

P13-2011-50

А. В. Калмыков, О. В. Стрекаловский, Е. В. Стрекаловская

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ
ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ **ШДИ-200**

Калмыков А. В., Стрекаловский О. В., Стрекаловская Е. В.
Устройство управления шаговым двигателем ШДИ-200

P13-2011-50

Одним из основных узлов стенда, предназначенного для испытания и моделирования катушек соленоида, обеспечивающих фокусировку пучка ускорителя ЛУЭ-200 (установка ИРЕН), является устройство позиционирования датчиков Холла (ДХ). Механизм перемещения платформы, на которой установлены ДХ, приводится в движение шаговым двигателем. В данной работе описывается устройство управления шаговым двигателем ШДИ-200.

Работа выполнена в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2011

Kalmykov A. V., Strelakovsky O. V., Strelakovskaya E. V.
The SM-200 Step Motor Control Device

P13-2011-50

One of the main nodes of the stand for testing and modeling solenoid coils, which define the focus of the beam of charged particles in the accelerator LUE-200 (IREN), is a device for positioning Hall sensors (HS). The mechanism of movement of the platform where HS are installed is activated by the step motor. This paper describes the control device of the step motor SM-200.

The investigation has been performed at the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2011

БЛОК-СХЕМА УШД200

Блок-схема привода УШД200 приведена на рис. 1. Управление шаговым двигателем осуществляется микроконтроллером (МК) AT89s8252 фирмы «Atmel»*. Привод УШД200 связан с персональным компьютером (ПК) по последовательному каналу RS232. Схема привода и ПК гальванически развязаны (оптопара УОТ101А). Выбранная тактовая частота МК 11,059 МГц, согласуется с работой генератора приемника-передатчика UART (передача 9600 бод/с). Шаговый двигатель ШДИ-200, установленный в системе позиционирования датчиков Холла (ДХ), управляется контроллером L297 и адаптером L298.

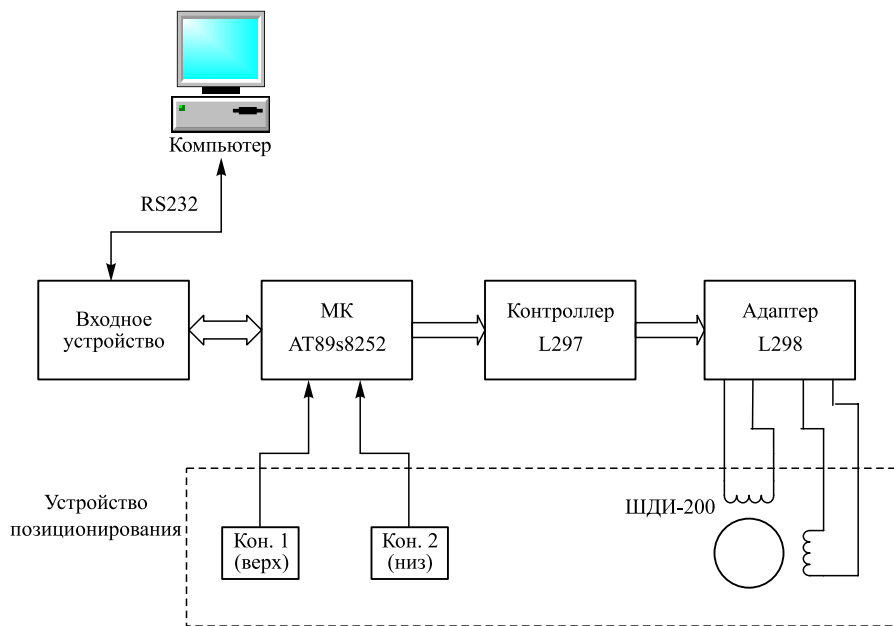


Рис. 1. Блок-схема привода УШД200

* Atmel Corporation 8051 Flash Microcontroller Data Book. San Jose, 1997.

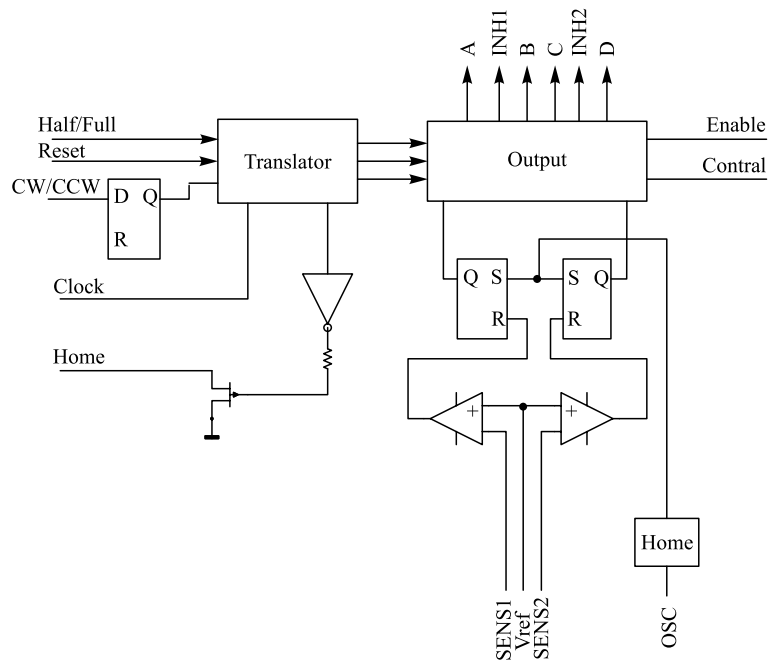


Рис. 2. Блок-схема контроллера L297

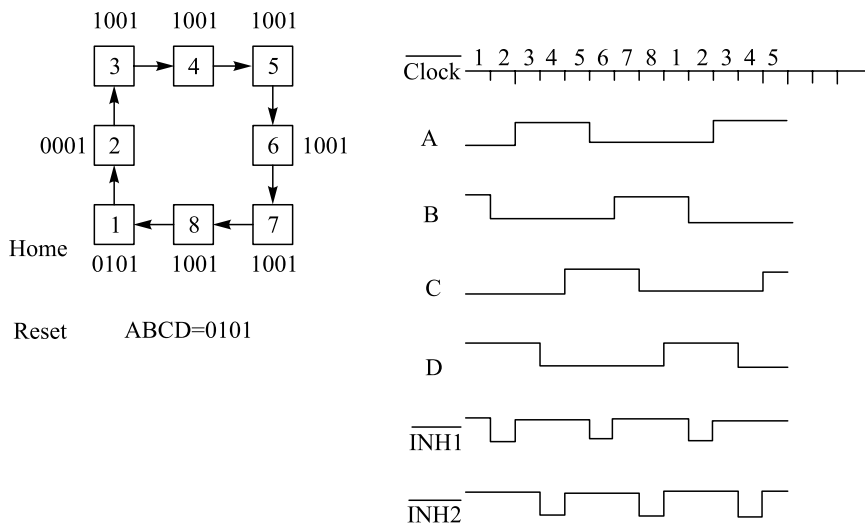


Рис. 3. Временная диаграмма работы шагового двигателя, полученная от контроллера L297, в полушаговом режиме

ром L298 фирмы «SGS Thomson». Они формируют временную последовательность сигналов и обеспечивают необходимый ток в обмотках шагового двигателя. Сигналы от концевых выключателей «Кон.1» и «Кон.2», установленных в начале и конце направляющей штанги позиционной системы, поступают на МК AT89s8252. При их срабатывании происходит аварийный останов двигателя.

Команды привода УЩД200:

- «пуск»;
- «стоп»;
- «вперед»;
- «назад»;
- «задание скорости вращения вала двигателя»;
- «задание количества импульсов (останов двигателя по обработке заданного количества импульсов)»;
- «задание режима работы (шаговый, полшаговый, волновой)».

Связь с ПК.

RS232: формат данных (8 data, 1 stop, even parity);
скорость передачи данных 9600 бод/с.

КОНТРОЛЛЕР L297

Контроллер генерирует четыре сигнала управления обмотками для двухфазных биполярных или четырехфазных однополярных шаговых двигателей. Двигатели могут управляться в режиме полшагов, полных шагов и микрошагов. Контроллер L297 работает совместно с адаптером L298. Логика работы контроллера приведена на рис.2. МК посылает в контроллер L297 тактовые импульсы с частотой $f = 1$ кГц, задает режимы работы, направление движения и скорость двигателя. Главными элементами схемы являются транслятор, который формирует фазовые последовательности, и двойная схема PWM для регулирования тока в обмотках. Транслятор генерирует три различных последовательности в зависимости от сигнала «Half/Full». Сигнал низкого уровня — нормальный режим, когда одновременно активны две фазы. Временная диаграмма работы шагового двигателя (полшаговый режим «Half/Full») приведена на рис. 3.

Сигналы контроллера L297.

- | | |
|------------------------------------|---|
| $\overline{INH1}, \overline{INH2}$ | Сигнал $\overline{INH1}$ при установленном значении запрещает управлять обмотками А и В, а $\overline{INH2}$ — обмотками С и D. |
| SENS1, SENS2 | Входы для измерения напряжения, пропорционального току нагрузки соответствующих фаз А и В и С и D. |
| Vref | Задаваемое напряжение для схемы, которое определяет пиковый нагрузочный ток. |

$\overline{CW/CCW}$	Вход, задающий направление счета импульсов.
\overline{Clock}	Тактовый вход. Переход в низкое состояние на этом входе подготавливает ШД к движению на 1 шаг. Сам шаг происходит на нарастающем фронте сигнала.
$\overline{Half/Full}$	Выбор режима работы. Высокий уровень — работа с полушагами, низкий уровень — нормальный шаг.
\overline{Reset}	Низкое значение на этом входе устанавливает стартовую позицию контроллера (состояние1, ABCD=0101).

Микросхема L297 сильно разгружает управляющий МК, так как от него требуются только тактовая частота «Clock» (частота повторения шагов) и несколько статических сигналов: «Direction» — направление (сигнал внутренне синхронизирован, переключать режим можно в любой момент), «Reset» устанавливает фазы в исходное состояние (ABCD=0101), «Enable» — разрешение работы микросхемы, «Vgef» — опорное напряжение, которое задает пиковую величину тока при ШИМ-регулировании. Кроме того, имеется несколько дополнительных сигналов.

Сигнал «Control» задает режим работы ШИМ-регулятора. При его низком уровне ШИМ-регулирование происходит по выходам $\overline{IN1}$, $\overline{IN2}$, а при высоком — по выходам ABCD. SYNC — выход внутреннего тактового генератора ШИМ. Он служит для синхронизации работы нескольких микросхем. Также может быть использован как вход при тактировании от внешнего генератора. «Home» — сигнал начального положения (ABCD=0101). Он используется для синхронизации переключения режимов «Half/Full». В зависимости от момента перехода в шаговый режим L297 может работать с одной включенной фазой или с двумя включенными фазами.

Технические характеристики МК AT89s8252:

- 8 кбайт flash-памяти, 2 кбайта EEPROM-памяти;
- тактовая частота 1–24 МГц;
- 296 · 8 бит внутренней памяти RAM;
- 32 программируемых линии ввода-вывода;
- три 16-разрядных таймера;
- девять источников прерываний;
- контроллер последовательного канала UART;
- интерфейс SPI;
- программируемый watchdog-таймер.

АДАПТЕР L298

Эта микросхема является сдвоенным мостовым усилителем тока, разработанным для управления индуктивными нагрузками, такими как реле, соленоиды, обмотки двигателей постоянного тока и шаговые двигатели. На

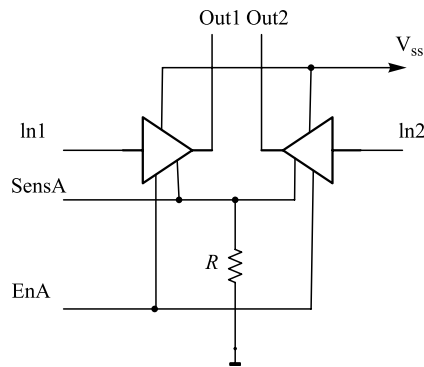


Рис. 4. Блок-схема адаптера L298

рис. 4 представлена блок-схема половины L298, входные сигналы In1, In2, EnA TTL-уровня. Питание $V_{ss} = 5-46$ В, $I_{max} = 2$ А. Сигнал контроля тока нагрузки SensA снимается с $R = 0,5$ Ом. Сигналы адаптера L298, подключенного по мостовой схеме, приведены в табл. 1 (Н — высокий потенциал, L — низкий, х — неопределенное состояние).

Таблица 1

Входные сигналы			Выходные сигналы		Функция
In1	In2	EnA	Out1	Out2	
х	х	L	х	х	Нет запуска
Н	L	Н	Н	L	Вперед
L	Н	Н	L	Н	Назад
Н	Н	Н	Н	Н	Нет запуска
L	L	L	L	L	Нет запуска

ШАГОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ШДИ-200

Привод УЩД200 управляет четырехобмоточным шаговым двигателем ШДИ-200.

Технические характеристики двигателя:

— $U_{ном} = 30$ В,

— $I_{ном} = 1,5$ А, $I_{max} = 2$ А,

— $M_{max} = 0,84$ нм,

— $P_{max} = 16,7$ Вт,

— $F_{max} = 1000$ Гц,

— количество импульсов на 1 оборот: 200 имп./об. (режим — шаговый);
400 имп./об. (полушаговый).

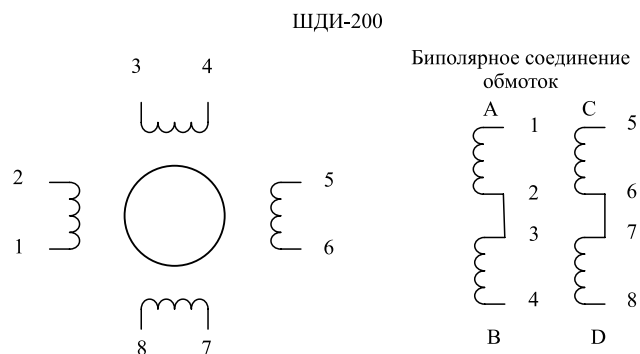


Рис. 5. Соединение обмоток двигателя

На рис. 5 показана схема соединения обмоток двигателя. В зависимости от способа подключения обмоток, двигатель становится униполярным либо биполярным. Биполярные двигатели имеют больший момент на валу, чем униполярные. В нашем случае обмотки двигателя скоммутированы в биполярном подключении.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Написан пакет тестовых и рабочих программ, поддерживающих работу привода УШД200. Управляющая программа USHD, написанная на программном языке TURBO PASCAL, обеспечивает пользовательский интерфейс, задает команды, посылаемые из ПК в привод. Драйвер (С24) шагового двигателя ШДИ-200 написан на языке ASSEMBLER и «зашит» в ПЗУ МК AT89s8252.

На рис. 6 показан байт управления, разряды которого соответствуют командам, передаваемым в УШД200. Формат передаваемых команд от ПК в УШД200 приведен в табл. 2.

При подаче питания на привод УШД200 запускается программа (С24), записанная в ПЗУ МК. На рис. 7 показана блок-схема программы.

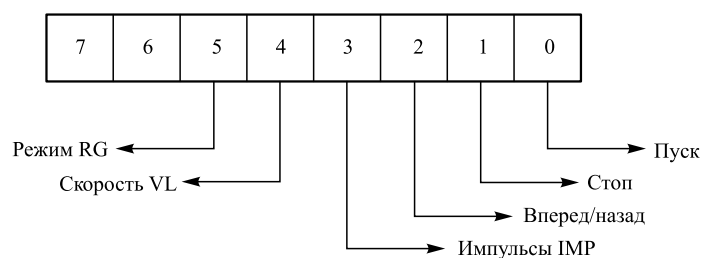


Рис. 6. Байт управления

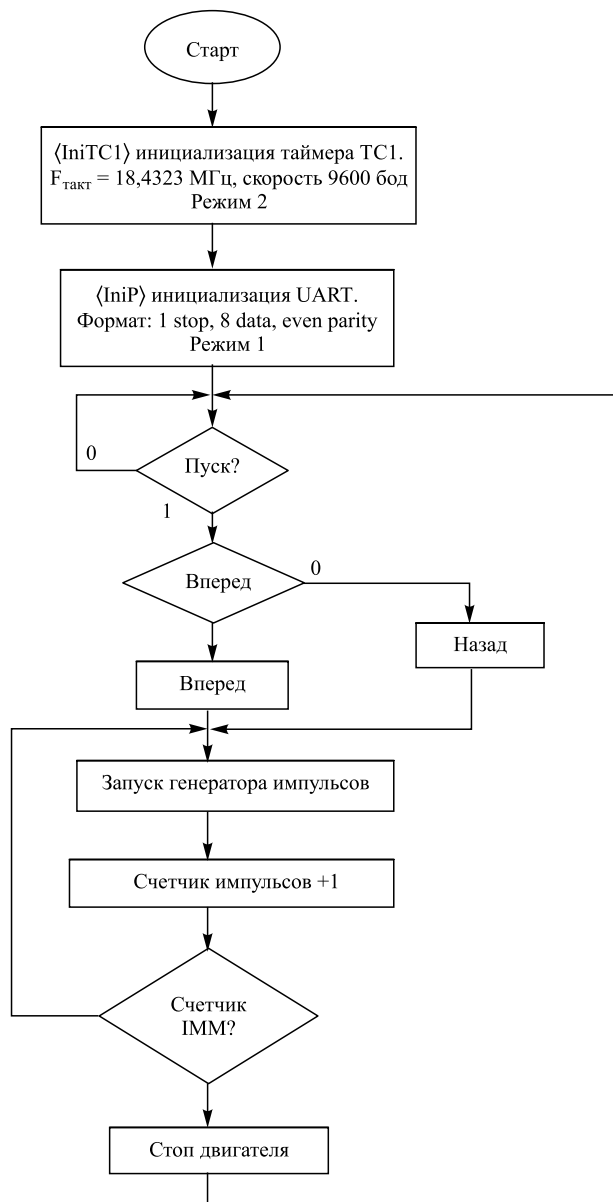


Рис. 7. Блок-схема программы ⟨C24⟩

Таблица 2

Команда	Кол. байт	Примечание
Пуск	1	Байт управления
Стоп	1	Байт управления
Вперед/назад	1	Байт управления
Импульсы	4	Байт управления + 3 байта данных
Скорость	2	Байт управления + 1 байт данных
Режим	2	Байт управления + 1 байт данных

В первый момент происходит инициализация всей системы управления шагового двигателя. Подпрограмма $\langle \text{IniTC1} \rangle$ инициализирует таймер TC1, задающий частоту передачи данных. $\langle \text{IniP} \rangle$ инициализирует контроллер по-

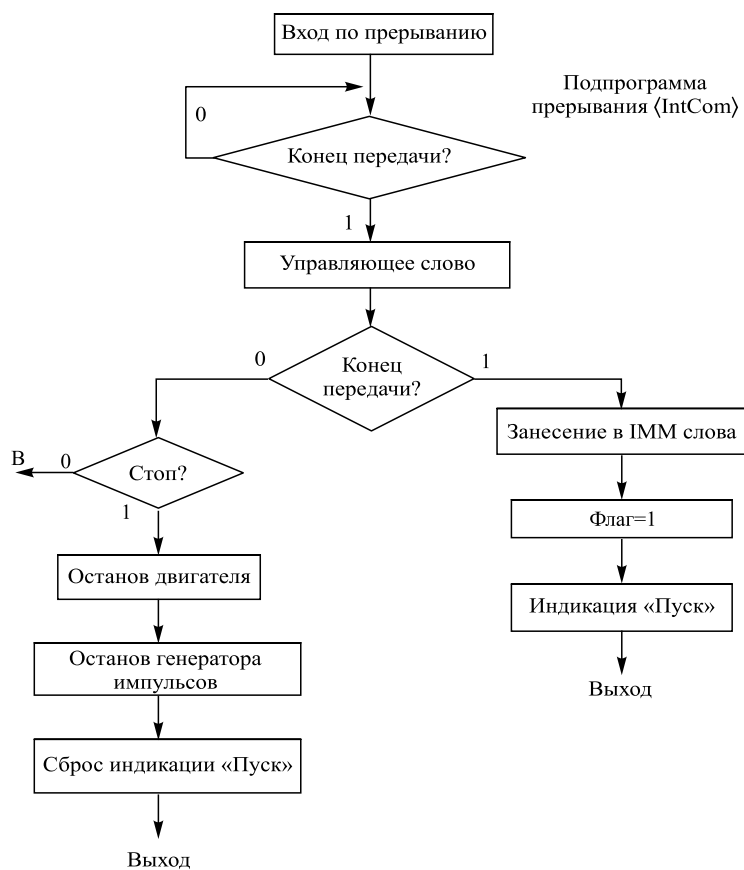


Рис. 8. Блок-схема фрагмента программы обработки прерывания $\langle \text{IntCom} \rangle$

последовательного порта UART. Подпрограмма (IProg) обеспечивает инициализацию контроллера шагового двигателя L297. Затем программа закольцовывается, ожидая команды от ПК.

Команда от компьютера вызывает прерывание программы, работающей в цикле. (IntCom) — подпрограмма обработки прерывания от последовательного порта UART. В этой подпрограмме осуществляются прием и обработка информации, поступающей от компьютера. На рис. 8 показан фрагмент блок-схемы подпрограммы обработки прерывания от последовательного порта.

Скорость ШД	Задание импульсов	Режим работы 1-2-4	Вперед — 1 Назад — 2	Стоп	Пуск
█					
1000		Полушаговый	Вперед		

*Выбор режима — нажать «Enter»

*Выход из программы — «Esc»

Рис. 9. Пользовательский интерфейс привода УШД200

Пользовательский интерфейс программы (USHD) показан на рис. 9. Курсор может передвигаться по таблице. Нажатием клавиши «return» из выбранной позиции задается нужный режим работы привода УШД200.



Рис. 10. Привод УШД200

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спроектировано и создано устройство управления шаговым двигателем ШДИ-200. Двигатель, установленный в системе позиционирования испытательного стенда, перемещает платформу с ДХ на 480 мм с точностью 0,5 мм. Двигатель может работать в шаговом, полушаговом и волновом режимах. В шаговом режиме вал двигателя делает 1 оборот на 200 тактовых импульсов. В полушаговом режиме на 1 оборот приходится 400 импульсов. Управление позволяет изменять скорость двигателя, задавать количество импульсов, которые должен отработать шаговый двигатель, и остановиться. Написан и отлажен пакет тестовых и рабочих программ, поддерживающий работу привода УШД200. Программа USHD написана на языке TURBO PASCAL. Драйвер (С24) написан на языке ASSEMBLER и «зашит» в ПЗУ МК AT89s8252. На рис. 10 показан привод УШД200.

Получено 20 мая 2011 г.

Редактор *А. И. Петровская*

Подписано в печать 08.09.2011.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,81. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 265 экз. Заказ № 57420.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/