О СПОСОБАХ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОУСТОЙЧИВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Н. Я. Какурин, Ю. А. Василенко
Харьков

Большинство существующих преобразователей цифровой информации построено на двоичных элементах. Это в значительной степени объясняется двумя причинами: наличием хорошо разработанного математического аппарата для описания работы двоичных схем — аппарата булевой алгебры, а также высоконадежных в работе физических элементов, имеющих два устойчивых состояния.

Одним из наиболее важных и перспективных направлений в создании методов и устройств эффективной переработки информации является разработка теоретических и практических вопросов проектирования многозначных элементов и систем. Это подтверждают более чем сто авторских свидетельств на изобретения по многозначным элементам (некоторые из них запатентованы за границей), а также опубликованные в последнее время научные работы.

Применение многоустойчивых элементов при конструировании основных устройств цифровых вычислительных машин позволяет уменьшить разрядность машины и одновременно повысить надежность, так как количество элементов цифровых машин резко снижается с увеличением числа устойчивых состояний. Уменьшаются также габариты машин, их вес, потребляемая энергия.

Основные задачи в области теории синтеза устройств, использующих многозначные элементы, сводятся к разработке следующего:

1) функционально полных систем многозначных логических элементов, использующих различные физические способы представления информации и наиболее полно удовлетворяющих особенностям функционирования физических схем;

2) принципов построения устройств переработки информации на многозначных элементах;

3) структурной теории синтеза цифровых автоматов на многозначных элементах с учетом их физических характеристик.

Необходимость в элементах с бо́льшим числом состояний, чем в двоичных элементах, обычно удовлетворяется путем схемного или конструктивного объединения, комбинирования двоичных элементов, что требует соответственно усложнения электрической схемы или конструкции

электрических приборов, тем более значительного, чем большее число состояний достигается.

При переходе от двоичных логических элементов к многозначным количество двоичных элементов, затрачиваемых на моделирование одного k-го элемента, определяется из соотношения

$$N = \begin{cases} [\log_2 k] + 1, & k \neq 2^n, \\ n & k = 2^n. \end{cases}$$

Например, для трехзначных элементов при замене каждого троичного элемента двоичным требуется $\log_2 3 = 1 + 1 = 2$ двоичных элемента. На два двоичных элемента приходится четыре устойчивых состояния. В результате при реализации трехзначной функции возникают неиспользуемые комбинации, т. е. двузначные функции, кодирующие трехзначные, являются неполностью определенными.

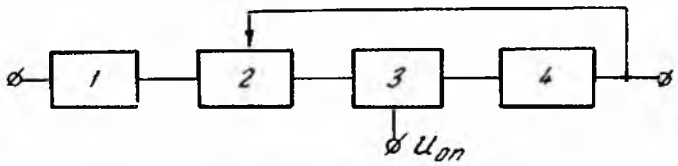


Рис. 1.

Второй способ построения многозначных логических элементов заключается в создании функциональных элементов с k устойчивыми состояниями. Схемы троичных инверторов, триггеров и троичных сумматоров, построенные на полупроводниковых элементах, практически опробованы в ряде специальных устройств автоматики и вычислительной техники. В них применяются обычные промышленные транзисторы и сопротивления.

Значительный интерес представляют частотно-гармонические многоустойчивые элементы. Частота гармонических колебаний является основным признаком состояния устойчивого равновесия [1]. Кроме того, известен широкий класс явлений, характеризующихся зависимостью выходного напряжения от частоты.

Периодическая последовательность прямоугольных импульсов характеризуется периодом или частотой повторения, амплитудой, фазой и длительностью импульсов. В соответствии с этим импульсные многоустойчивые элементы делятся на частотно-импульсные, амплитудно-импульсные и широтно-импульсные.

Наиболее перспективным является время-импульсный многоустойчивый элемент, в схеме которого отсутствует интегрирующее звено, что значительно увеличивает быстродействие и упрощает его схему. В качестве динамического признака устойчивых состояний элемента используется фаза периодической последовательности импульсов на его выходе.

На рис. 1 представлена блок-схема, иллюстрирующая принцип работы элемента. Короткие импульсы от внешнего генератора поступают на усилитель-ограничитель *1*. Каждый импульс с выхода усилителя обеспечивает приращение напряжения на емкостном накопителе *2*. Когда это напряжение достигает уровня срабатывания $U_{пф}$ компаратора *3*, последний запускает схему сброса *4*, импульс $U_{вых}$ с выхода которой обеспечивает возврат напряжения на накопителе *2* к начальному значению. Все устройство в целом работает как делитель частоты. На рис. 2 пред-

ставлена принципиальная схема фазо-импульсного элемента по описанной блок-схеме.

Перспективными многоустойчивыми элементами являются магнитные накопительные элементы. Работа такого элемента с большим числом устойчивых состояний основана на принципе ступенчатого перемагничивания магнитного сердечника по частным циклам петли гистерезиса.

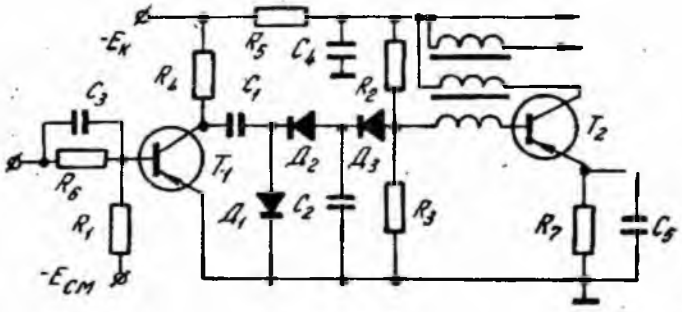


Рис. 2.

Магнитный накопительный элемент состоит из многоустойчивого накопительного устройства на сердечнике с ППГ и устройства считывания, обеспечивающего индикацию состояния элемента, формирование выходного импульса и его передачу на вход другого элемента. Электрическая схема одного из типов магнитных накопительных элементов показана на рис. 3. Элемент работает следующим образом.

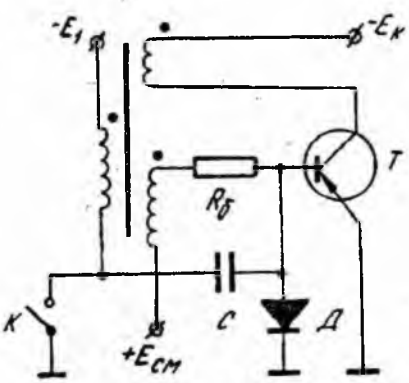


Рис. 3.

Пока сердечник ненасыщен, положительный импульс напряжения, наведенный на обмотке обратной связи во время записи, обеспечивает определенный уровень тока, проходящего через диод $Д$. Импульса тока, протекающего через емкость C после окончания записи, оказывается недостаточно для рассасывания заряда диода $Д$. В последнем интервале записи происходит насыщение сердечника, напряжение на обмотке обратной связи уменьшается и импульс тока через емкость C обеспечивает открывание транзистора. Верхний предел частоты входного сигнала магнитного накопительного элемента может быть доведен до нескольких сотен килогерц, число состояний — до 10 и более.

Магнитные накопительные элементы нашли применение в программных устройствах, элементах выдержки времени, различного рода делителях частоты и т. д. [2]. Однако использованию их в схемах многозначной цифровой техники препятствует как отсутствие инженерных методов синтеза основных узлов на многоустойчивых элементах и функционально полных систем логических элементов на магнитных накопительных схемах, так и ряд недостатков, присущих последним, в частности отсутствие достаточно эффективных схемных решений и динамического состояния для магнитных многоустойчивых элементов.

Многоустойчивые элементы — спектротрон и фазоимпульсный элемент обладают статическими и динамическими признаками состояний. Применение фазо-импульсных многоустойчивых элементов более перспективно, так как фаза последовательности импульсов относительно опорной последовательности практически не зависит от дестабилизирующих факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. П. Сигорский, А. С. Ситников, Л. Л. Утяков. Многоустойчивые элементы дискретной техники. Изд-во «Энергия», 1966.
2. Р. А. Липман. Магнитные накопительные счетчики. Изд-во «Енергия», 1967.
3. Ю. А. Василенко, Н. Я. Какурин. Реализация функционально полных систем в десятизначной логике. Сб. «Приборы и системы автоматики», вып. 5. Изд-во Харьковск. ун-та, 1967.

О РЕАЛИЗАЦИИ СИММЕТРИЧНЫХ ФУНКЦИЙ МИНИМАЛЬНОЙ ПОРОГОВОЙ СЕТЬЮ

В. Л. Белявский, Ю. А. Василенко, Н. Я. Какурин
Харьков

Булева функция $f(x_1, \ldots, x_n)$ называется симметричной, если ее значение не изменяется при любой перестановке аргументов. Симметричная функция обладает следующими свойствами [1].

Определение 1. Если совершенная дизъюнктивная форма (с. д. н. ф.) симметричной функции от n переменных содержит конституенту единицы, в которую m переменных $(0 \leqslant m \leqslant n)$ входят с отрицанием, то она содержит и все другие конституенты единицы, обладающие тем же свойством.

Среди произвольных симметричных функций выделяют базовые симметричные и монотонные симметричные функции.

Определение 2. Базовые симметричные функции — это булевы функции, у которых все конституенты единицы, составляющие с. д. н. ф. данной функции, получаются из одной какой-либо конституенты путем всевозможных перестановок переменных.

Базовая симметричная функция однозначно определяется двумя параметрами: числом переменных n и числом переменных k, входящих в какую-либо конституенту единицы с. д. н. ф. в неинверсном виде (k называется индексом или рабочим числом базовой симметричной функции). Так, $S_k^n(x_1, \ldots, x_n)$ — базовая симметричная функция переменных с индексом k. Любому числу переменных n соответствует ровно $n+1$ базовых симметричных функций

$$S_0^n, S_1^n, \ldots, S_n^n. \tag{1}$$

Условимся обозначать через $S^n_{k_1, k_2 \ldots, k_m}(x_1, \ldots, x_n)$ симметричную булеву функцию n переменных, представленную в виде дизъюнкции базовых симметричных булевых функций

$$S_{k_1}^n, S_{k_2}^n, \ldots, S_{k_m}^n. \tag{2}$$

Константы нуля и единицы выражаются следующим образом:

$$S^n_{0,\,1,\,2,\ldots,\,n} \equiv 1, \quad S_\Phi^n \equiv 0, \tag{3}$$

где Ф — пустое множество переменных.