

## К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНЫХ СХЕМАХ СДВИГАЮЩИХ РЕГИСТРОВ НА СТАТИЧЕСКИХ ТРИГГЕРАХ

А. В. ТРИХАНОВ

(Представлена кафедрой вычислительной техники)

Регистры, кроме кратковременного хранения числа, используются для преобразования последовательного кода числа в параллельный, и наоборот, а также для сдвига кода на определенное количество разрядов вправо и влево, что бывает необходимо при нормализации чисел, при выполнении над ними арифметических операций.

Различают регистры параллельного действия и сдвигающие. Рассмотрим вопрос о возможных схемах двоичных сдвигающих регистров на статических триггерах. При этом следует иметь в виду, что в некоторых случаях освобождающиеся при сдвиге крайние разряды либо сохраняют прежние состояния, либо заполняются нулями, либо принимают новую информацию извне, а информация, выдвигаемая из разрядов на другом краю регистра, либо теряется, либо передается во внешние цепи.

Рассматривая возможные схемы сдвигающих регистров, достаточно остановиться на сдвиге на один разряд, поскольку, как показано в [2], регистр со схемой сдвига на  $m$  разрядов можно рассматривать как  $m$  отдельных регистров, в каждом из которых имеется сдвиг на один разряд, выполнение сдвига на  $m$  разрядов в исходном регистре эквивалентно выполнению сдвига на один разряд во всех  $m$  частных регистрах одновременно.

По существу операция сдвига может рассматриваться как перенос состояний триггеров регистра на соседние [3]. При этом сигналы установки нового состояния триггеров при сдвиге могут формироваться различными способами, шесть из которых описаны в [1 ÷ 3].

Простейшая схема сдвигов [2, 3] имеет вид, представленный на рис. 1. Эта схема работает по принципу гашения регистра. Для выполнения в ней однократного сдвига на все триггеры регистра одновременно подается импульс-команда «гашение». При этом триггеры, находившиеся в состоянии «0», это состояние сохраняют, а триггеры, находившиеся в состоянии «1», — сбрасываются. Из возникающего при этом перепада выходного напряжения триггера формируется импульс, который через линию задержки ЛЗ поступает на единичный вход соседнего триггера. Таким образом осуществляется сдвиг единиц в регистре. Сдвиг нулей при этом реализуется автоматически, поскольку с триггера, находившегося в нулевом состоянии, импульс на соседний триггер не поступает. Недостатком рассмотренной схемы является малое быстро-

действие за счет двойного срабатывания элемента, зависимость формы импульса переноса от крутизны фронта выходного напряжения триггера и необходимость разрыва линий переноса при установке регистра в нуль.

Таким образом, в этой схеме сдвиг выполняется в 2 такта: сначала все триггеры регистра устанавливаются в «0», а затем в тех разрядах, где это необходимо, устанавливаются единицы. Линии задержки должны обеспечивать задержку импульсов на один такт.

Однотактная схема сдвигов дана на рис. 2. В каждом разряде имеется два импульсно-потенциальных вентиля Вн. Для выполнения однократного сдвига на все вентили подается импульс-команда «сдвиг».

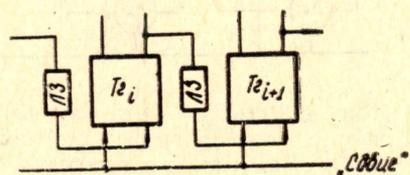


Рис. 1. Регистр с параллельным сдвигом с формированием сигнала переноса за счет гашения

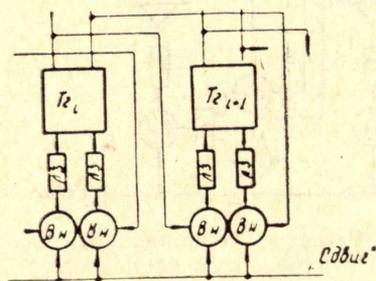


Рис. 2. Парафазный регистр с параллельным сдвигом

в каждом разряде этот импульс проходит через один из вентилях. Следовательно, на триггер может поступать только один импульс: либо импульс передачи «1», либо передачи «0».

Линии задержки в этой схеме обеспечивают разделение момента считывания состояния триггера импульсом сдвига и момента установки триггера в новое состояние под воздействием сигналов, поступающих с предыдущего триггера.

Однако при реальных соотношениях между длительностью импульсов, паразитными задержками в схемах и длительностью фронтов триггеров линии задержки иногда не нужны. Конечно, надежность сдвига снижается.

При использовании счетного входа триггера реализуется другая однотактная схема сдвига [2]. На этот вход сигнал должен поступать только тогда, когда состояние триггера в данном разряде не совпадает с состоянием триггера соседнего слева разряда.

В данном случае состояние триггера данного разряда изменится на противоположное, т. е. этот триггер установится в соответствии с прежним состоянием соседнего слева разряда. В других случаях изменения состояния триггера данного разряда не будет. В схеме в общем случае нужны ЛЗ, но они также могут оказываться излишними (рис. 3). Эта схема применялась в старых машинах, когда потенциальные логические элементы были значительно проще, чем импульсно-потенциальные вентили, а в триггерах все равно использовались счетные входы.

Импульсно-потенциальные вентили в этой схеме переключаются по потенциальному входу вдвое реже, чем в предыдущей схеме. Кроме того, в данной схеме меньше импульсно-потенциальных вентилях.

Из рассмотренных схем выполнения сдвигов следует, что главная трудность, которая имеет место при построении сдвигающих регистров, состоит в том, что при выполнении сдвига каждый разряд должен одновременно и выдавать информацию в следующий разряд, и принимать новую информацию из предыдущего разряда. В рассмотренных схемах либо имелись ЛЗ для временного хранения информации, либо

учитывалось то, что фронты выходных напряжений триггеров несколько растянуты, и, следовательно, изменение выходных напряжений несколько запаздывает относительно входных сигналов. Последнее фактически означает, что учитывается кратковременное сохранение информации паразитными емкостями. Если не пользоваться запоминанием на реактивностях, то для выполнения сдвига в регистре недостаточно иметь по одному триггеру на разряд.

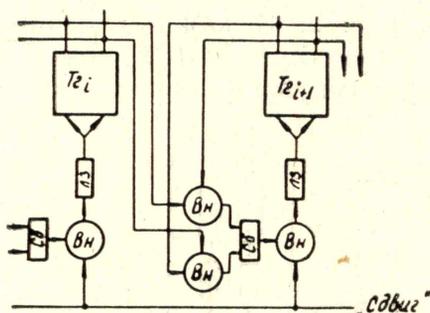


Рис. 3. Регистр с параллельным сдвигом с изменением кода числа

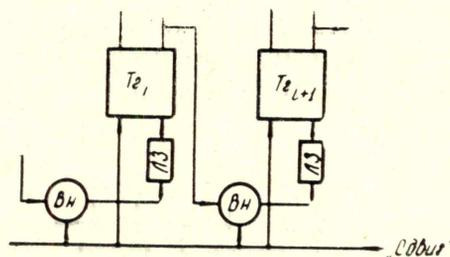


Рис. 4. Регистр с параллельным сдвигом с формированием сигнала переноса в вентилях и гашением импульсом сдвига

Еще одна двухтактная схема выполнения сдвига [1] имеет вид, представленный на рис. 4. От двухтактной схемы с формированием сигналов переноса за счет гашения (рис. 1) она отличается наличием в цепи передачи вентиля. Наличие вентиля устраняет указанные выше недостатки схемы на рис. 1.

В [3] описывается еще ряд схем сдвигающих регистров, среди них две модификации схемы с двумя импульсно-потенциальными вентилями и двумя ЛЗ на один разряд, модификация, работающая по принципу последовательной задержки импульса сдвига (рис. 5); модификация, в которой указанная последовательная задержка реализуется за счет собственной задержки вентилях (рис. 6); модификация двухтактной

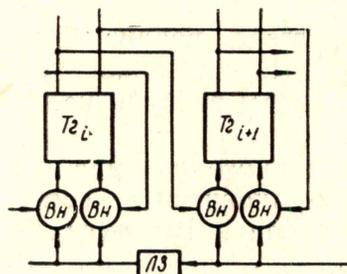


Рис. 5. Парафазный регистр с последовательным сдвигом с задержкой импульса сдвига в линиях задержки

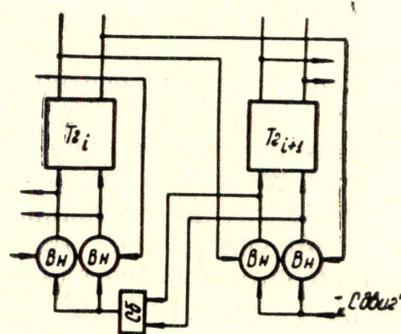


Рис. 6. Парафазный регистр с последовательным сдвигом с задержкой импульса сдвига в вентилях

схемы с гашением регистра и с вентилями между разрядами, работающая по принципу последовательной задержки импульса сдвига (рис. 7); двухтактная схема, работающая по принципу гашения триггера регистра сигналом с выхода вентиля (рис. 8). Работа последней сводится к тому, что импульс сдвига опрашивает состояние триггера и в случае, когда оно соответствует «1», пройдя через вентиль, сбрасывает триггер в «0», а через ЛЗ записывает прочитанную «1» на соседний триггер.

Проведем классификацию существующих схем (рис. 12). Прежде всего схемы сдвига можно классифицировать по количеству тактов на одноктактные (рис. 2, 3, 5, 6) и двухтактные (рис. 1, 4, 7, 8).

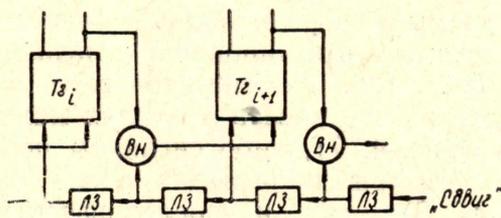


Рис. 7. Регистр с последовательным сдвигом с формированием сигнала переноса в вентилях и гашением импульсом сдвига

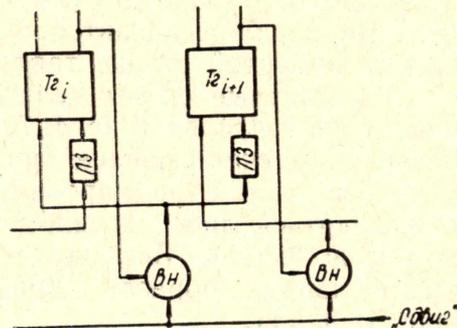


Рис. 8. Регистр с параллельным сдвигом с гашением сигнала переноса

Сдвигающие регистры могут быть как с параллельным (рис. 1, 2, 3, 4, 8), так и с последовательным сдвигом, работающие по принципу последовательной задержки импульса сдвига (рис. 5, 6, 7). Среди из-

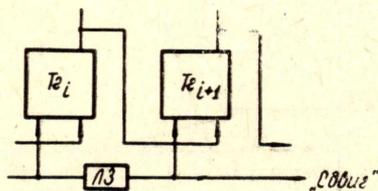


Рис. 9. Регистр с последовательным сдвигом с формированием сигнала переноса за счет гашения

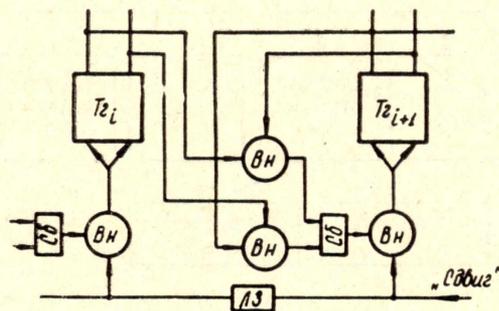


Рис. 10. Регистр с последовательным сдвигом с изменением кода числа

вестных схем не для каждого метода сдвига имеются схемы с последовательным сдвигом. Легко составить такие недостающие схемы. Для двухтактной схемы с формированием сигналов переноса за счет гашения регистра вариант с последовательным сдвигом показан на рис. 9, для сдвига с изменением кода числа (используются счетные входы) — на рис. 10, для схемы, в которой триггер гасится сигналом переноса, — на рис. 11.

Одноктактные схемы делятся на схемы с цепями передачи двухпозиционного кода (парафазными цепями, рис. 2, 5, 6), на схемы, работающие по принципу изменения кода сдвигаемого числа (рис. 3, 10).

Как те, так и другие могут быть как с параллельным (рис. 2, 3), так и с последовательным сдвигом (рис. 5, 6, 10).

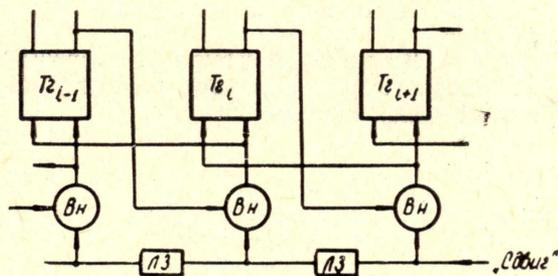


Рис. 11. Регистр с последовательным сдвигом с формированием сигнала переноса в вентилях и гашением импульсом сдвига

Задержки сигналов сдвига в парафазных схемах с последовательным сдвигом осуществляются либо в ЛЗ (рис. 5), либо в вентилях (рис. 6). На этом классификация одноктактных сдвигающих регистров завершается. К одноктактным относятся пять схем, из которых одна (рис. 10) предложена автором данной статьи (пунктирный прямоугольник) в четвертой строке таблицы классификации.

Двухтактные схемы делятся на схемы с формированием сигналов переноса в вентилях (рис. 4, 7, 8, 11), схемы с формированием сигналов переноса за счет гашения триггеров (рис. 1, 9). Гашение триггеров регистров в схеме с формированием сигналов переноса в вентилях может производиться либо сигналом сдвига (рис. 4, 7), либо сигналом переноса (рис. 8, 11). Все двухтактные регистры производят сдвиг как параллельным образом (рис. 1, 4, 8), так и последовательно (рис. 7, 9, 11).

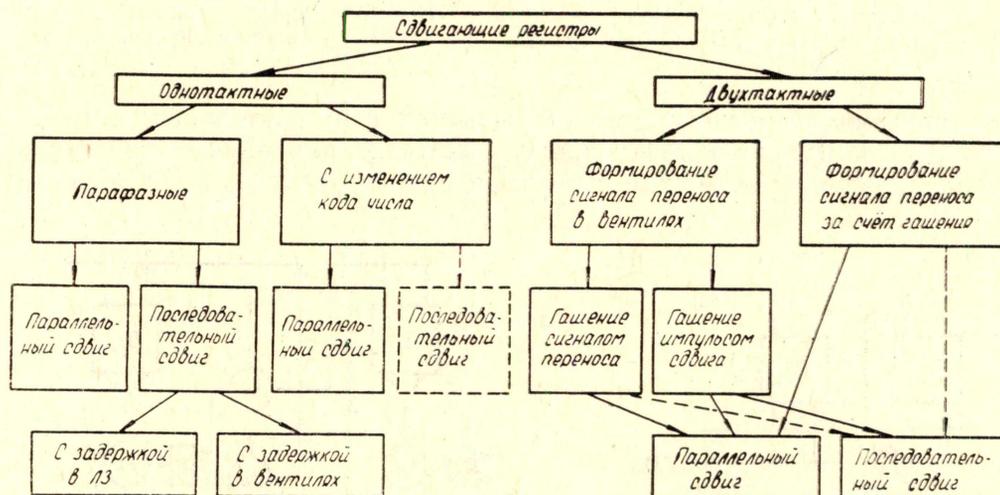


Рис. 12. Классификация сдвигающих регистров на статических триггерах

К двухтактным схемам из рассмотренных относится шесть схем, из которых две (рис. 9, 11) предложены автором этой работы, что отражено пунктирными линиями в таблице классификации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е. А. Дроздов и др. Электронные цифровые вычислительные машины. Воениздат, 1968.
2. М. А. Карцев. Арифметика цифровых машин. «Наука», 1969.
3. Лабораторный практикум по курсу «Вычислительные машины дискретного действия». «Высшая школа», 1966.