

**О САМОДИАГНОСТИКЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ
МЕТОДОМ КОНТРОЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСОВ**

Н. П. БАЙДА

(Представлена научным семинаром кафедры вычислительной техники)

Большинству распространенных методов аппаратурного и программного контроля в большей или меньшей степени свойственны такие недостатки при организации сквозного контроля сложных цифровых устройств (ЦУ), как высокая стоимость контроля, большое время локализации неисправностей и неполный контроль устройств.

Метод контроля последовательности импульсов, предложенный в работе [1] для периодического самоконтроля (ЦУ) и рассмотренный в [2] в качестве основного метода для периодической проверки ЦВМ, свободен от указанных недостатков, однако не нашел еще должного применения в инженерной практике.

В настоящей работе рассматриваются вопросы усовершенствования метода контроля последовательности импульсов и его использования для непрерывной самодиагностики цифровых устройств, осуществляемой в процессе функционирования объекта.

Суть излагаемого метода заключается в том, что в процессе самоконтроля ЦУ проверяется правильность следования его состояний, представленных для контроля в виде неперекрывающихся импульсов. При любом отклонении в текущей последовательности импульсов от эталонной производится останов работы объекта, а в результате анализа места останова в последовательности состояний устанавливается причина неисправности.

В режиме периодической проверки объекта система контроля заставляет устройство выполнять заданную последовательность операций по сигналу «включение самоконтроля», который может быть выдан вручную или автоматически по заданной программе. При такой организации контроля не обнаруживаются случайные сбои, возникающие в процессе выполнения рабочего алгоритма.

В режиме непрерывной проверки объекта система контроля следит за правильностью следования состояний устройства в процессе его функционирования по основной программе и вырабатывает сигнал ошибки при появлении как отказов, так и сбоев.

С достаточной для практики вероятностью обнаружения и точностью локализации неисправностей можно проверять правильность следования не всех, а наиболее характерных (ключевых) состояний. Однако задача выбора наилучшей для контроля последовательности состояний является весьма сложной, и ее целесообразно решать с применением цифрового моделирования [3].

Во многих случаях целесообразно разбивать контролируемую последовательность импульсов $C = \{c_1, \dots, c_k\}$ на две группы:

нечетную

$$C_{\text{н}} = c_1 \vee c_3 \vee \dots \vee c_{2n-1}$$

и четную

$$C_{\text{ч}} = c_2 \vee c_4 \vee \dots \vee c_{2n},$$

где

$$2n \leq k.$$

Функциональная схема соответствующего устройства для контроля последовательности импульсов, обладающего повышенной помехоустойчивостью по сравнению с описанным в работах [1, 2], приведена на рис. 1 [4]. Оно содержит многоходовые схемы ИЛИ 1 и 2 для сборки четных $C_{\text{ч}}$ и нечетных $C_{\text{н}}$ контролируемых импульсов, соответственно, схему ИЛИ 3, триггер со счетным входом 4, элементы задержки 5, 6 на время переходных процессов в триггере и схеме ИЛИ 3 и схему сравнения 7, вырабатывающую сигнал ошибки y по формуле:

$$y = \bar{T} C_{3\text{н}} \vee T_{3\text{ч}},$$

где $C_{3\text{н}}$ — задержанный сигнал $C_{\text{н}}$,
 $C_{3\text{ч}}$ — задержанный сигнал $C_{\text{ч}}$.

При нормальном чередовании контролируемых импульсов сигналы $C_{\text{н}}$ устанавливают триггер 4 в состояние 1, а сигналы $C_{\text{ч}}$ перебрасывают его в состояние 0. Сигнала ошибки в этом случае не возникает. При выпадении какого-либо импульса из контролируемой последовательности происходит нарушение чередования импульсов $C_{\text{н}}$ и $C_{\text{ч}}$, и на выходе схемы сравнения возникает сигнал ошибки.

Рассмотренное устройство позволяет обнаруживать пропускание любого нечетного числа следующих подряд импульсов, а также одновременное появление двух и более импульсов, принадлежащих к различным группам четности.

В некоторых конкретных случаях оказывается целесообразнее разбивать общее количество контролируемых импульсов не на две, а на три группы. Причем, соответствующий анализ показал, что разбивка контролируемых импульсов на число групп более трех приводит к резкому увеличению объема контрольного оборудования и снижению эффективности контроля.

Для контроля последовательности импульсов, количество которых кратно трем, полезно использовать схему, приведенную на рис. 2 [5].

Данное устройство содержит многоходовые схемы ИЛИ 1-3 для сборки контролируемых импульсов, триггеры с отдельными входами

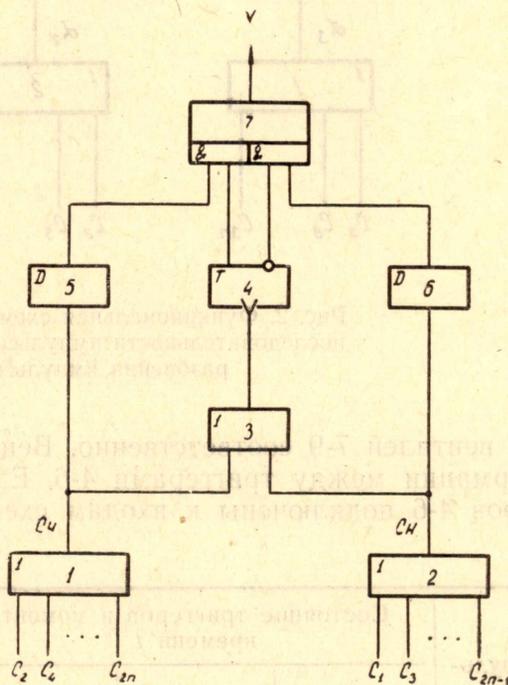


Рис. 1. Функциональная схема устройства для контроля последовательности импульсов, использующего принцип разбиения импульсов на две группы

4-6, вентили переписи информации между триггерами 7-9 и схему сравнения 10. Триггеры 4-6 и вентили 7-9 образуют трехтактный кольцевой сдвигающий регистр (ТКР).

На выходах схем ИЛИ 1-3 формируются сигналы сборок контролируемых импульсов α_3 — α_1 , которые подаются на стробирующие вхо-

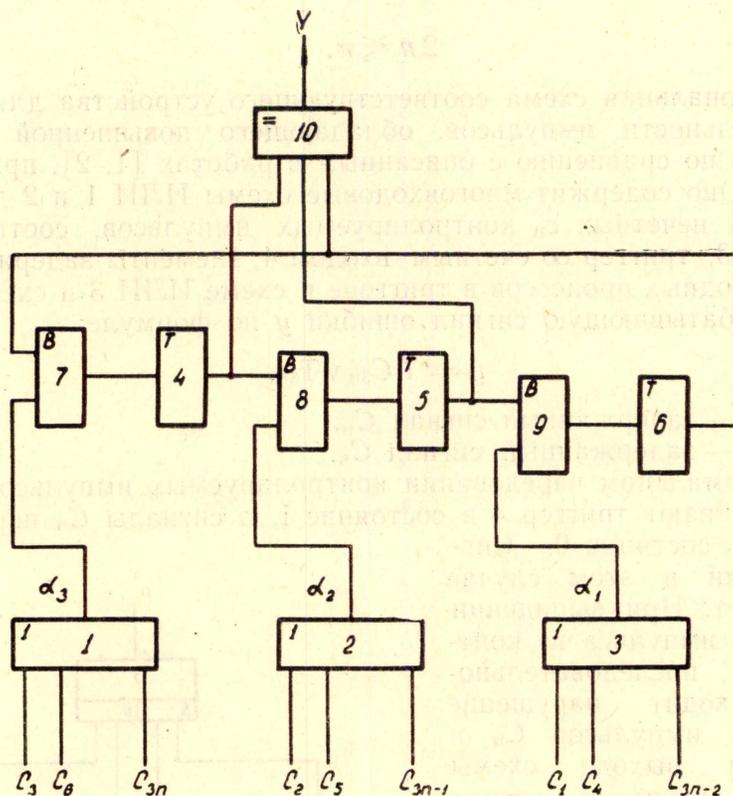


Рис. 2. Функциональная схема устройства для контроля последовательности импульсов, использующего принцип разбиения импульсов на три группы

ды вентилях 7-9 соответственно. Вентили 7-9 служат для переписи информации между триггерами 4-6. Единичные и нулевые выходы триггеров 4-6 подключены к входам схемы сравнения 10.

Таблица

Импульсы	Состояние триггеров в момент времени t			Состояние триггеров в момент времени $t+1$		
	4	5	6	4	5	6
c_1	0	1	0	0	1	1
c_2	0	1	1	0	0	1
c_3	0	0	1	1	0	1
c_4	1	0	1	1	0	0
c_5	1	0	0	1	1	0
c_6	1	1	0	0	1	0
c_7	0	1	0	0	1	1

В исходном состоянии триггеры ТКР 4, 5, 6 находятся в состоянии 0, 1, 0 соответственно. При нормальном чередовании контролируемых импульсов состояния триггеров 4-6 изменяются в соответствии с таблицей.

Сигнала ошибки в этом случае не возникает. При выпадении какого-либо импульса из контролируемой последовательности или при одновременном появлении двух импульсов, принадлежащих к различным группам, триггеры 4-6 устанавливаются в одинаковые состояния (0 или 1), и схема сравнения 10 вырабатывает сигнал ошибки

$$y = T_4 T_5 T_6 \vee \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6.$$

Предлагаемое устройство позволяет также в некоторых случаях обнаруживать одновременное появление трех и более импульсов с задержкой в несколько тактов и обладает повышенной эффективностью контроля по сравнению с известными устройствами за счет обнаружения кратных неисправностей.

Рассмотренный метод был использован в качестве основного при организации сквозного непрерывного контроля работоспособности цифровой информационной системы, содержащей около 1500 логических элементов ИЕ — ИЛИ в интегральном исполнении. Объем контрольного оборудования составил примерно 20% от объема основного оборудования. Разработанная аппаратура встроенного контроля позволяет также осуществлять быструю локализацию неисправностей в системе с точностью до взаимозаменяемого узла. Испытания системы показали высокую эффективность изложенного метода самоконтроля. Наиболее целесообразно использовать предложенные схемные решения для построения таких устройств с самодиагностикой в процессе функционирования, как генераторы синхроимпульсов, распределители импульсов, местные блоки управления, программные блоки и блоки управления специализированных и универсальных ЭЦВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Фред. Автоматический контроль оборудования и обнаружение мест неисправностей на основе метода самопроверки. Экспресс — информация. «Вычислительная техника», 1963, № 24.
2. Автоматизация радиоизмерений. Под редакцией В. П. Балашова. М., «Советское радио», 1966.
3. Н. П. Байда, Л. А. Лядункина, В. М. Разин. Исследование цифровых устройств с аппаратурным контролем методом цифрового моделирования. Известия ЛЭТИ, вып. 118, часть 1. Л., 1972.
4. Н. П. Байда. Устройство для контроля последовательности импульсов. Авторское свидетельство № 337782. Бюллетень изобретений, 1972, № 15.
5. Н. П. Байда, В. Е. Блюдов. Устройство для контроля последовательности импульсов. Авторское свидетельство № 374558. Бюллетень изобретений, 1973, № 15.