

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ С АППАРАТУРНЫМ КОНТРОЛЕМ НА ЯЗЫКЕ ЛЯПАС

Н. П. БАЙДА, Л. А. ЛЯДУНКИНА, В. М. РАЗИН

(Представлена научным семинаром кафедры вычислительной техники)

Составной частью проблемы автоматизации проектирования схем аппаратного контроля (АК) цифровых устройств (ЦУ) [1] является задача автоматизации анализа и оценки качества разработанных схем контроля, которую целесообразно решать с применением языка ЛЯПАС [2]. В [3] были рассмотрены общие вопросы моделирования ЦУ на языке ЛЯПАС с целью проверки работоспособности устройства, а в [4] — вопросы моделирования комбинационных ЦУ с АК на языке ЦВМ БЭСМ-4 с целью оценки эффективности и достоверности контроля. Настоящая статья посвящена моделированию как комбинационных, так и последовательностных ЦУ с АК с целью определения количественных показателей, критериев эффективности и достоверности контроля.

В качестве исследуемых ЦУ были взяты известные схемы двоичного дешифратора (ДШ) [4], счетчика [5] и распределителя импульсов [6] с АК. Моделирование производилось по принципиальным и функциональным схемам устройств (рис. 1—3) в соответствии с обобщенной блок-схемой программ (рис. 4). На чертежах введены следующие условные обозначения:

B — диодно-конденсаторный вентиль (рис. 2), пропускающий на схему ИЛИ продифференцированные импульсы только одной полярности; t , u — кратности неисправностей соответственно в основной схеме и схеме контроля; h — номер входного набора в комплексе входных сигналов C (B_2 — мощность этого комплекса); q — вектор ошибок, получаемый с помощью оператора «генератор сочетаний» и состоящий из n единиц и $m-n$ нулей (n — кратность неисправности, m — число элементов схемы).

При моделировании ЦУ с АК учитывались неисправности двух типов: отказы и сбои. Сбои всех элементов, кроме триггера, моделировались инверсией выходного сигнала, а сбой триггера — путем несрабатывания или ложного срабатывания в определенные моменты времени. Модель триггера с неисправностями представляется оператором:

$$\begin{array}{c} \underline{165} \quad \underline{0} \quad \underline{0} \\ \S \circ \underline{A_x} \wedge 77 \Rightarrow \underline{c} \quad \underline{c} - 22 \circ \rightarrow 6 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \S 1 \quad & c_0 \vee c_1 \neg \wedge A_a \Rightarrow 11 \Rightarrow a \\
 & f_{10} + c_{26} \Rightarrow c \Rightarrow d \\
 & \underline{E}_a > 27 \Rightarrow b \quad \underline{E} > 16 \wedge c \Rightarrow c \\
 & \underline{E}_a > 5 \wedge d \Rightarrow d \quad \underline{A}_a \wedge c_{37} \neg \rightarrow 21 \quad b \Leftarrow c \\
 \S 2 \quad & \beta \wedge c_b \circ \rightarrow 3 \quad c_a \vee \beta \Rightarrow \beta \rightarrow 5 \\
 \S 3 \quad & \beta \wedge c_b \circ \rightarrow 4 \quad c_a \neg \wedge \beta \Rightarrow \beta \rightarrow 5 \\
 \S 4 \quad & \underline{d} \wedge c_d \Rightarrow a \quad \beta \neg \wedge a \circ \rightarrow 5
 \end{aligned}$$

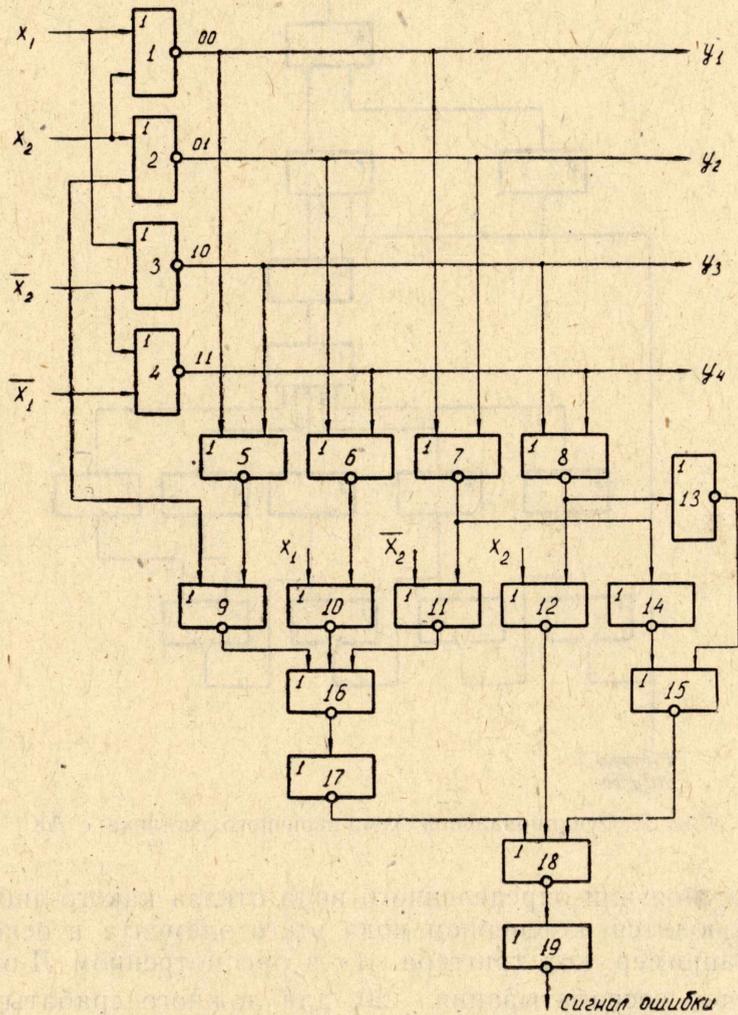


Рис. 1. Принципиальная схема дешифратора с АК.

$$\begin{aligned}
 & c_a \oplus \beta \Rightarrow \beta \\
 \S 5 \quad & \underline{c} - 2 \circ \rightarrow 6 \quad c_a \oplus \beta \Rightarrow \beta \\
 & c_a \vee \underline{d} \Rightarrow d \\
 \S 6.
 \end{aligned}$$

Этот оператор, кроме введения неисправностей, отличается от предложенного в [3] тем, что он рассматривается не обособленно, а результат его работы определяется изменением состояния других элементов

схемы. Например, в счетчике при поступлении очередного импульса на вход триггера анализируется изменение состояния предыдущего триггера. Этот анализ проводит дифцепочка (§ 4), реагирующая на изменение состояния $1 \rightarrow 0$. Здесь d — переменная, представляющая состояние схемы в предыдущий момент времени перед поступлением счетного импульса.

При несрабатывании триггера состояние схемы не меняется, управление из § 0 передается в § 6. При ложном срабатывании (§ 5) выполняется подача дополнительной единицы на счетный вход триггера.

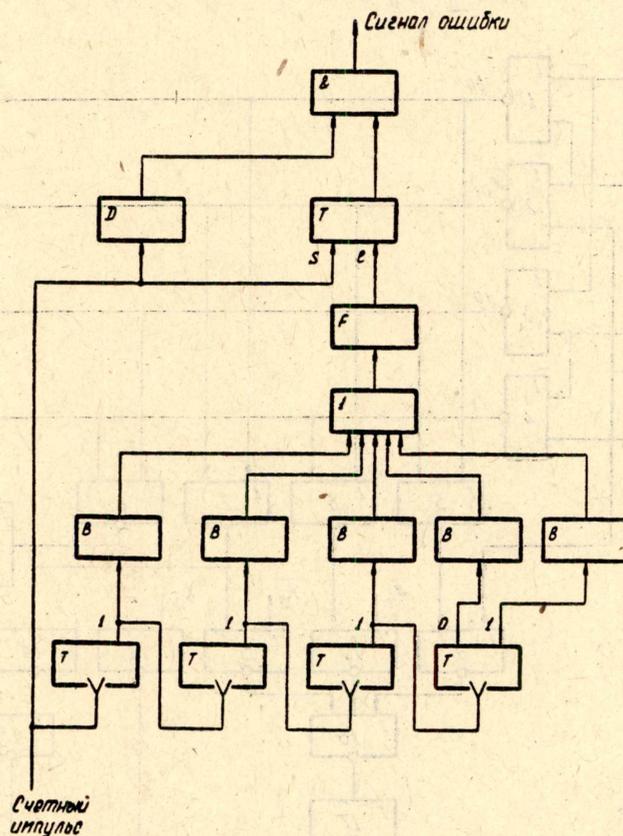


Рис. 2. Функциональная схема двоичного счетчика с АК

Задание сбоя или определенного вида отказа какого-либо элемента схемы производится изменением кода этого элемента в основном комплексе \underline{A} , например, код триггера «1» в рассмотренном Л-операторе — 22, для случая несрабатывания — 20, для ложного срабатывания — 24.

Отказы элементов задержки (ЭЗ) предполагаются 2 типов: «Г0» — генератор нуля, когда элемент постоянно имеет на выходе нулевой потенциал (код 02) и «Г1» — генератор единицы, когда элемент постоянно имеет на выходе единичный потенциал (код 03). Нормальная работа элемента задержки соответствует коду 01, а со сбоями — 04.

Для моделирования линии задержки с неисправностями используется Л-оператор:

$$\begin{aligned}
 & \underline{145} \quad \underline{0} \quad \underline{0} \\
 & \S 0 \quad c_x \vee \beta \Rightarrow \beta \quad c_0 \vee c_1 \quad \neg \wedge A_x > 6 \\
 & = \neg a A^x < 77 - 2 \circ \rightarrow 1 - 1 \circ \rightarrow 2 - 1
 \end{aligned}$$

$$\circ \rightarrow 4 - 1 \circ \rightarrow 3$$

$$\S 1 \beta \wedge c_a \rightarrow 4$$

$$\S 2 c_a \oplus \beta \rightarrow \beta \rightarrow 4$$

$$\S 3 \beta \wedge c_a \circ \rightarrow 4 \rightarrow 2$$

§ 4

Элемент «НЕ — ИЛИ» с возможными неисправностями (правильная работа соответствует коду 06, а неправильная — 07) представляется оператором:

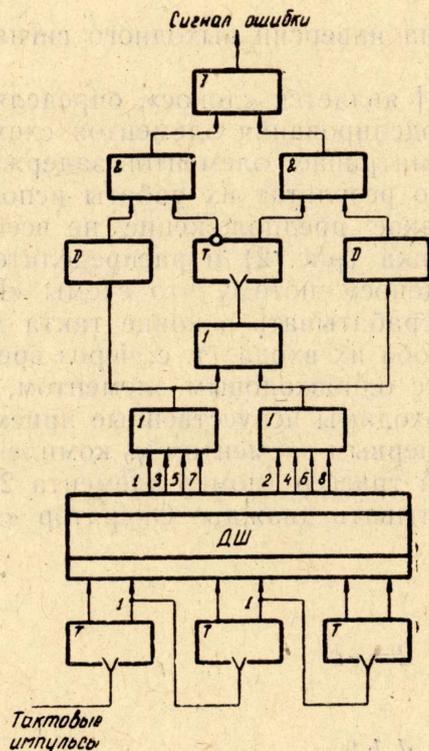


Рис. 3. Функциональная схема распределителя импульсов с АК.

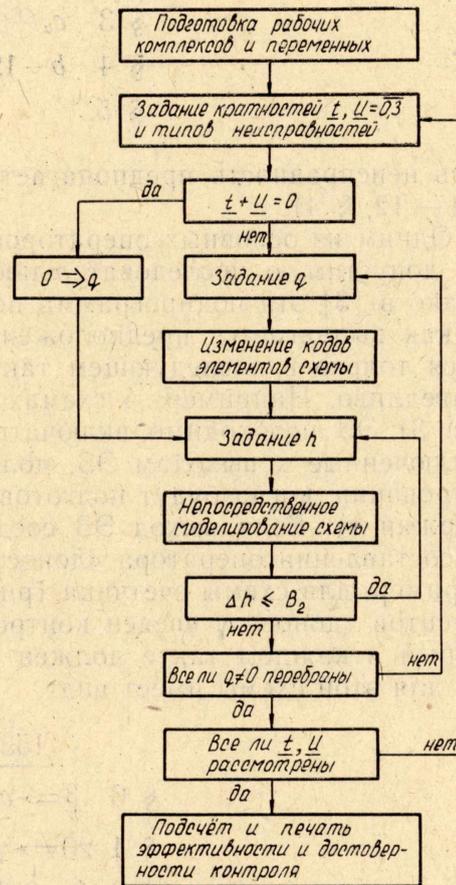


Рис. 4. Блок-схема программы моделирования ЦУ с АК.

$$\underline{156} \quad \underline{0} \quad \underline{0}$$

$$\S 0 \# 133 \alpha \underline{b} \parallel$$

$$\beta \wedge \underline{b}_1 \rightarrow 1 \quad c_a \vee \beta \rightarrow \beta$$

$$\S 1 \underline{A}_a \wedge c_{37} \circ \rightarrow 2 \quad c_a \oplus \beta \rightarrow \beta$$

§ 2.

Здесь \underline{b} — переменная, представляющая в пространстве всех узлов схемы множество узлов, соединенных со входами моделируемого элемента (находится в результате выполнения оператора «множуз» [3]).

Аналогичным образом моделируется работа со сбоями в элементах «И» и «ИЛИ», диодно-конденсаторный вентиль (рис. 2, для перехода

$0 \rightarrow I$ — код 10, $I \rightarrow 10$, код 11) представляется оператором:

$$\begin{array}{l}
 \underline{163} \quad \underline{0} \quad \underline{0} \\
 \S 0 \quad \#133 \quad \underline{a} \quad \underline{b} \parallel \quad \underline{a} \wedge \underline{b} \Rightarrow \underline{a} \\
 \underline{A_a} \wedge 77 \Rightarrow \underline{b} - 11 \circ \rightarrow 1 - 1 \circ \rightarrow 2 \\
 \rightarrow 4 \\
 \S 1 \quad \underline{a} \sqcap \wedge \underline{\beta} \circ \rightarrow 4 \rightarrow 3 \\
 \S 2 \quad \underline{\beta} \sqcap \wedge \underline{a} \circ \rightarrow 4 \rightarrow 3 \\
 \S 3 \quad \underline{c_a} \oplus \underline{\beta} \Rightarrow \underline{\beta} \\
 \S 4 \quad \underline{b} - 12 \circ \rightarrow 5 \quad \underline{c_a} \oplus \underline{\beta} \Rightarrow \underline{\beta} \\
 \S 5.
 \end{array}$$

Здесь неисправность предполагается типа инверсии выходного сигнала (код — 12, § 4).

Одним из основных операторов в [3] является «донос», определяющий допустимую последовательность моделирования элементов схемы. Однако в [3] эта подпрограмма не рассматривает элементов задержки, так как выдвигается предположение, что результат их работы используется только в последующем такте. Такое предположение не всегда справедливо. Например, в схемах счетчика (рис. 2) и распределителя (рис. 3) ЭЗ необходимо включать в «донос», потому что схемы «И», подключенные к выходам ЭЗ, должны срабатывать в конце такта моделирования, когда будут подготовлены оба их входа (т. е. через время задержки τ). Если выход ЭЗ соединен с одноходовым элементом, то при составлении оператора «донос» необходимы искусственные приемы. Например, для схемы счетчика (рис. 2) первым элементом γ_0 комплекса элементов «донос» γ введен контрольный триггер (номер элемента 20), который в каждом такте должен срабатывать дважды. Оператор «донос» для этой схемы имеет вид:

$$\begin{array}{l}
 \underline{153} \quad \underline{0} \quad \underline{0} \\
 \S 0 \quad \underline{\beta} \Rightarrow \underline{c} \Rightarrow \underline{d} \quad 2 \Rightarrow \underline{c} \\
 \S 1 \quad 20 \Rightarrow \underline{\gamma_0} \\
 \S 2 \quad \underline{d} \underline{x} \quad 3 \underline{d} \#133 \quad \underline{d} \underline{b} \parallel \\
 \underline{b} \wedge \underline{c} \rightarrow 2 \quad \underline{d} \Rightarrow \underline{\gamma_c} \Delta \underline{c} \\
 \underline{c_a} \oplus \underline{c} \Rightarrow \underline{d} \Rightarrow \underline{c} \rightarrow 2 \\
 \S 3 \quad \underline{c} \Rightarrow \underline{B} \underline{\gamma}.
 \end{array}$$

В процессе моделирования конкретных ЦУ (рис. 1—3) разработаны и другие Л-операторы, которые объединяют и дополняют описанные выше. Все они могут легко изменяться.

Полученную совокупность Л-операторов легко применить для моделирования регистров и сумматоров с АК. Благодаря иерархическому принципу программирования на ЛЯПАСе можно составлять программы для исследования схем контроля сложных ЦУ на основе имеющейся библиотеки программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. П. Байда, В. М. Разин. Автоматизация проектирования схем аппаратного контроля цифровых автоматов. Первая Всесоюзная конференция по надежному проектированию цифровых автоматов. Тезисы докладов. Киев, 1971.
2. А. Д. Чередов, В. М. Разин, Н. П. Байда. Алгоритмические языки для моделирования цифровых устройств. Известия ТПИ, т. 266, Томск, 1976.
3. А. А. Уткин. Моделирование релейных схем. В сб.: «Логический язык для представления алгоритмов синтеза релейных устройств». М., «Наука», 1966.
4. Н. П. Байда, В. И. Наплеков, А. Д. Чередов. Моделирование дешифратора с аппаратным контролем на универсальной ЦВМ. Известия ТПИ т. 266, Томск, 1976.
5. Н. П. Байда. Устройство для контроля двоичного счетчика. Инф. листок № 58—71, Томск, ЦНТИ, 1971.
6. Н. П. Байда. Устройство для контроля последовательности импульсов. Авторское свидетельство № 337 782. Бюллетень изобретений, 1972, № 15.

