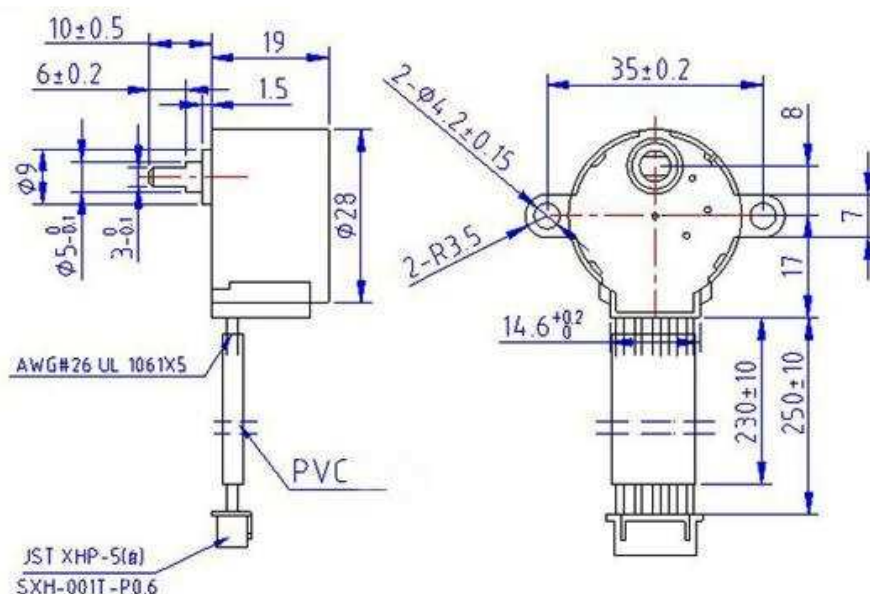
Тормозящий момент: 600–1200 гсм

Тяга: 300 гсм

Изоляция класса: А

Шум на расстоянии 0,1 м: не более 35 dB

Вес: 33 г

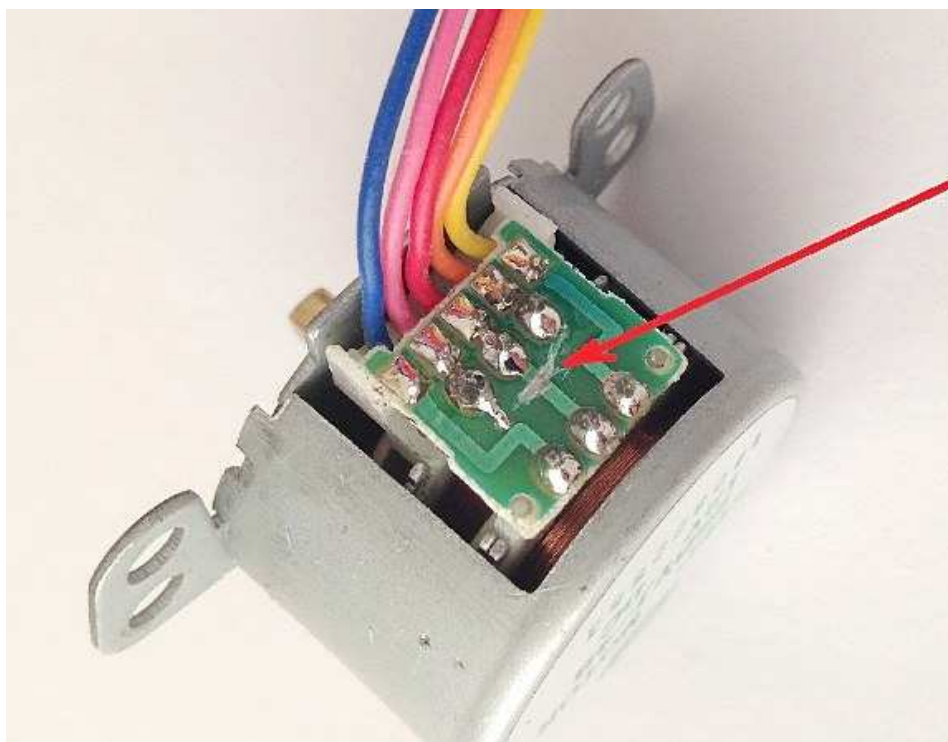


Размеры мотора 28BYJ-48-5V.

Так как основное назначение мотора управление шторкой кондиционера то коэффициент редуктора не точно соответствует 1:64, а на самом деле 1:63,68395. Это означает, что будет не 4096 шагов на оборот, а 4075,772.

ПЕРЕДЕЛКА В БИПОЛЯРНЫЙ – УВЕЛИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ

При необходимости удвоения крутящего момента выполняют простую доработку схемы соединения фаз в двигателе. При этом красный провод питания будет не задействован, а мотор 28BYJ-48-5V становится двухфазным биполярным. В схеме управления будет использовано 4 провода. Доработка заключается в разрыве дорожки как изображено на фото.



Модернизация мотора 28BYJ-48-5V.

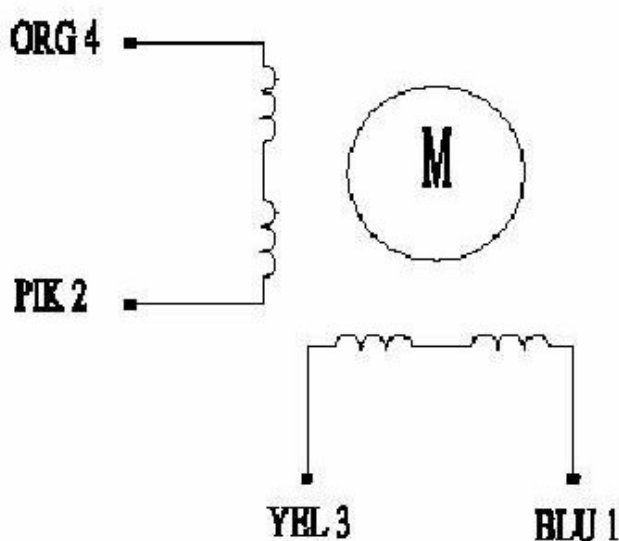


Схема двухфазного биполярного шагового двигателя.

Отводы от центров обмоток отсоединяются друг от друга и не используются. Теперь фазы и обмотки становятся одним и тем же. Две фазы вместо четырех содержат витки, распределенные между двумя а не четырьмя фазами. Теперь у одной фазы вдвое большее количество витков. Одна фаза имеет контакты розовый, оранжевый другая желтый, синий. Магнитное поле при удвоенном количестве витков удваивается и крутящий момент возрастает. Но схема управления сложнее. Она должна коммутировать обмотки так, чтобы ток мог протекать в обоих направлениях. Поэтому двигатель 28BYJ-48-5V после доработки становится биполярным. Управление двумя фазами, а не четырьмя снижает дискретность перемещения в два раза.

Модуль ULN2003 управления шаговым двигателем



Электронный модуль содержащий микросхему ULN2003A предназначен для управления однополярным четырехфазным шаговым двигателем. Модуль принимает на себя нагрузку по силовой коммутации токов фаз мотора, защищая управляющую логическую схему от перегрузки по току и от перегрева. Например, при возрастании нагрузки на валу, в этот момент потребление тока увеличивается.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ULN2003A

Ток нагрузки одного выхода предельный 500 мА

Напряжение питания 5 или 12 В

Размеры 28 x 28 x 20 мм

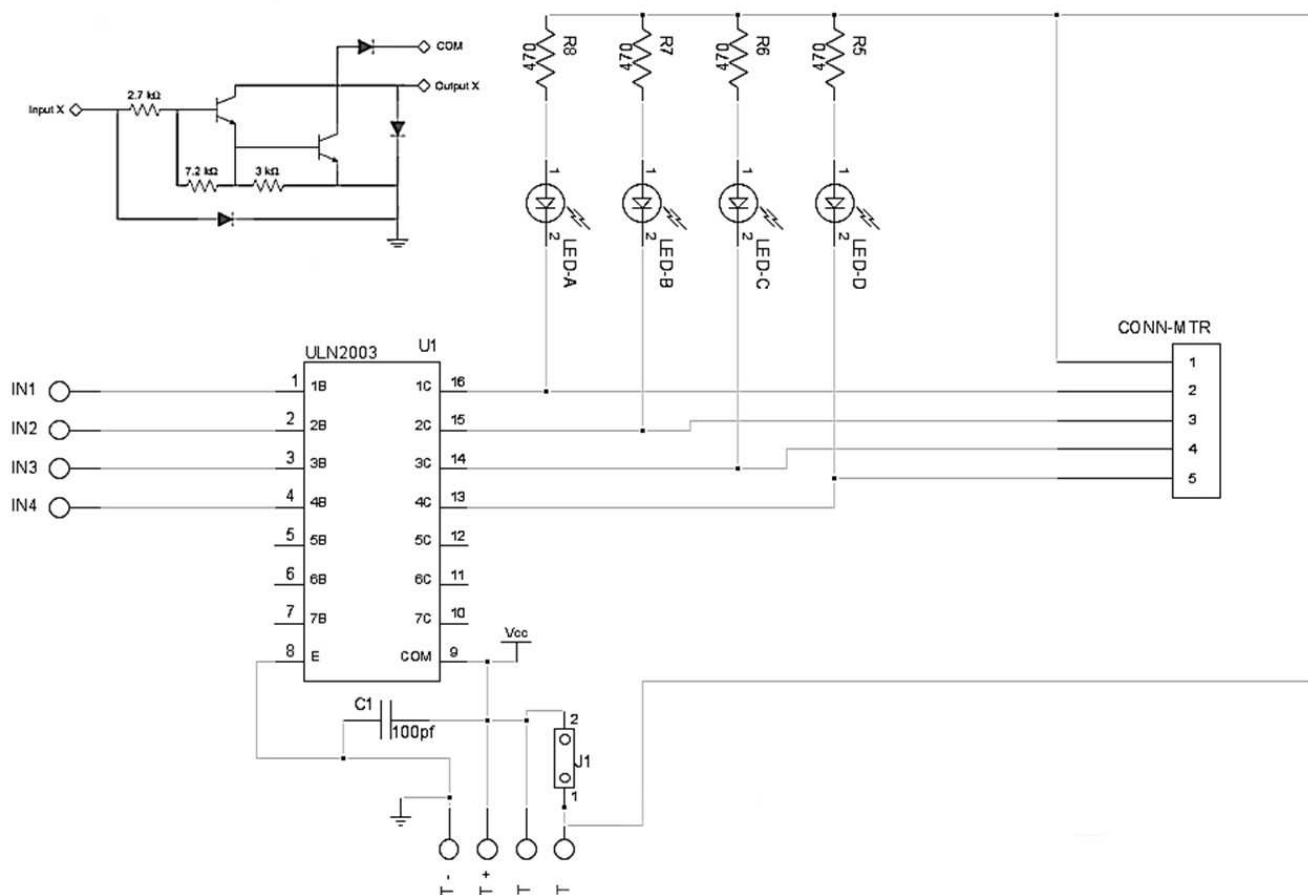


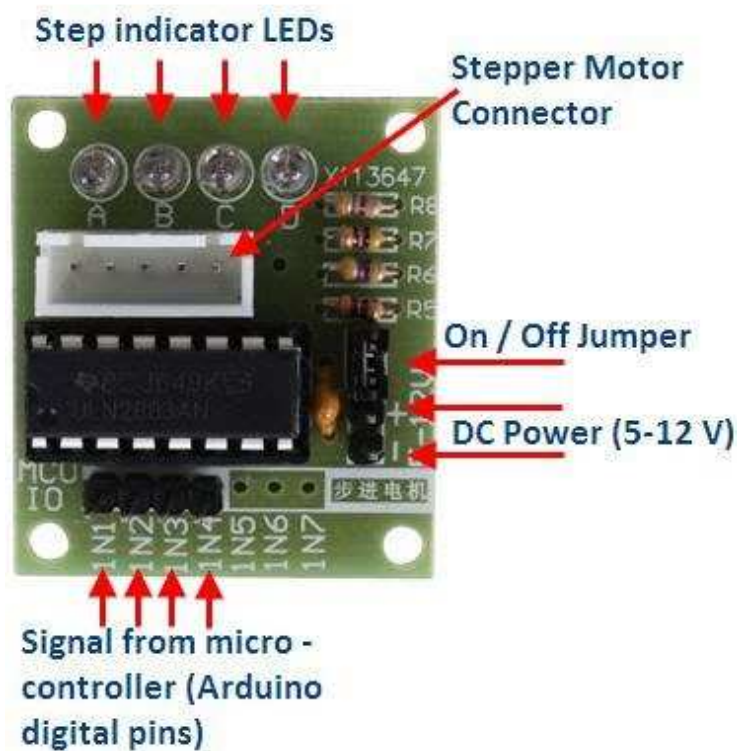
Схема модуля ULN2003.

На входы модуля IN1...IN4 поступают сигналы управления мощными ключами, входящими в состав микросхемы U1. Схема мощного ключа U1 на составном транзисторе приведена в верхнем левом углу изображения. Нагрузка подключается к соединителю CONM-MTR. В нашем случае это фазы двигателя. Вспомним, что все фазы мотора подключены одним контактом к положительному полюсу питания схемы. Под действием управляющего сигнала на входе Input X открывается выходной транзистор микросхемы и соединяет выход Output X с общим проводом. К выходам Output подключены вторые контакты фаз. Диод в схеме составного транзистора подключен к контакту COM, здесь это провод питания. Роль этого диода состоит в ограничении выходного напряжения не выше напряжения питания микросхемы плюс примерно 0,6 вольт. Такая защита цепей схемы необходима из-за импульсов напряжения появляющихся при коммутации фаз двигателя.

Светодиоды показывают какой выход микросхемы подключен к общему проводу. Для их работы следует установить перемычку J1. Она устанавливается только при питании модуля 5 В. Отслеживание свечения светодиодов помогает отладить схему соединения двигателя и управляющую программу. В дальнейшем для экономии тока питания перемычка J1 снимается.

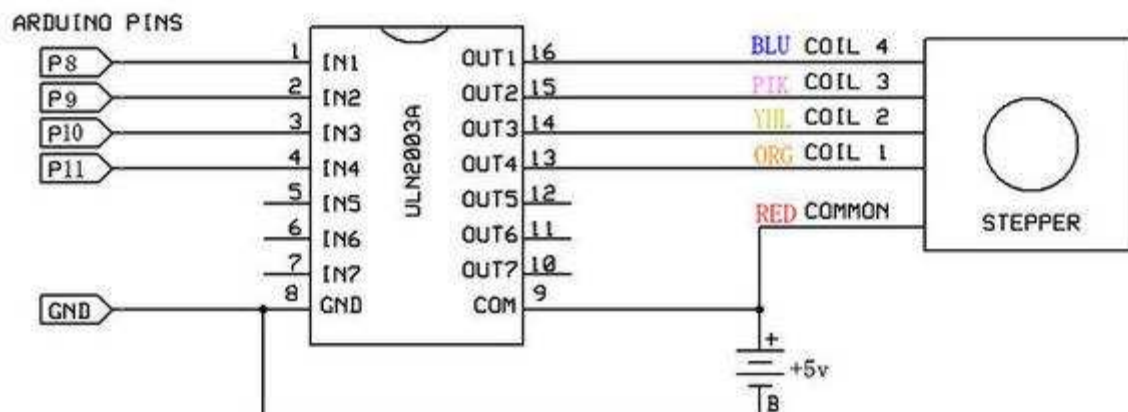
ПОДКЛЮЧЕНИЕ ULN2003A

Соединитель на жгуте двигателя устанавливается в ответную часть разъема на плате модуля. Питание подключается к штырям + и – возле перемычки. Для питания следует использовать отдельный источник, дающий ток до 1 А.



Назначение контактов модуля ULN2003A.

Соединения двигателя 28BYJ-48-5V и модуля управления ULN2003A.



и

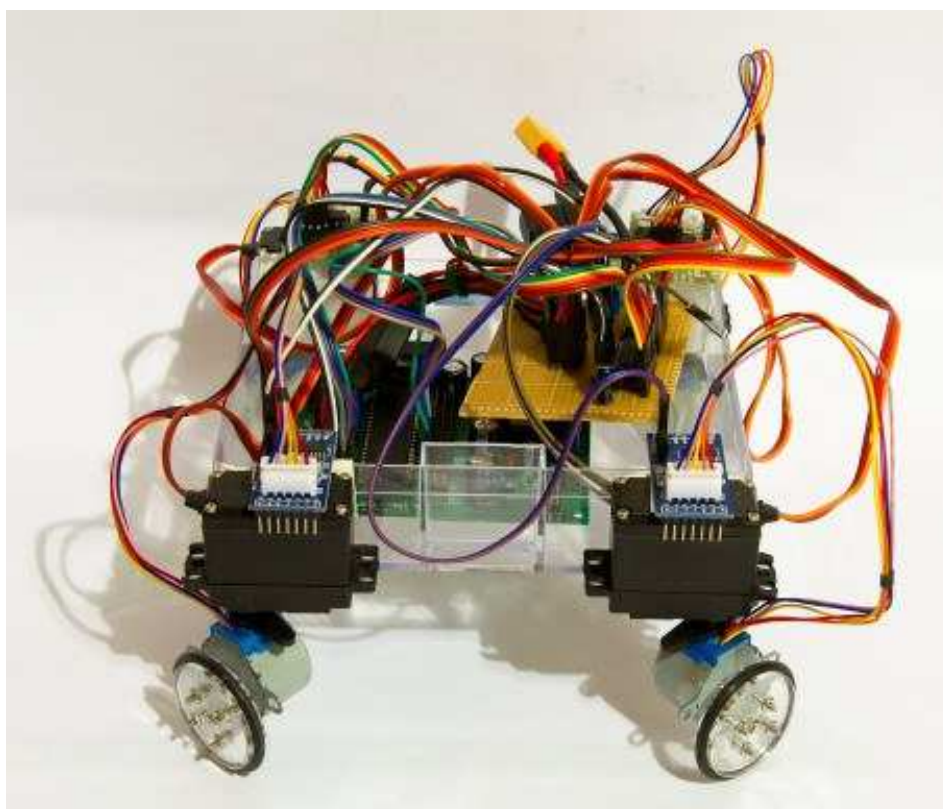
ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ARDUINO IDE

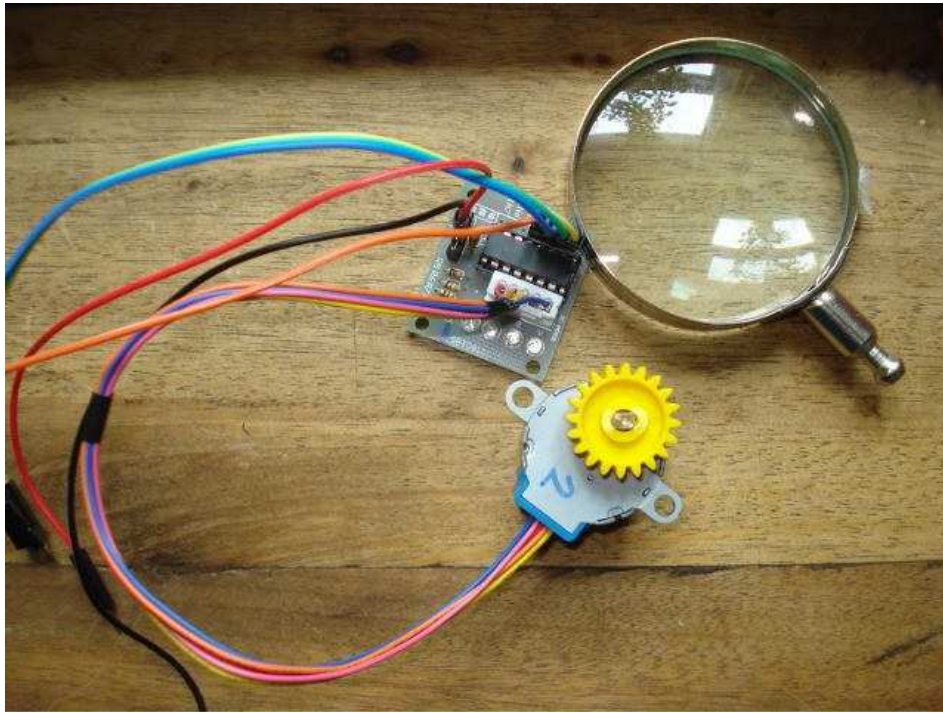
[Stepper](#) – программная библиотека входит в Arduino IDE и предназначена для работы с шаговыми двигателями без редуктора. Библиотека Stepper поддерживает только полношаговый метод управления и имеет сильно ограниченные возможности. Предназначена для решения простых задач при управлении одним двигателем.

[Stepper2.ino](#) – программа, содержащая полный набор функций, которые могут быть использованы для запуска 28BYJ-48-5V. Обсуждение программы на странице куда ведет ссылка. Планы преобразовать программу в полноценную библиотеку так и не были реализованы.

[Custom Stepper](#) – библиотека может быть использована для управления различными шаговиками, но настройки по умолчанию для 28BYJ-48-5V.

[AccelStepper](#) – библиотека работает эффективно. Нагрев двигателя меньше, поддерживает изменение скорости.





Набор для использования шагового двигателя в различных приборах. Поставка вместе с двигателем платы управления ULN2003A сокращает время на наладку и сборку электромеханического прибора. Шаговый двигатель и управляющий им модуль имеют соединители одного типа. Использование набора совместно с микроконтроллерным модулем позволяет собирать различные моторизованные системы. Набор ориентирован на специалистов хорошо владеющих программированием и не имеющих большого опыта монтажа пайкой. Предназначен для привода широкого спектра механизмов. Шаговый 4-х фазный двигатель 5V с платой управления ULN2003 должны подключаться к одному источнику питания 5 В.