

СИНТЕЗ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ СДВИГАТЕЛЕЙ

Ю. А. Василенко, Н. Я. Какурин

Харьков

Сдвигатели являются одним из узлов цифровых машин, предназначенных для сдвига двоичной комбинации на один или большее число разрядов. Элементарная операция «сдвиг» используется в ЦВМ при умножении, делении чисел, при нормализации, а также при выполнении некоторых логических операций. Сдвиг двоичного числа может быть осуществлен при помощи сдвигающего регистра. Однако сдвигатель обладает большим быстродействием, чем регистр со сдвигом. В последнем для сдвига двоичного числа на n разрядов требуется время $t = nT_{\text{сдв}}$, где $T_{\text{сдв}}$ период импульсов сдвига. В сдвигателе сдвиг на n разрядов происходит за время $T_{\text{пер}}$, требующееся для окончания переходных процессов в схеме. Обычно

$$T_{\text{пер}} \approx T_{\text{сдв}}.$$

Работа сдвигателя описывается системой логических уравнений. Эти формулы (1) для сдвигателя четырехразрядных двоичных чисел на три разряда вправо получаются при рассмотрении работы схемы. Каждое выражение для функции выхода $P_1 - P_7$ представляет дизъюнкцию конъюнкций, т. е. дизъюнктивную нормальную форму (для P_1 и P_7 эта форма имеет всего одну конъюнкцию). Каждая конъюнкция соответствует одному случаю появления сигнала на данном выходе, а все конъюнкции — случаям, когда возможно появление сигнала на данном выходе

$$\begin{aligned} P_1 &= n_1 z_0 \bar{z}_1 \bar{z}_2 \bar{z}_3; \\ P_2 &= n_2 z_0 \bar{z}_1 z_2 \bar{z}_3 \vee n_1 z_0 z_1 \bar{z}_2 \bar{z}_3; \\ P_3 &= n_1 \bar{z}_0 z_1 z_2 \bar{z}_3 \vee n_2 z_0 \bar{z}_1 z_2 \bar{z}_3 \vee n_3 z_0 z_1 z_2 \bar{z}_3; \\ P_4 &= n_1 z_0 \bar{z}_1 z_2 z_3 \vee n_2 z_0 z_1 z_2 z_3 \vee n_3 z_0 z_1 z_2 z_3 \vee n_4 z_0 z_1 z_2 z_3; \\ P_5 &= n_2 z_0 \bar{z}_1 z_2 z_3 \vee n_3 z_0 z_1 z_2 z_3 \vee n_4 z_0 z_1 z_2 z_3; \\ P_6 &= n_3 z_0 \bar{z}_1 z_2 z_3 \vee n_4 z_0 z_1 z_2 z_3; \\ P_7 &= n_4 z_0 \bar{z}_1 z_2 z_3. \end{aligned} \quad (1)$$

При управлении сдвигателем невозможна одновременная подача двух и более сигналов на управляющие шины, т. е. переменные z , содержащие отрицание, являются фиктивными и выходы $P_1 - P_7$ от них не зависят

$$\begin{aligned} P_1 &= n_1 z_0; \quad P_2 = n_2 z_0 \vee n_1 z_1; \quad P_3 = n_1 z_2 \vee n_2 z_1 \vee n_3 z_0; \\ P_4 &= n_1 z_3 \vee n_2 z_2 \vee n_3 z_1 \vee n_4 z_0; \quad P_5 = n_2 z_3 \vee n_3 z_2 \vee n_4 z_1; \\ P_6 &= n_3 z_3 \vee n_4 z_2; \quad P_7 = n_4 z_3 \end{aligned} \quad (2)$$

Для реализации сдвига на три разряда вправо четырехразрядного двоичного числа требуется 16 схем И и 5 схем ИЛИ.

Недостаток обычного способа (1) построения сдвигателя — большое количество управляющих шин, а также нарушение работы сдвигателя при подаче сигналов на несколько управляющих шин. Для увеличения сдвига даже на один разряд потребовалось бы составить новые логические уравнения и изменить схему сдвигателя. Уравнения, описывающие функции выходов сдвигателя, становятся громоздкими при большом количестве управляющих шин. Представляет интерес решить задачу построения нового сдвигателя путем наращивания однотипных блоков. Эта задача может быть решена в том случае, если будет изменен способ управления. Управление можно построить так, чтобы подача сигнала на одну управляющую шину вызывала сдвиг двоичного числа на один разряд, подача сигнала на две управляющие шины — сдвиг предварительно сдвинутого числа еще на один разряд и т. д. Такого рода сдвигатель может быть построен методом индукции.

Предположим, что уже имеется один блок сдвига (Б1) n -разрядного двоичного числа. Повторный сдвиг в этом случае блоком (Б2) зависит только от шины z_2 и может быть реализован так, как показано

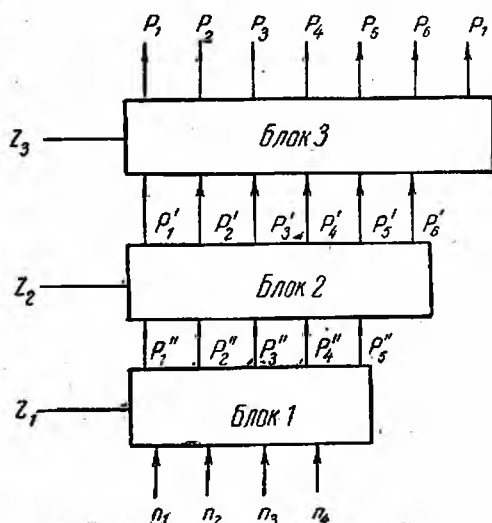


Рис. 1.

на рис. 1. Сдвиг на один разряд осуществляется жесткой коммутацией выходов схем совпадений. Если добавить еще одну управляющую шину, то к имеющейся надстройке необходимо подключить каскад схем совпадений. Следует отметить, что с увеличением каскадов растет и разрядность. Следуя этому методу построения (2), можно построить сдвигатель для любого количества управляющих шин. Структурная схема сдвигателя четырехразрядного двоичного числа на три разряда, построенная методом индукции, изображена на рис. 2. Сдвигатель здесь отличается от обычного сдвигателя большей сложностью. Но он легко может быть построен при увеличении числа управляющих шин.

Можно построить сдвигатель таким образом, чтобы при подаче двоичной комбинации сигналов на управляющие входы происходил сдвиг двоичного числа на несколько разрядов, количество которых было бы равно значению двоичной комбинации управляющих сигналов. В выше-рассмотренном сдвигателе по способу 3 первый блок должен сдвигать двоичное число на один разряд, второй блок на $2^1 = 2$ разряда, третий на $2^2 = 4$ разряда и т. д.

Сдвиг на требуемое количество разрядов достигается пространственной коммутацией выходов схем, различной у различных блоков. Структурная схема сдвигателя, управляемого значением двоичной комбинации показана на рис. 3.

Сдвигатель по способу 1 может быть описан уравнением

$$P_i = n_i z_m \vee n_{i-m} z_m, \quad (3)$$

где m — номер управляющей шины;
 i — номер разряда.

Из формулы (3) видно, что такой сдвигатель является однокаскадным и не может быть построен наращиванием дополнительных блоков при увеличении m .

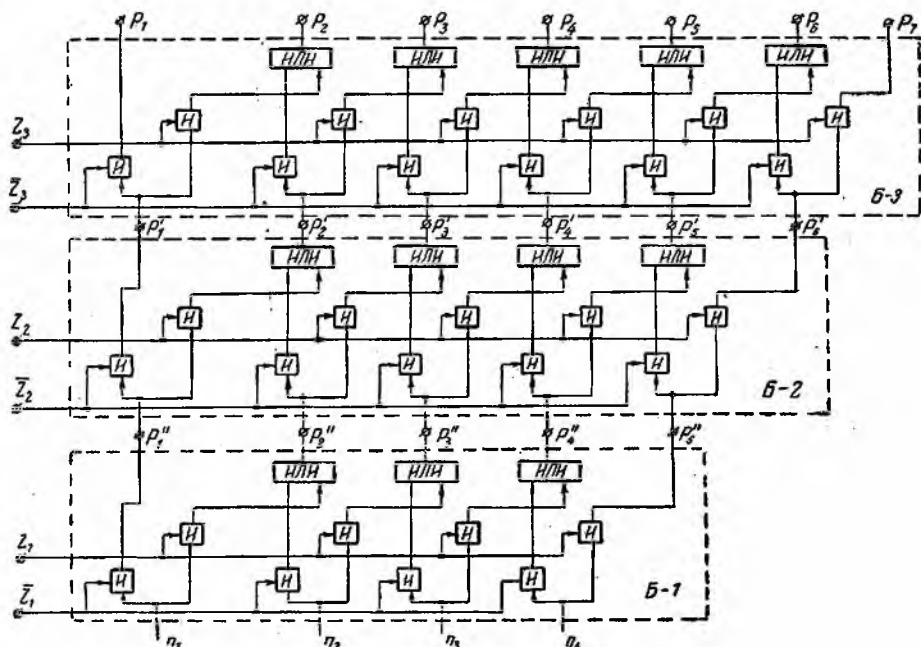


Рис. 2.

Функционирование сдвигателя по способу 2 можно описать для промежуточного блока уравнением

$$P_i^m = P_i^m \bar{z}_m \vee P_{i-1}^m z_m. \quad (4)$$

Первый блок такого сдвигателя описывается уравнением

$$P_i^1 = n_i \bar{z}_1 \vee n_{i-1} z_1.$$

Тип сдвигателя	Количество разрядов сдвига	Количество схем «И»	Количество схем «ИЛИ»
Обычный сдвигатель (по способу 1)	3	16	5
	7	28	9
	15	60	17
Сдвигатель по способу 2	3	30	12
	7	56	42
Сдвигатель по способу 3	3	18	6
	7	32	9
	15	60	12

Сдвиг вне зависимости от номера управляющей шины при подаче на нее сигнала происходит на один разряд. Сдвигатель (3) описывается формулой

$$P_i^m = P_i^m \bar{z}_m \vee P_{i-2^m} z_m. \quad (5)$$

Выражения (4) и (5) являются минимальными ДНФ. Реализуя сдвигатели по этим формулам, каждый раз при увеличении m мы будем давать минимальные приращения аппаратуры. Однако общее количество аппаратуры зависит от величины сдвига.

В таблице показано количество аппаратуры.

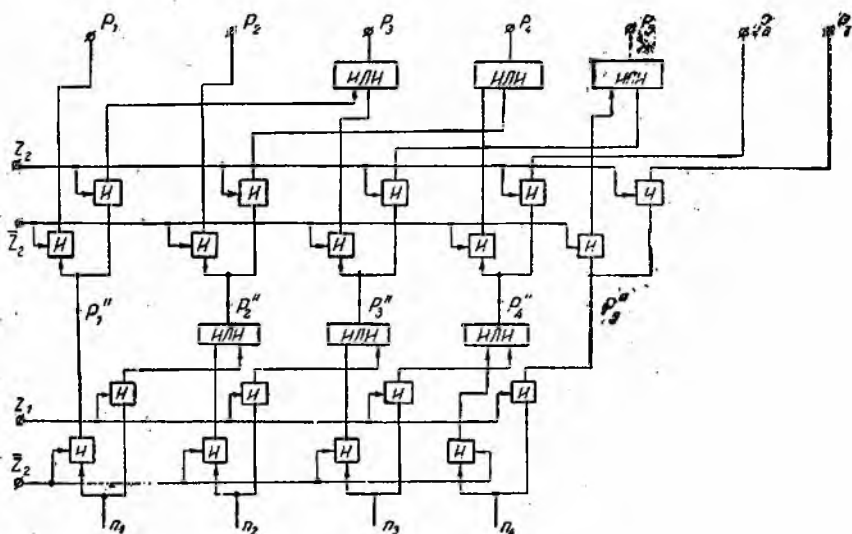


Рис. 3.

Оценка количества логических схем для разных типов сдвигателей

1. Сдвигатель 1.

Обозначим через n количество разрядов входов двоичного числа, m — количество разрядов сдвига, z — количество управляющих шин.

Из структур различных типов сдвигателей получим следующие формулы для оценки оборудования;

$$N_{\text{«И»}} = zn;$$

$$N_{\text{«ИЛИ»}} = n + m - 2; \quad (6)$$

$$N_{\text{общ}} = zn + n + m - 2 = n(z + 1) + m - 2.$$

Сдвигатель 2.

$$z = m$$

$$N_n^z = 2(n + z - 1). \quad (7)$$

$$N_{\text{«ИЛИ»}} = n + z - 2.$$

Сдвигатель 3.

$$z = \lceil \log_2 m \rceil_{\text{ок}}$$

$$N_{\text{«И»}}^z = 2(n + z - 1); \quad N_{\text{«ИЛИ»}}^z = n - 2; \quad (8)$$

$$N_{\text{общ}} = z(n - 2) + \sum_{i=1}^{i=z} 2(n + z - 1).$$

Обычный сдвигатель и сдвигатель, построенный по способу 3, при сдвиге на три разряда равноценны по количеству логических схем, но у сдвигателя на рис. 3 есть преимущество — меньшее количество управляющих шин. С увеличением номера z (при $z = 4$) у сдвигателя 3 уменьшается количество логических схем (табл.).