

ПОСТРОЕНИЕ ВЫСОКОНАДЕЖНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНЫХ УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММИРУЕМЫХ СТРУКТУР

Рассматривается принцип построения высоконадёжных последовательностных устройств с произвольным порядком смены состояний. Представлена структура универсального узла, использующего в цепи обратной связи запоминающее устройство.

Ключевые слова: последовательностное устройство, счётчик, регистр, запоминающее устройство, сбой, самовосстановление.

Для построения высоконадёжных цифровых систем обработки сигналов и управления процессами требуются цифровые устройства устойчиво работающие в условиях помех. Если комбинационная схема возвращается в исходное состояние после прекращения воздействия помехи, то последовательностные узлы (автоматы с памятью) таким свойством не обладают. В их работе могут возникать сбои двух видов: первый — пропуск состояний, то есть переход из рабочего в рабочее минуя промежуточные, второй — переход в нерабочее, сбойное состояние.

Сбои первого вида могут происходить, если количество возможных и рабочих состояний устройства совпадают, то есть любое возможное является рабочим. Сбои и первого и второго видов возможны в устройствах, у которых число возможных состояний превышает количество рабочих.

Например, в четырехразрядном кольцевом счетчике комбинация 0110 является одной из возможных для системы из четырех триггеров, но не относится к числу рабочих — 0001–0100–0010–1000. Аналогичная ситуация наблюдается в счётчиках с недвоичным модулем счёта. Некоторые варианты таких последовательностных устройств обладают свойством самовосстановления, то есть при возникновении сбоя, в следующем такте или через несколько шагов они переходят в рабочий режим, у других же происходит закливание в сбойных состояниях.

В [1, 2] описаны способы и варианты построения схем с самовосстановлением. Первый способ заключается во введении анализатора состояний системы и принудительном переводе её в рабочее при возникновении сбоя. Особенностью данного подхода является то, что восстановление может происходить в текущем такте. При втором подходе функции, описывающие состояние системы после переключения, определяются на всех возможных комбинациях выходных сигналов. Переход из состояния сбоя в рабочее может быть задан относительно произвольным образом и он будет реализован в следующем такте. Третий подход подразумевает модификацию функций, описывающих управляющие сигналы триггеров, входящих в состав последовательностного устрой-

ства, так, чтобы они зависели от состояний всех его разрядов. В этом случае самовосстановление может занять несколько тактов.

При использовании любого из подходов схема конкретного устройства с самовосстановлением получается уникальной.

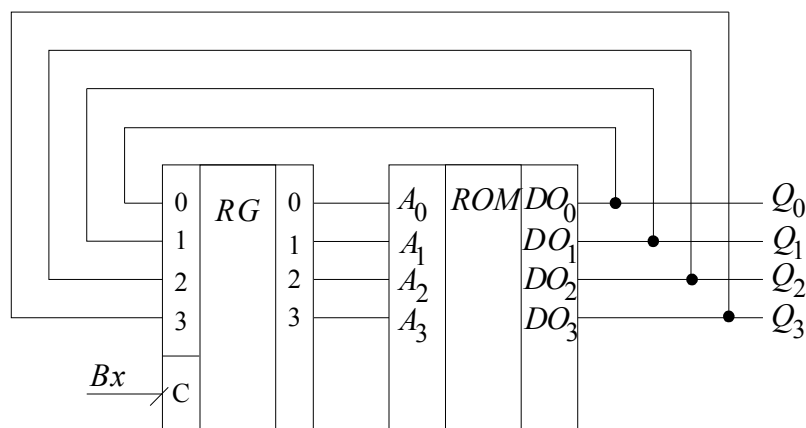


Рис. 1. Структура программируемого последовательного устройства

В тоже время, при проектировании высоконадежных цифровых узлов на ПЛИС и в ряде других случаев, удобно иметь единую в схемотехническом отношении структуру с минимальным интервалом самовосстановления и возможностью управления её свойствами, в частности путём программирования.

Вариант такой структуры представлен на рис. 1. Она содержит параллельный регистр (RG), синхронизируемый фронтом и постоянное запоминающее устройство (ROM). При поступлении очередного тактирующего импульса на вход синхронизации RG, данные ROM, соответствующие текущему состоянию устройства, фиксируются в разрядах регистра. Они являются адресом ячейки, которая будет выбрана в следующем такте и в которую заносится следующее состояние проектируемого устройства.

Адрес				Данные			
A_3	A_2	A_1	A_0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1
остальные				0	0	0	1

Рис. 2. Таблица соответствия адресов и данных для реализации кольцевого счётчика

Пусть, к примеру, требуется реализовать четырёхразрядный распределитель импульсов (кольцевой счётчик) с последовательностью смены состояний

0001–0100–0010–1000. В этом случае таблица, описывающая содержимое памяти, будет иметь вид, представленный на рис.2. Если в процессе работы на выходе регистра возникает сбойная комбинация, то считывание будет производиться из ячейки, в которой записана одна из правильных и нормальное функционирование устройства восстановится. При возникновении сбоя в момент считывания из ROM, восстановление произойдет в следующем такте.

Если в ячейки ROM занести данные в соответствии с таблицей (рис. 3), то устройство с той же структурой будет выполнять функции счётчика Джонсона. При этом для всех сбойных комбинаций можно задать переход либо в одно рабочее состояние, например 0000, либо в рабочие ближайшие к сбойному. К примеру 0110→0111, либо 0110→1110.

Адрес				Данные			
A_3	A_2	A_1	A_0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
остальные				0	0	0	0

Рис. 3. Таблица соответствия адресов и данных для реализации счётчика Джонсона

Таким образом, используя параллельный регистр и запоминающее устройство соответствующего объёма, можно реализовать универсальный последовательностный узел с любым алгоритмом смены состояний, обладающий свойствами самовосстановления. Если в качестве запоминающего устройства использовать перепрограммируемую или оперативную память, то алгоритм работы такого узла можно оперативно менять при сохранении свойства самовосстановления.

Кроме того, так как в отличие от типовых счетчиковых структур, триггера, входящие в состав параллельного регистра, не связаны друг с другом по информационным входам и выходам, то вероятность возникновения цепочек сбойных комбинаций в параллельном регистре и в предложенном узле меньше, чем в счетчиках и регистрах сдвига. Это является дополнительным фактором повышения надёжности функционирования предложенного устройства.

Литература

1. Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника: Учеб. Пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ — Петербург, 2005. 800 с.: ил.
2. Лёхин С. Н. Схемотехника ЭВМ. СПб.: БХВ — Петербург, 2010. 672 с.: ил.

BUILDING HIGHLY RELIABLE SEQUENTIAL DEVICES USING SOFT STRUCTURES

The principle of building highly reliable sequential devices with an arbitrary order of changing the state is considered. The structure of universal unit which uses a memory device in feedback circuit is given.

Keywords: sequential device, counters, registers, memory, failure, self-restoration.

Лёхин Сергей Никифорович — декан факультета информатики ФГБОУ ВПО ПсковГУ,
канд. техн. наук, доцент.
E-mail: slyokhin@gmail.com