

## РЕАЛИЗАЦИЯ МИКРОШАГОВОГО РЕЖИМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Дмитриев С.Н., Бурмитских А.В.,  
 научный руководитель канд. физ.-мат. наук Левицкий А. А.  
*Сибирский федеральный университет*  
*Институт инженерной физики и радиоэлектроники*

Во многих устройствах, где требуются малые перемещения и высокая разрешающая способность используют шаговые двигатели (ШД). Одним из главных преимуществ ШД является возможность осуществлять точное позиционирование и регулировку скорости без датчика обратной связи (Емельянов, А. В. Шаговые двигатели: учеб.пособие / А. В. Емельянов, А. Н. Шилин. – Волгоград: ВолгГТУ, 2005. – 48 с.). Как правило, у шагового двигателя на один оборот вала, приходится около ста или двухсот шагов (этот параметр зависит от модели двигателя). Применяя специальные режимы управления можно добиться увеличения числа шагов на оборот в несколько, а то и в десятки раз (Ридико, Л. И. Контроллер шагового двигателя, <http://www.530.ru/electronics>).

Существуют полношаговый, полушаговый и микрошаговый режимы управления. Если рассматривать полношаговый режим (full-step), то это либо полный ток в одной обмотке, либо полный ток в другой. Вал ШД при этом перемещается на один шаг (рис.1).

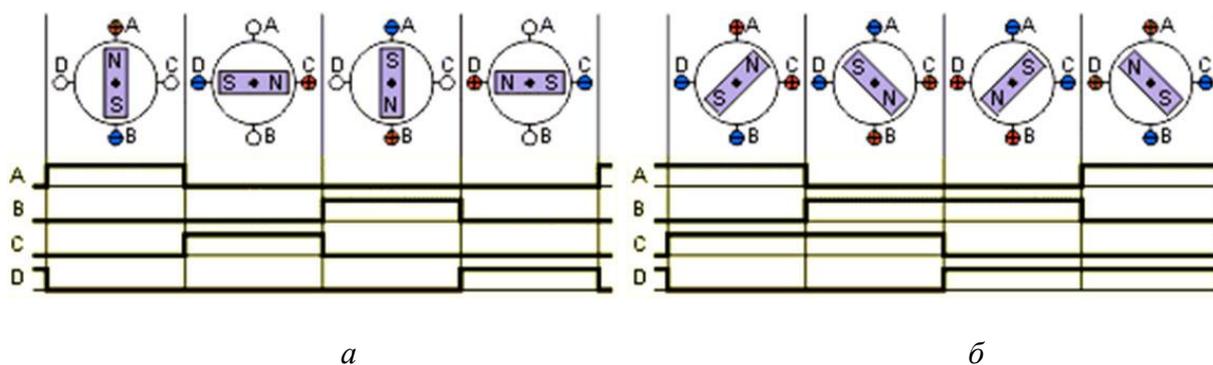


Рис. 1. Сигналы управления в полношаговом режиме:

а – полношаговый режим, включена одна фаза;

б – полношаговый режим, включены две фазы

В полушаговом режиме (half step) двигатель делает шаг в половину основного. Каждый второй шаг запитана лишь одна фаза, а в остальных случаях запитаны две. В результате угловое перемещение ротора составляет половину угла шага (рис.2).

Рассмотрим подробнее микрошаговый режим (см. <http://www.microchip.su/index.php>). В общем случае под микрошаговым режимом понимают режим деления шага. Микрошаговый режим отличается от штатного режима управления двигателем тем, что в каждый момент времени обмотки шагового мотора запитаны не полным током, а некими его уровнями, изменяющимися по закону  $\sin$  в одной фазе и  $\cos$  во второй. Такой метод дает возможность фиксировать вал в промежуточных положениях между шагами. В данном режиме можно осуществлять только разгон и торможение, а основное время работать в полношаговом режиме. К тому же, для достижения высоких скоростей в микрошаговом режиме требуется очень высокая

частота повторения микрошагов, которую не всегда может обеспечить управляющий микроконтроллер. Скажем, режим микрошага 1:8 означает, что с каждым поданным импульсом вал двигателя будет перемещаться примерно на 1/8 полного шага, и для полного оборота вала потребуется подать в 8 раз больше импульсов, чем для режима полного шага. На практике достаточно использовать деление шага 1:16, так как более глубокое деление шага перекрывает механическую точность изготовления самого шагового двигателя.

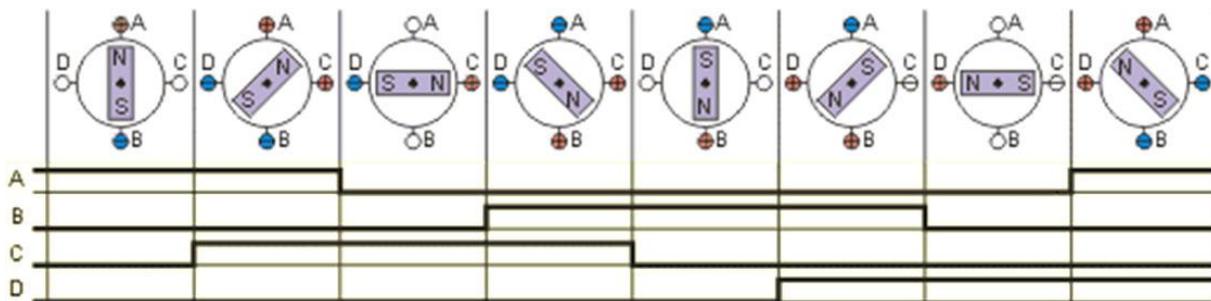


Рис. 2. Сигналы управления в полушаговом режиме

Преимущества микрошагового режима: намного более плавное вращение ротора на низких частотах, уменьшение угла поворота, устранение зон резонанса (резонанс – это когда на определенной скорости вращения шагового двигателя его крутящий момент становится равен нулю) и практически бесшумность работы, но при этом снижается момент и сильно увеличивается сложность управляющей программы.

Для реализации микрошага есть специализированные драйверы ШД, в которых можно реализовывать дробление шага до 1/32 и более. Фактически в этих драйверах ток в обмотках регулируется аппаратно, а значение этого тока задается при помощи опорного напряжения.

А можно получить микрошаги программно, без дополнительных дорогих микросхем и усложнения управляющей схемы, ведь часто простота системы является решающим фактором. Современные микроконтроллеры имеют встроенные АЦП (АЦП – аналогово-цифровые преобразователи) и ШИМ генераторы (ШИМ – широтно-импульсная модуляция), которые можно использовать для реализации микрошагового режима взамен специальных контроллеров. Это позволяет сделать практически одинаковой стоимость оборудования для полношагового и микрошагового режимов.

Данная работа выполнена в среде симулятора PROTEUS, основная схема представлена на рис. 3. Принцип работы: на обмотки шагового двигателя (униполярного) подают ШИМованное напряжение (ШИМ нужен для того, чтобы регулировать ток в обмотках), заставляющее ротор встать между шагами в равновесном состоянии, которое поддерживается разным уровнем напряжения на обмотках (рис. 4). Главным элементом схемы является микроконтроллер семейства AVR atmega48.

В начале кода задается массив, описывающий полупериод синусоиды. От размера этого массива и зависит кратность микрошага – возможно получить даже 1/1024 шага! Программа перебирает массив и выдает ШИМ на соответствующие ключи. Сдвиг по фазе между обмотками 90 градусов. Следовательно, имеем 4 выхода ШИМ для управления ключами. Скорость вращения двигателя задаётся импульсами на вывод 32 микросхемы микроконтроллера от внешнего источника. Чем выше их частота, тем быстрее крутится ротор ШД. Напрямую к контроллеру ШД подключать нельзя, так как сигналы нужно усиливать с помощью силовых ключей, как, например, это показано на рис. 5.

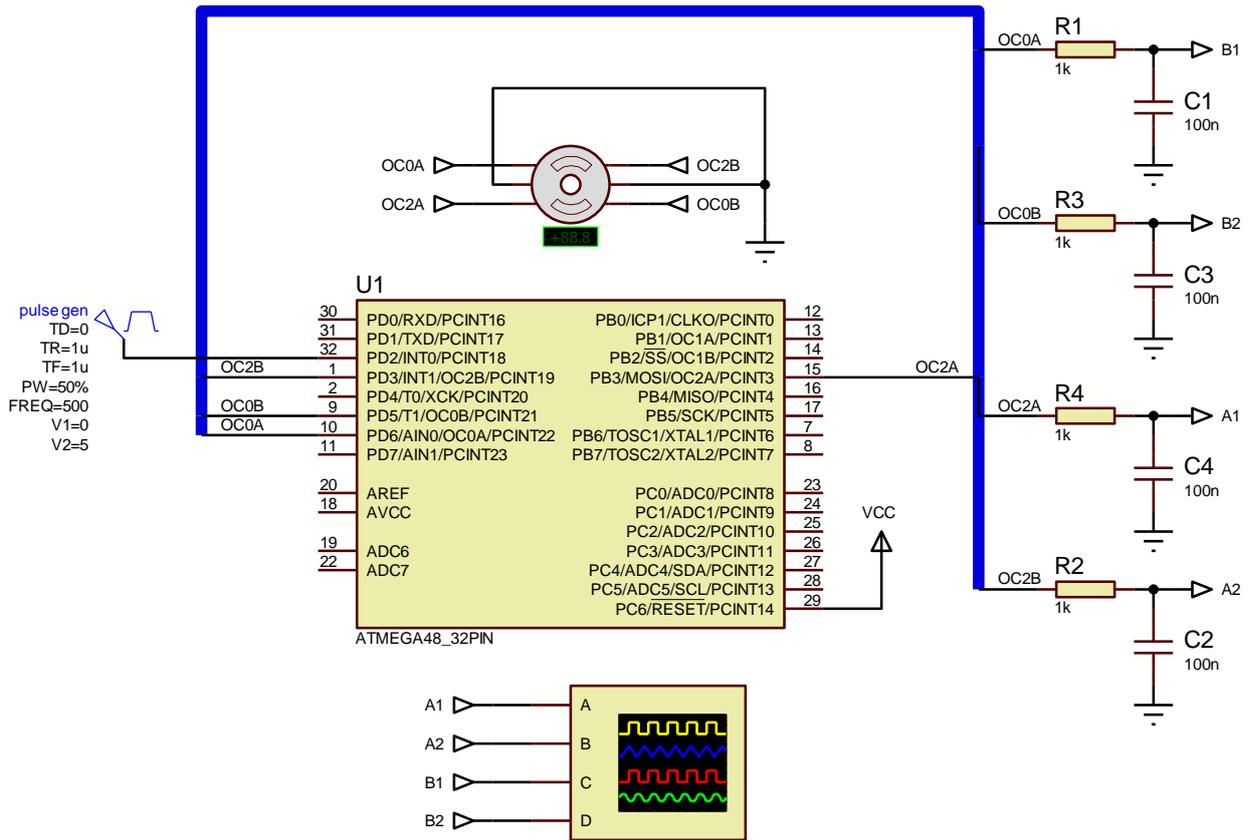
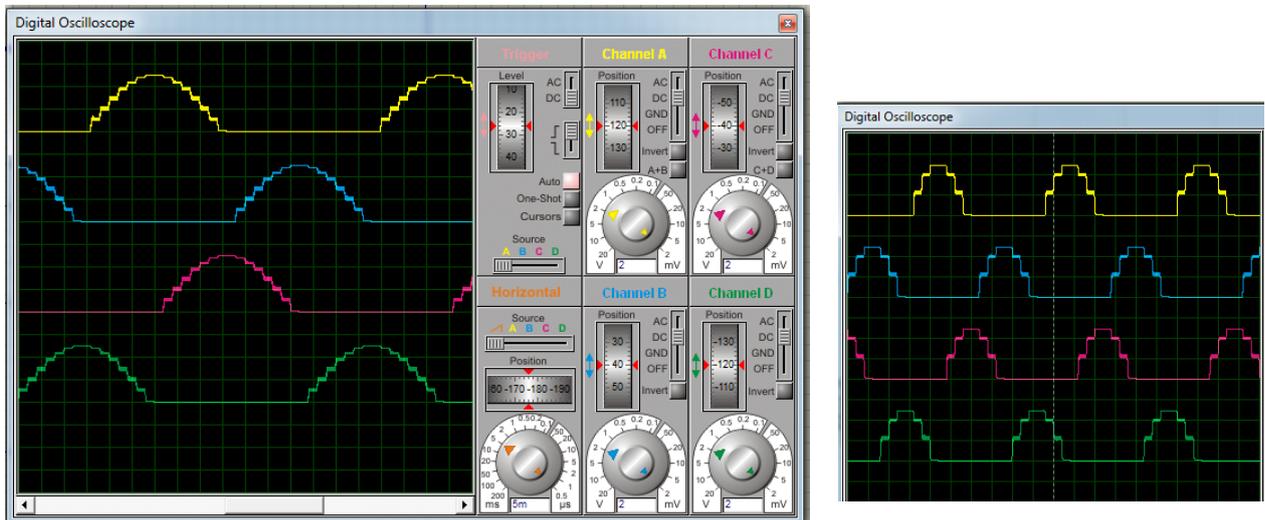


Рис. 3. Схема в симуляторе PROTEUS



*a*

*б*

Рис. 4. Осциллограмма напряжений на обмотках ШД в симуляторе PROTEUS:  
 а – микрошаг 1/8, шкала – 5 мс/дел, 2в/дел; б – микрошаг 1/4, шкала – 2мс/дел, 2в/дел.

Как видно из рисунка 4, *a*, получено деление шага 1/8. Изменяя исходный код можно сделать микрошаг 1/4 (рис. 4, *б*). Исходный код здесь не приводится по причине его громоздкости.

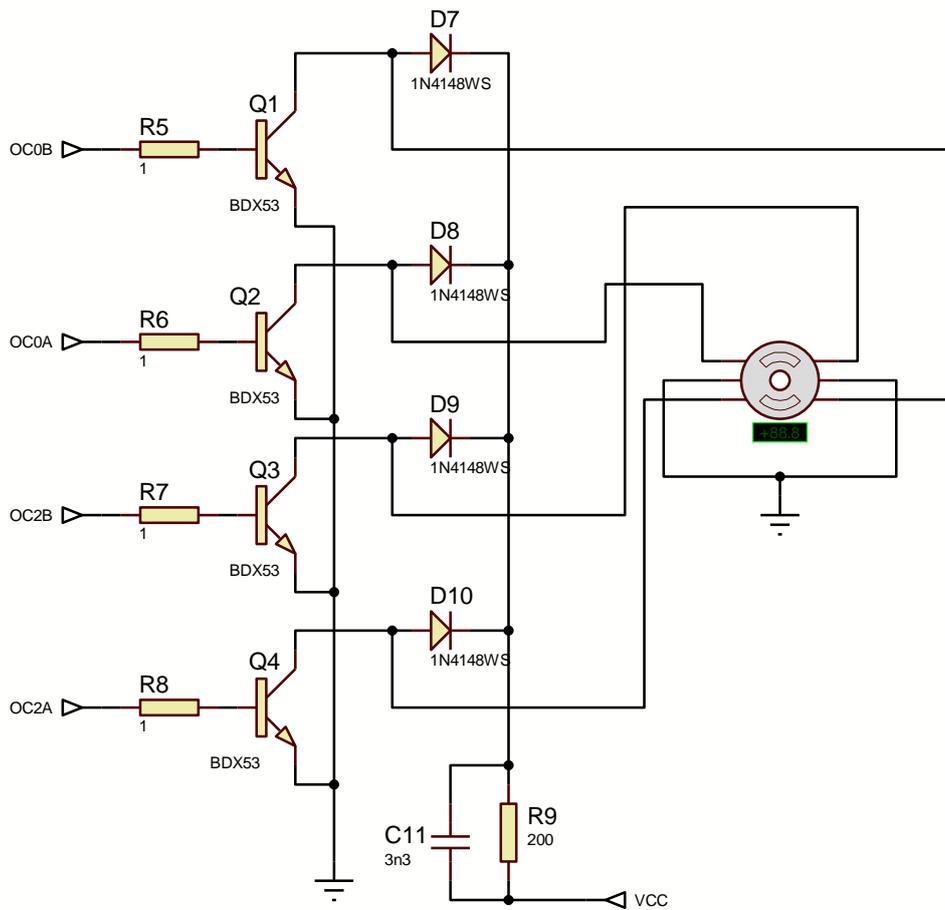


Рис. 5. Схема силовой части для управления ШД

В заключении хочется подчеркнуть, что применяя микрошаговый режим управления можно заставить недорогой двигатель с углом поворота к примеру  $7,5^\circ$  вращаться на угол  $0,93^\circ$  (микрошаг  $1/8$ ). При этом специальный двигатель с шагом поворота  $0,9^\circ$  стоит на порядок дороже двигателя с углом поворота  $7,5^\circ$ .