

## ДРАЙВЕР ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ТМС2160

Стаканов Д.Н., Евдокимова И.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ерошевская А.С. – маг.техн.наук

**Аннотация.** Драйвер шагового двигателя является востребованным устройством для управления шаговыми двигателями. Актуальность устройства заключается в необходимости достаточно точно управлять углом поворота шаговых двигателей, на основе которых собирают роботизированные механизмы, используемые в различных областях деятельности человека.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, драйвер шагового двигателя

**Введение.** С каждым годом автоматизация различных задач во многих областях деятельности человека становится всё более актуальной. Это связано с необходимостью более быстро и качественно выполнять несложные однообразные действия. Одним из самых распространённых примеров является роботизированная рука, выполняющая действия, определённые программой, например, пайка очень маленьких устройств. Чтобы заставить подобный механизм перемещаться с достаточно высокой точностью, необходимо использовать шаговые двигатели.

На рисунке 1 схематично изображён гибридный шаговый двигатель, состоящий из зубчатого статора, который образует большое количество эквивалентных полюсов и зубчатого ротора, зубцы которого обеспечивают меньшее сопротивление магнитной цепи. На первой части рисунка изображён шаговый двигатель в стартовом положении. Когда на обмотках статора отключается напряжение и включается как на второй части рисунка, полюса магнита ротора и полюса электромагнита статора становятся одинаковой полярности, тогда происходит вращение. Если запитать одновременно две соседние обмотки, то на статоре образуются 2 электромагнита, а вращение будет равно полушагу, если после полушага отключить один из электромагнитов, то ротор повернётся ещё на полушаг. Такой режим работы называется микрошаговым. Количество зубцов у статора и ротора влияет на разрешающую способность поворота, поэтому для достижения достаточной точности нужно рассчитать их минимальное количество [1].

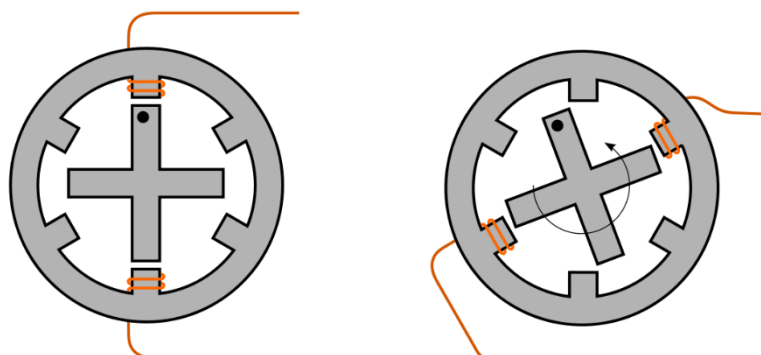


Рисунок 1 – Принцип работы гибридного шагового двигателя

**Основная часть.** Шаговый двигатель оказался достаточно сложным в управлении, поэтому для него необходим драйвер, который способен контролировать вращение путём подачи необходимого питания, а также защищать двигатель от перенапряжений и пропусков шагов так как при определённых задачах это может быть очень важно.

На рисунке 2 изображена внутренняя логика микросхемы TMC2160-TA

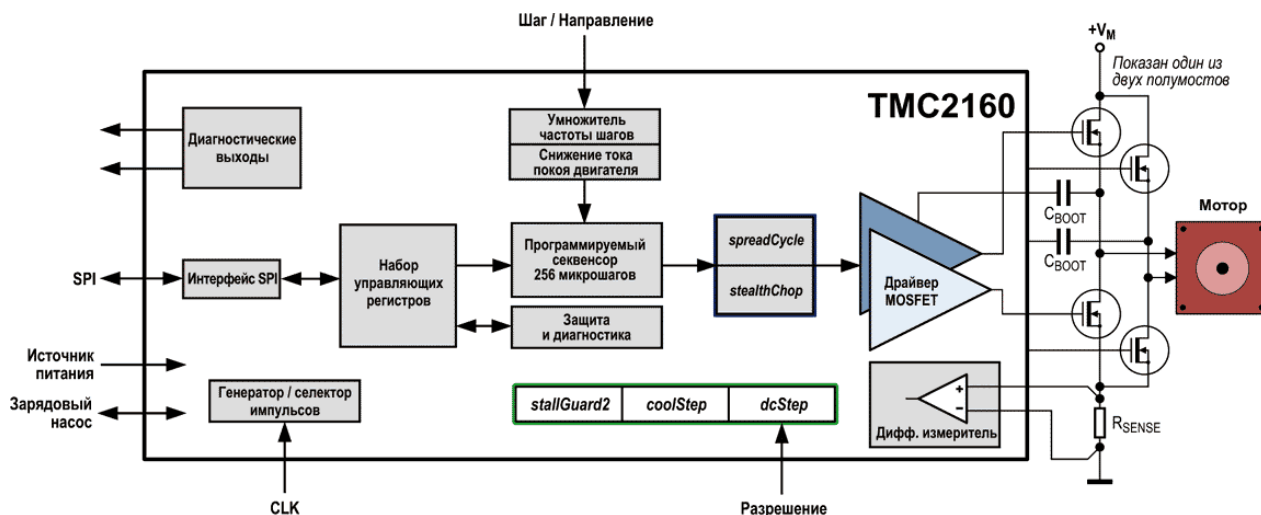


Рисунок 2 – Архитектура драйвера шагового двигателя

Устройство работает при напряжениях от 8 до 60В и током до 20А. Драйвер поддерживает интерфейсы SPI и UART, поэтому его можно подключить к компьютеру или микроконтроллеру, например, Atmega128, откуда можно управлять вращением шагового двигателя при помощи физического манипулятора или прошивки, загруженной в микроконтроллер. Также можно строить графики расхода энергии, нагрузок для последующего анализа. [2].

Чтобы выполнить поворот шагового двигателя необходимо подать питание, задать шаг, направление в двоичном виде и подать сигнал, разрешающий выполнение операции. Внутренняя логика драйвера вычислит длительность сигнала, который необходимо подать на двигатель после чего с выхода драйвера на вход шагового двигателя поступят сигналы нужной длительности и полярности.

Драйвер непрерывно получает информацию о параметрах вращения из сигналов обратной ЭДС и токов обмоток, поэтому при перегрузке двигателя, драйвер уменьшает частоту оборотов из-за чего пропусков шагов не происходит. Также драйвер по обратной ЭДС способен определить остановился ли двигатель и оптимизировать ток обмоток исходя из прикладываемой нагрузки, позволяя двигателю вращаться плавно, с более высоким КПД, тихо и не перегреваясь. Также драйвер позволяет выполнить диагностику шагового двигателя и защитить двигатель от высоких напряжений непредусмотренных драйвером [3].

Устройство постоянно ведёт мониторинг данных и корректирует выходные данные при входных нагрузках от 8 до 60В, током до 20А и рабочей частоте 250 кГц, поэтому частое прохождение тока может привести к перегреву. На рисунке 3 представлено распределение тепловой энергии на плате с TMC2160(на рисунке Sp1). Температура достигает почти 80 °С при токе 3.1А и напряжении 36А, значит для большей нагрузки может потребоваться активное охлаждение, поддерживающее температуру в приемлемом диапазоне для защиты соседних элементов на плате. На случай пиковых нагрузок драйвер имеет защиту от перегрева, которая в зависимости от конфигурации активируется при температуре до 150 °С и приводит к отключению устройства [4].



Рисунок 3 – Распределение тепловой энергии на плате с TMC2160-TA

**Заключение.** В ходе исследования проведён анализ устройства, а также установлено, что температура нагрева при нормальном режиме работы составляет 80 °C, что является приемлемо, а также имеет конфигурируемую защиту на случай перегрева. Исходя из анализа можно сделать вывод, что TMC2160-TA подходит для большинства современных задач в своей области, позволяя полностью контролировать движение механизмов с высокой точностью, вести мониторинг нагрузки и устранить ошибки движения из-за перегрузок, что делает драйвер очень надёжным, компактным и удобным устройством для конструирования мало-мощных механических устройств с плавным ходом и не требующих активного или пассивного охлаждения.

### Список литературы

1. Шаговый двигатель – [Электронный ресурс]. Режим доступа: – <https://zaxis.ru/statyi/shagovyy-dvigatel-rabota-ustrojstvo.html>
2. Документация – [Электронный ресурс]. Режим доступа: – <http://www.trinamic.com/products/integrated-circuits/details/tmc2160-ta/>
3. TMC2130: примененные технологии и подключение к RURAMPS4D в режиме конфигурирования по SPI – [Электронный ресурс]. <https://3dtoday.ru/blogs/svs0724/tmc2130-applied-technology-and-connection-to-ruramps4d-in-the-configur/>
4. Ilse Joostens TMC2160 Motor Driver Board// *Electrolabs.*–2019.–no.6.–PP 21-27

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

## STEP MOTOR DRIVER ON TMC2160

*Stakanov D.N., Evdokimova I.A.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Eroshevskaya A.S. – master of engineering and technology*

**Annotation.** The stepper motor driver is in demand for driving stepper motors. The relevance of the device lies in the need to accurately control the angle of rotation of stepper motors, on the basis of which robotic mechanisms are assembled, used in various fields of human activity.

**Keywords.** microcontroller, stepper motor driver