

ОБ ОДНОМ ВАРИАНТЕ ПОСТРОЕНИЯ ТРОИЧНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

Б.В. Белоусов, Д.А. Поспелов, Ж. Тошич

(Москва)

В связи с появлением многоустойчивых элементов и большим интересом к построению вычислительных устройств для случая троичной системы счисления представляется интересным рассмотреть принципиальную возможность построения троичных однородных структур. Для двоичного случая подобные структуры исследуются весьма успешно [3]. Для троичного случая, насколько известно авторам доклада, подобные структуры ещё не рассматривались.

В качестве базового элемента используется логический элемент, осуществляющий операцию циклического сдвига по модулю 3. Подробное описание такого элемента дано в работе [1]. Ниже даётся краткое описание используемого элемента (рис. 1). Элемент представляет собой релейный инвертор, который срабатывает при подаче на его вход потенциала, превышающего порог срабатывания. Вход и выход инвертора соединены между собой последовательно включёнными источниками напряжения e_1 и e_2 и диодом Д. Точка соединения источника напряжения e_1 с остальными деталями цепочки является входом элемента, а выход инвертора - выходом элемента.

Пусть $e_2 < e_1 < 2e_2$, где e_2 - э.д.с. источника напряжения e_2 , равная перепаду напряжения между двумя различ-

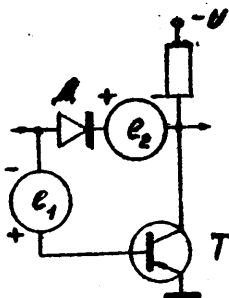


Рис. 1.

с основанием k . Для этого достаточно обеспечить выполнение соотношения $(k-2)e_2 < e_1 < (k-1)e_2$. Можно предложить схему укладки трёхстабильных элементов циклического сдвига (ТЭЦС) так, как это показано на рис. 2.

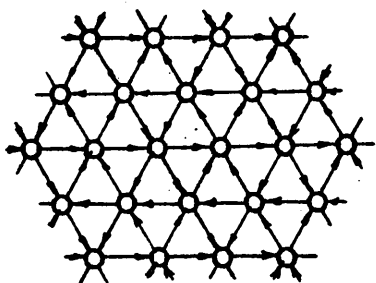


Рис. 2.

три входа и три выхода. Нагрузочные сопротивления трёх входных ТЭЦС могут быть совмещены в одно сопротивление, которое подключается к соответствующему узлу. Объединение выходов трех элементов моделирует их конъюнкцию.

Как известно [4], функции конъюнкции и циклического сдвига образуют полную систему. Если к ним еще добавить определенное число одноместных функций, то запись функций в этой полной системе (а, следовательно, и синтез) существенно упрощается [2].

Любому набору переменных $\langle \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \rangle$ поставим в

ными соседними цифрами троичной системы счисления, а e_1 - э.д.с. источника напряжения e_1 (с учетом порога срабатывания инвертора, принятого равным 0). Тогда элемент будет троичным элементом циклического сдвига, а три подобных элемента, включенные последовательно друг за другом, образуют трёхстабильную схему. Заметим, что подобным же образом можно смоделировать элемент циклического сдвига в любой системе счисления

Таким образом, троичная вычислительная структура, предлагаемая в работе, является сеткой, расположенных под 60° друг к другу цепочек последовательно соединённых ТЭЦС. Три ТЭЦС образуют равносторонний треугольник, являющийся основным элементом структуры. Пересечение трёх цепочек в одном узле образует шестилучевую звезду, которая имеет

соответствие троичное число (номер набора) $j = \alpha_1 3^{n-1} + \alpha_2 3^{n-2} + \dots + \alpha_n 3^0$. Через β_1 обозначим наименьший неотрицательный вычет $3 - \alpha_1$ ($\alpha_1 = 0, 1, 2$) по модулю 3. Выражение $F_1 = x_1^{\beta_1} x_2^{\beta_2} \dots x_n^{\beta_n}$ будем называть характеристической конъюнкцией набора $\langle \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \rangle$. Определим две одноместные функции ζ_1 и ζ_2 , заданные следующей таблицей:

x	ζ_1	ζ_2
0	0	1
1	2	2
2	2	2

Если функции ζ_1 и ζ_2 можно смоделировать на предлагаемой структуре среды, то удобное для работы аналитическое представление любой троичной функции F имеет вид:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=0,1} \zeta_F(j) (F_j),$$

где $F(j)$ значение F на наборе с номером j , а конъюнкция берется только по тем наборам, на которых F принимает значение 0 или 1.

Образованные пересечением ТЭЦС звёзды могут быть двух типов. В первом типе три входных или выходных элемента расположены рядом, а во втором типе входные и выходные элементы расположены попеременно. Звёзды первого типа позволяют реализовать функцию Вебба, размножение сигналов, изменение направления движения сигнала, элемент троичной памяти и многие другие функции. На звёздах второго типа возможна лишь передача сигнала (одновременно с реализацией циклического сдвига на каждом элементе). На рис. 3 показана для примера реализация функции троичной инверсии, для получения которой понадобилось реализовать размножение и поворот сигнала (по направлению движения) и функцию Вебба. Примеры реализации ряда функций одной переменной (включая функции ζ_1 и ζ_2 , о которых речь шла выше) показаны в таблице I.

При моделировании функций с числом переменных большим одного зачастую необходимо реализовать пересечения в графе передачи информации. Для устранения этого неудобства можно воспользоваться разбиением троичной функции, требующей для своего моделирования трехуровневого сигнала, на две троичные функции, каждая из которых требует двух уровней сигналов. Для двухуровневых (двоичных) функции известны методы организации пересечений. Поэтому реализация пересечения для троичных функций

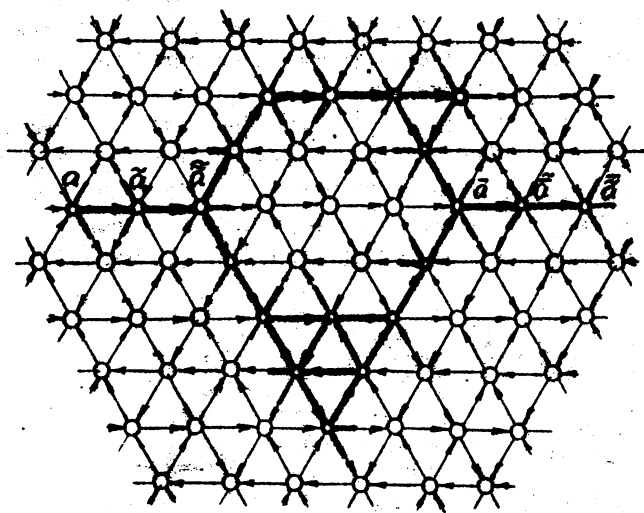


Рис. 3.

Таблица I

вход			реализация
0	1	2	
0	0	0	
0	0	1	
0	0	2	
0	1	1	
0	2	2	
1	0	1	
1	2	0	
1	2	1	
1	2	2	
2	0	1	
2	1	2	
2	2	2	

организуется как четырёхкратное двоичное пересечение (пересекаются четыре ребра с двухуровневыми сигналами) и склеивание двух двоичных ребёр, соответствующих одной и той же функции, в одно ребро с трёхуровневыми сигналами.

Из рис. 3 следует, что необходимо принимать во внимание те узлы, которые непосредственно не участвуют в реализации функции (в данном случае функции инверсии). Из этого рисунка и анализа платы, реализующей плотно упакованную память (рис. 4), вытекает, что на используемые при реализации функ-

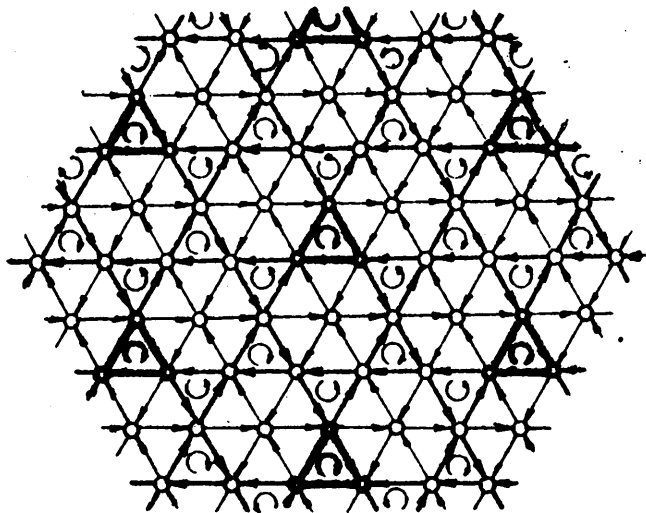


Рис. 4.

ции узлы необходимо подавать напряжение источника питания U а на неиспользуемые узлы — напряжение, соответствующее "1". В этом случае ТЭЦС, имеющий вход в нерабочем узле, а выход в рабочем узле, будет подавать на вход конъюнкции значение "2", т.е. не будет влиять на значение выходной функции.

Следует обратить внимание на тот случай, когда ТЭЦС, имеющий вход в рабочем узле, а выход в нерабочем, имеет на входе сигнал "2". В этом случае триод входит в режим насыщения и на выходе, т.е. в нерабочем узле, появляется сигнал "0" вместо сигнала "1". Исследование различных схем показывает, что во всех подобных случаях направление передачи этого сигнала "0" таково, что исключается искажение этим сигналом обрабатываемой информации.

Остановимся несколько на проблемах реализации рассматриваемой структуры. Источники напряжения e_1 и e_2 в ТЭЦС (рис. 5) реализованы пассивными элементами - стабилитронами

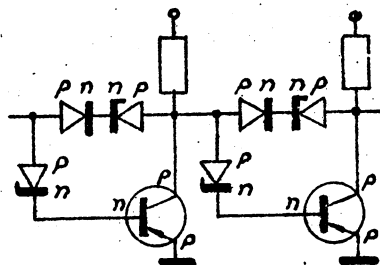


Рис. 5.

на низкие напряжения: $e_1 = 4,2$ в, $e_2 = 2,5$ в (с учетом прямого падения напряжения на диоде $0,7$ в). Напряжение питания - 10 в. Три уровня информации обеспечиваются следующим образом: "0" $\approx 0,5 \pm 0,2$ в ($U_{\text{кнас}}$), "1" $\approx 3,0 \pm 0,4$ в ($U_{\text{кнас}} + e_2$), "2" $\approx 4,9 \pm 0,2$ в ($U_{\text{бз}} + e_1$). Систематичность повторений p-n переходов ТЭЦС позволяет предложить для реализации троичной среды на твердом теле конфигурацию, показанную на рис. 6. Каждая треугольная форма представляет собой n-область транзистора и стабилитрона e_1 , а каждая протяжённая форма - n-область диода Д и стабилитрона e_2 . Втравленные p-области различных элементов соединяются общим токопроводником круглой формы-основанием узла. Сопротивление может быть сформировано на основании узла известными методами технологии напыления. p-области эмиттеров транзисторов объединяются проводниками треугольной формы, а затем подсоединяются к общей корпусной сети.

Предложенную однородную структуру, по-видимому, следует рассматривать как заготовку для реализации напылением функциональных элементов и узлов, а не как перестраиваемую в процессе работы среду. Связано это с большими трудностями отвода управляющих отводов при подобной плотной упаковке элементов. В случае создания жёстко специализированных структур ввод и вывод информации можно организовать следующим образом.

Ввод можно осуществлять двумя путями: ввод "сверху" и ввод "сбоку". В первом случае в элементе памяти, организован-

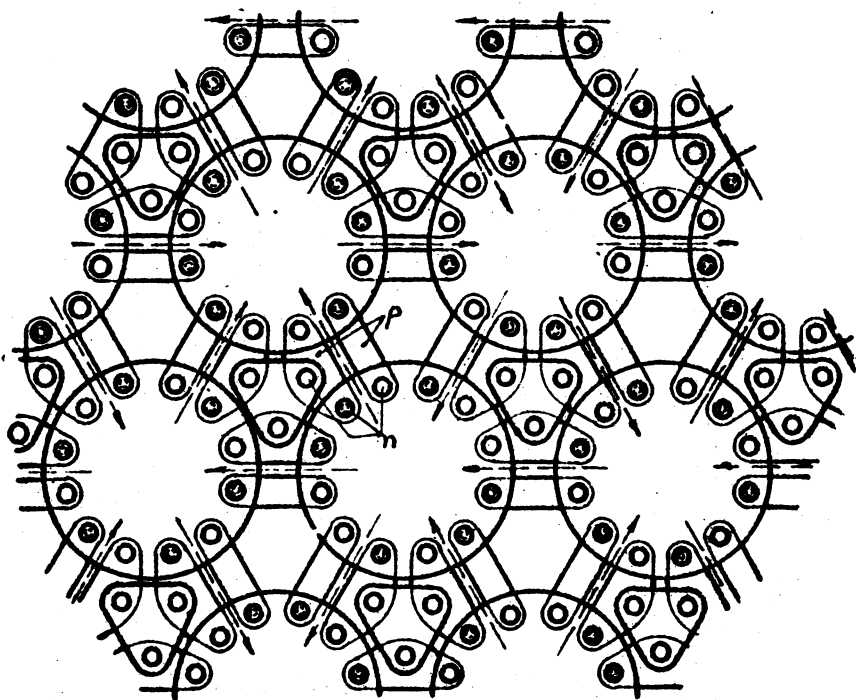


Рис. 6.

ном из трех ТЭЦС, имеются отводы от всех трех узлов. Подача потенциала на один из отводов (при этом на остальные подаётся "1") устанавливает элемент памяти в нужное положение ("2" в том узле, куда подан потенциал). Во втором случае подается трёхуровневый сигнал через провод, подсоединённый к основанию узла.

Вывод всегда желательно осуществлять "сбоку", по периферии. Провод при этом присоединяется к основанию узла. Выходной сигнал - трёхуровневый.

1. Б.В. Белоусов. Функционально полная троичная потенциальная система элементов. Сб. "Многозначные элементы и структуры", Изд-во "Сов. Радио", М., 1967, стр.142-148.
2. Д.А. Поспелов. Логические методы анализа и синтеза схем, Изд-во "Энергия", М., 1964.
3. И.В. Прангишвили и др. Микроэлектроника и однородные структуры для построения логических и вычислительных устройств, Изд-во "Наука", М., 1967.
4. Post E.L. Introduction to a general theory of elementary propositions. American J. of Mathematics, 1921, vol. 43, p. 163-185.