

Использование модулей Fractal

для управления шаговыми двигателями

В связи с неуклонно растущей популярностью шаговых моторов неизбежно растет и потребность в недорогих, но эффективных средствах управления. Данная статья посвящена перспективным модулям автоматизации Fractal, предназначенным для управления шаговыми двигателями.

Сергей Завгородний
 sergey.zavgorodniy@tehnomed.com

В настоящее время шаговые двигатели находят очень широкое применение при решении задач прецизионного позиционирования в системах промышленной автоматизации и робототехнике. Тем не менее, на рынке практически отсутствуют недорогие средства управления ими. Опыт показывает, что многие российские компании, приобретающие шаговые двигатели, впоследствии тратят значительное время на самостоятельное проектирование узлов управления. Сюда входят и выбор элементной базы, и схемотехника, и программное обеспечение — как микроконтроллера, так и компьютера (если требуется управление с терминала). Еще больше эти задачи усложняются при необходимости использования сильноточных двигателей и микрошагового режима управления — требований, почти неизбежно возникающих при применении двигателей в промышленности.

Альтернативой самостоятельному проектированию системы управления двигателем являются модули фирмы Fractal OUT9-1.x. Данные модули предназначены для управления биполярными шаговыми двигателями с двумя управляющими обмотками (с током до 1 А). Естественно, схема позволяет управлять и униполярными двигателями (в данном случае не подключаются средние отводы). Плата позволяет управлять как одним, так и двумя шаговыми двигателями, а также подключать один или два датчика позиционирования.

Платы OUT9-1.x принадлежат к модульному направлению средств автоматизации, разрабатываемых

ООО «Фрактал». Модульная концепция подразумевает объединение готовых схемотехнических решений (модулей цифрового ввода-вывода, модулей АЦП, ЦАП, силовых и интерфейсных модулей) на шине I²C, централизованное управление которыми осуществляется модулем вычислителя. Более того, управление этими модулями осуществляется программой, написанной на языке высокого уровня — Fractal Basic. Фактически, разработка средств промышленной автоматизации с использованием решений Fractal сводится к выбору необходимых модулей и описанию их функционирования на специализированном языке высокого уровня.

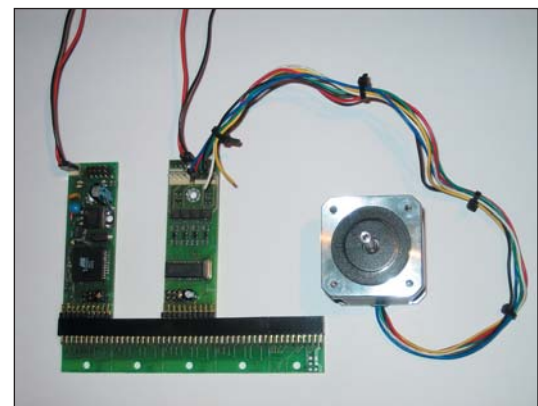


Рис. 2. Внешний вид системы управления шаговым двигателем на основе вычислителя MCU42-3 и модуля OUT9-1.x

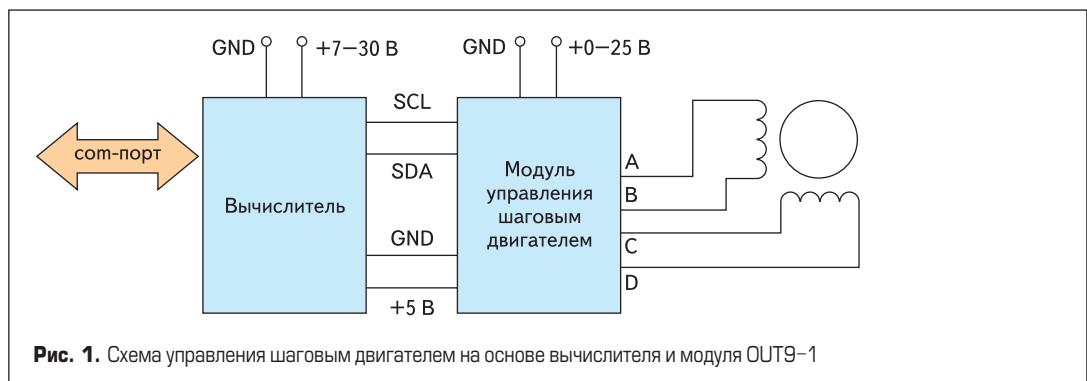


Рис. 1. Схема управления шаговым двигателем на основе вычислителя и модуля OUT9-1

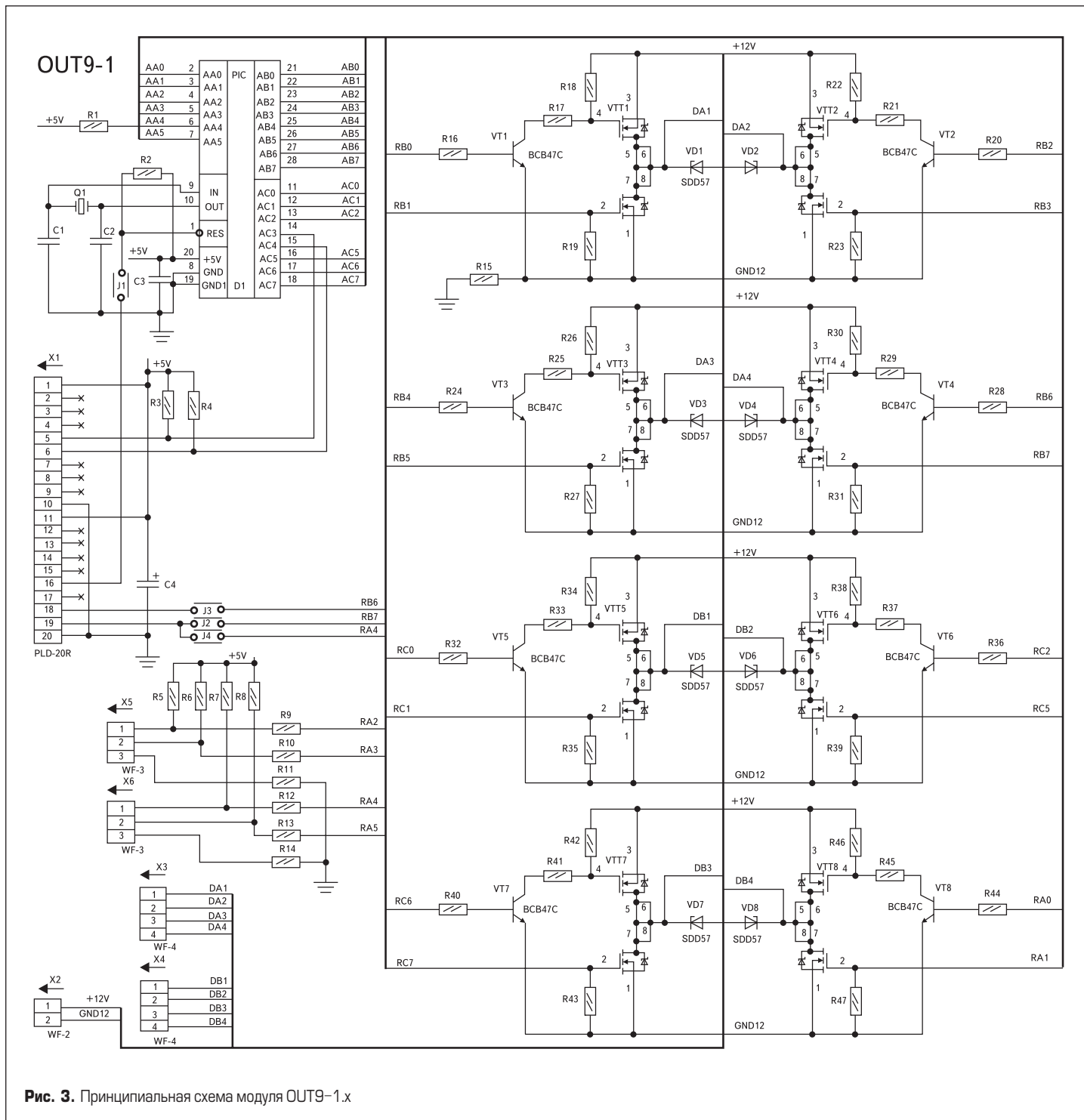


Рис. 3. Принципиальная схема модуля OUT9-1.x

Платы OUT9-1.x — одна из серий модулей выходов, построенных по вышеописанной концепции. Расположенный на плате контроллер PIC управляет транзисторными ключами в мостовой схеме, которые переключают обмотки шагового двигателя. Программа, зашитая в микроконтроллере, обеспечивает формирование необходимых диаграмм на выходах в зависимости от полученных от модуля-вычислителя параметров. Кроме того, модули могут быть использованы как 8 независимых силовых биполярных выходов.

Простейшая система управления шаговым двигателем, реализованная средствами Fractal, представлена на рис. 1.

В данном примере используется всего два модуля: вычислитель (например, MCU42-3) и модуль управления шаговым двигателем OUT9-1.x, объединенные по шине I²C. Обмот-

ки шагового двигателя подключаются к OUT9-1.x, а вычислитель — к COM-порту компьютера для программирования. Питание вычислителя может быть как 5-вольтовым, так и любым в диапазоне от 7 до 30 В, что определяется положением соответствующей перемычки. Питание модуля OUT9-1.x выбирается исходя из характеристик используемого шагового двигателя.

Внешний вид описанной системы (кроме подключения к COM-порту компьютера) показан на рис. 2. Здесь объединение модулей осуществляется с помощью специального кросс-модуля Fractal CR-10.5, позволяющего соединить по I²C пять модульных устройств Fractal.

На этом собственно схемотехническая часть заканчивается. В завершение на рис. 3 приводится схема модуля OUT9-1.x. На схеме видно, что управление двигателями осуществля-

ется по мостовой схеме. Следует отметить, что отдельными цифровыми сигналами с портов микроконтроллера PIC можно переключать как «верхние», так и «нижние» транзисторные ключи, то есть коммутировать нужный выход с землей или питанием. Таким образом, помимо управления двигателями имеется возможность управления любой силовой нагрузкой (до 1 А).

Программирование вычислителя для управления шаговым двигателем по заданному алгоритму осуществляется на языке высокого уровня Fractal Basic. Язык прост в освоении, а по синтаксису очень похож на классический Basic. Управление двигателем осуществляется путем записи в определенные ячейки памяти контроллера PIC (модуля OUT1-9.x) значений, определяющих скорость, направление и число шагов, на которое необходимо совершить поворот.

Приведем пример простейшей программы, поворачивающей двигатель на 100 шагов по часовой стрелке.

```
new ;очистка памяти
0 i2c#54h ;установка адреса для операций по интерфейсу I2C
10 i2cw(34h)=100 ;количество шагов — 100
20 i2cw(21h)=200 ;частота управляющих импульсов — 50 Гц
30 i2c(38h)=6 ;вернуть по часовой стрелке
```

Листинг 1

Директива new очищает память от программ и переменных. Символы, следующие от оператора «;» до конца строки, считаются комментарием. Оператор i2c#54h устанавливает текущее значение Slave Address для операций ввода-вывода с помощью оператора i2c. В нашем случае вычислитель «общается» по I²C с модулем OUT9-1.x, имеющим по умолчанию адрес 54h. Таким образом, операторы i2c и i2cw, передающие по интерфейсу I²C байт и слово соответственно, отправляют информацию модулю управления шаговым двигателем. Если на одной кросс-шине по интерфейсу I²C объединяется несколько модулей (например, при необходимости одновременного согласованного управления тремя и более шаговыми двигателями), их адреса по умолчанию предварительно изменяются. Следующие строчки программы заносят в память микроконтроллера PIC количество шагов, скорость и направление поворота по адресам 34h, 21h и 38h соответственно. После записи в память направления поворота программа, «защитая» в микроконтроллере PIC, сама формирует нужные импульсы для переключения транзисторных ключей.

Аналогично осуществляется управление и вторым двигателем, с той лишь разницей, что запись управляющих параметров происходит в другие ячейки памяти. Ниже (листинг 2) приведен пример программы, управляющей одновременно двумя шаговыми двигателями. Один из них поворачивается на 50 шагов по часовой стрелке медленно, другой — на 200 шагов против часовой стрелки быстро.

```
new ;очистка памяти
0 i2c#54h ;установка адреса для операций по интерфейсу I2C
; управление первым двигателем
10 i2cw(34h)=100 ;количество шагов — 100
20 i2cw(21h)=40 ;частота управляющих импульсов — 250 Гц
30 i2c(38h)=6 ;вернуть по часовой стрелке
; управление вторым двигателем
40 i2cw(36h)=100 ;количество шагов — 100
50 i2cw(26h)=1000 ;частота управляющих импульсов — 10 Гц
60 i2c(40h)=2 ;вернуть против часовой стрелки
```

Листинг 2

Богатые возможности языка Fractal Basic позволяют управлять двигателями по различным алгоритмам. К примеру, программа, приведенная на листинге 3, осуществляет повороты поочередно в разные стороны с увеличением числа шагов на пять в каждой итерации (то есть на 5 шагов по часовой, на 10 — против, на 15 по часовой, на 20 — против и т. д.). По достижении полного оборота (например, 200 шагов) алгоритм меняется на обратный (уменьшение числа шагов на 5 в каждой ите-

рации) до полной остановки. Эти «колебательные» процессы сменяют друг друга до бесконечности.

```
new
0 i2c#54h
5 num=0;dir=2;flag=0
10 if flag<>1 then num=num+5 else num=num-5
25 i2cw(34h)=num
30 if dir>2 then dir=2 else dir=6
35 i2c(38h)=dir
40 do:while i2cw(34h)>0
45 if num>=200 then flag=1
50 if num<=0 then flag=0
55 goto 10
```

Листинг 3

В синтаксисе Fractal Basic оператор «;» является разделителем. Переменные объявляются в любом месте программы и не являются типизированными (строка 5). Переменная num хранит текущее число шагов для поворота, а dir — направление. Следует отметить, что в операторе 40 реализован бесконечный цикл, проверяющий содержимое ячейки 34h. Контроллер PIC платы OUT9-1.x декрементарует ее содержимое после каждого выполненного шага. Таким образом, пустой цикл выполняется до обнуления содержимого памяти по адресу 34h, то есть до завершения поворота. Следующий поворот начинается незамедлительно. Внесение паузы между поворотами (например, 1 секунда) осуществляется одной строчкой (41 time=0;do:while time<1), где time — текущее значение счетчика реального времени. Скорость в этом примере не задается — используется значение по умолчанию (200).

Наличие в модуле вычислителя интерфейса RS-232 позволяет легко осуществлять управление двигателем по сигналам компьютера. Прием информации по RS-232 осуществляется с помощью команды input, записывающей полученную информацию в указанную переменную. Приведенная ниже программа работает с любой терминальной программой (например, HyperTerminal) на скорости 19 200. В ответ на соответствующие текстовые сообщения пользователь задает число шагов и направление, после чего происходит поворот двигателя.

```
new
0 i2c#54h
5 st1=0;st2=2
15 input «Введите число шагов (от 0 до 65535) »,st1
20 input «Введите направление (0-по часовой/1-против) »,st2
25 i2cw(34h)=st1
30 if st2>0 then st2=6 else st2=2
35 i2c(38h)=st2
40 time=0;do:while i2cw(34h)>0
45 goto 15
```

Листинг 4

Кроме того, каждый модуль OUT9-1.x имеет возможность подключения четырех датчиков позиционирования, по два на каждый двигатель. Датчики должны быть типа «сухой контакт» или «открытый коллектор» и обеспечивать в состоянии «включено» падение напряжения не более 0,5 В при протекающем токе 3 мА. При использовании датчиков движение

осуществляется не на определенное число шагов, а до срабатывания начального или конечного датчика позиционирования.

В заключение приведем другой пример использования модуля OUT9-1.x — как набора ключей, способных коммутировать токи до 1 А. В этом случае вместо шаговых двигателей к соответствующим разъемам платы OUT9-1.x подключается любая другая нагрузка и не используется встроенная программа формирования импульсов, необходимых для поворота двигателя. На принципиальной схеме (рис. 3) видно, что цифровые сигналы с портов микроконтроллера PIC идут в базы соответствующих ключей. Таким образом, непосредственное управление ключами осуществляется простым изменением содержимого портов цифрового ввода-вывода. Однако при таком управлении необходимо следить, чтобы «верхний» и «нижний» ключи (подключающие питание и землю соответственно) не оказались открытыми одновременно. В этом случае неизбежно произойдет выход ключей из строя. Пример в листинге 5 демонстрирует поочередное подключение питания к выводам разъема для первого двигателя.

```
new
0 i2c#54h
10 i2c#54h,(86h)=0h ;закрывать «нижние» ключи
20 i2c#54h,(06h)=1 ;открыть первый «верхний» ключ
30 time=0;do:while time<1 ;пауза
40 i2c#54h,(06h)=4 ;открыть второй «верхний» ключ
50 time=0;do:while time<1 ;пауза
60 i2c#54h,(06h)=16 ;открыть третий «верхний» ключ
70 time=0;do:while time<1 ;пауза
80 i2c#54h,(06h)=64 ;открыть четвертый «верхний» ключ
90 time=0;do:while time<1 ;пауза
100 goto 20
```

Листинг 5

Сегодня в арсенале Fractal появилось еще одно решение, позволяющее управлять шаговыми двигателями: новый узел MCX51-6. Узел служит для управления униполярным или биполярным шаговым двигателем и имеет гальванически развязанный интерфейс RS-485 (CAN). Управление шаговым двигателем производится в микрошаговом режиме 1/32. Узел позволяет программно задавать максимальный рабочий ток двигателя (максимальный ток фазы — до 3 А), имеет входы для подключения датчиков начала и конца, а также энкодерные входы. Узел выполнен в компактном конструктиве на DIN-рейку шириной 35 мм.

Литература

1. fractal.com.ru
2. Описание вычислителя MUC42-3.
http://fractal.com.ru/_pdf/description/mcu42-3.pdf.
3. Описание модуля управления шаговыми двигателями OUT9-1.x.
http://fractal.com.ru/_pdf/description/out9-1.pdf.
4. Справочник по языку Fractal Basic.
http://fractal.com.ru/_pdf/fractal-basic.pdf