

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР  
КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО  
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени С. П. КОРОЛЕВА

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНОГО  
СЧЕТЧИКА**

Лабораторная работа № 2

КУЙБЫШЕВ 1979

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР  
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНОГО СЧЕТЧИКА

Лабораторная работа № 2

Куйбышев 1979

УДК 681.3

Составитель Ю.Н. С е к и с о в

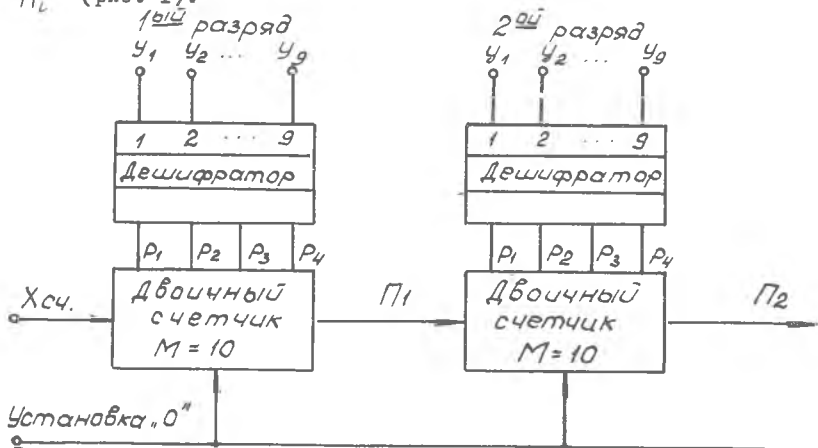
Утверждена на редакционно-издательском  
совете института 16.12.77 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНОГО СЧЕТЧИКА

Ц е л ь р а б о т ы: знакомство с работой двоично-десятичного счетчика, с синтезом цифровых автоматов.

Счетчиком называется схема для хранения числа, позволяющая увеличивать или уменьшать это число на единицу или заданную константу. В ряде случаев счетчик имеет цепи управления, обеспечивающие установку заданной величины и, в частности, нулевого состояния.

Двоично-десятичные счетчики применяются в вычислительных устройствах с десятичной системой исчисления. Каждый разряд такого счетчика формирует сигналы, соответствующие весовым коэффициентам этого разряда ( $Y_0 - Y_9$ ), и сигнал переноса в следующий разряд  $\Pi_i$  (рис. 1).



Р и с. 1. Структурная схема двоично-десятичного счетчика  
2-1850

Разряды двоично-десятичного счетчика выполняются на триггерах и представляют собой двоичный счетчик с  $M=10$ . Кодированными сигналами двоичного счетчика являются сигналы с триггеров  $Q_1$ ,  $Q_2$ , ..... В соответствии с двоично-десятичной системой счисления каждый десятичный разряд представляется четырьмя двоичными разрядами. Система кодирования может быть различной. Ее принято обозначать цифрами, соответствующими весовым коэффициентом разрядов двоичного счетчика, например: 8421, 2421 и т.д. Для получения сигналов, соответствующих десятичному коду ( $y_0 - y_9$ ), используется дешифратор (ДШ).

Счетчик представляет собой цифровой автомат, проектирование счетчиков определяется синтезом автоматов.

### Синтез цифрового автомата

Задачей структурного синтеза цифрового автомата является разработка структурной схемы устройства с учетом заданного элементного базиса, отвечающей заданному закону функционирования. Структурный синтез включает:

1. Задание цифрового автомата в виде таблиц переходов и выходов.
2. Выбор типа элементарного автомата.
3. Кодирование внутренних состояний, входных и выходных сигналов.
4. Определение функций возбуждения элементарных автоматов.
5. Минимизация функций возбуждения.
6. Построение схемы автомата в заданном элементном базисе.

Рассмотрим перечисленные этапы на примере.

Автомат задан в виде таблиц переходов и выходов (табл. I, табл. 2)

Таблица I

Вх. сигн.	Состояние			
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
X1	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_1$
X2	$a_3$	$a_4$	$a_1$	$a_2$
X3	$a_4$	$a_1$	$a_2$	$a_3$

Таблица 2

Вх. сигн.	Состояние			
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
X1	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
X2	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_3$
X3	$y_3$	$y_4$	$y_2$	$y_2$

Здесь  $a$  - состояние заданного автомата;  $y$  - выходной сигнал автомата.

Выбор элементарного автомата. В качестве элементарного автомата используются Т, D, R-S, J-K - триггеры. Выберем D - триггер и зададим его таблицей истинности (табл. 3).

Таблица 3

$u$	$Q$	$Q(t+1)$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Таблица 4

$a$	$Q_1$	$Q_2$
$a_1$	0	0
$a_2$	0	1
$a_3$	1	0
$a_4$	1	1

Таблица 5

$x$	$z_1$	$z_2$
$x_1$	0	1
$x_2$	1	0
$x_3$	1	1

Таблица 6

$y$	$P_1$	$P_2$
$y_1$	0	0
$y_2$	0	1
$y_3$	1	0
$y_4$	1	1

Здесь  $u$  - входной сигнал элементарного автомата;  $Q$  - состояние автомата;  $t$  - автоматное время.

Кодирование состояний и сигналов. Внутренние состояния заданного автомата кодируются через состояния элементарных автоматов. Число элементарных автоматов должно удовлетворять условию  $N_{\text{авт}} \ll 2^n$ , где  $N_{\text{авт}}$  - число внутренних состояний заданного автомата,  $n$  - число элементарных автоматов.

Для рассматриваемого примера  $N_{\text{авт}}=4$ , следовательно, число элементарных автоматов  $n = 2$ . Результаты кодирования представляются в виде таблицы (табл. 4). Здесь  $Q$  - внутреннее состояние элементарных автоматов.

Аналогично кодируются входные и выходные сигналы. Входных сигналов заданного автомата ТРИ.

Для их кодирования необходимо иметь два символа, а для передачи в автомат два входа  $z_1$  и  $z_2$ . Кодирование представлено табл. 5.

Выходных сигналов четыре, для их кодирования достаточно двух символов, а для выдачи - двух выходов  $P_1$  и  $P_2$  (табл. 6). В ряде случаев при числе выходных сигналов, равном числу внутренних со-

стояний автомата, в качестве выходных сигналов, могут быть использованы сигналы с элементарных автоматов.

Определение функций возбуждения элементарных автоматов.

На основе табл. 1,3,4,5 строится кодированная таблица переходов и функций возбуждения элементарных автоматов (табл. 7).

Таблица 7

$x$	Входные сигналы		Состояние заданного автомата $a$	Состояния элементарных автоматов				Входной сигнал элементарного автомата	
	$z_1$	$z_2$		$t$		$t+1$			
				$q_1$	$q_2$	$Q_1$	$Q_2$	$u_1$	$u_2$
$x_1$	0	1	$a_1$	0	0	0	1	0	1
	0	1	$a_2$	0	1	1	0	1	0
	0	1	$a_3$	1	0	1	1	1	1
	0	1	$a_4$	1	1	0	0	0	0
$x_2$	1	0	$a_1$	0	0	1	0	1	0
	1	0	$a_2$	0	1	1	1	1	1
	1	0	$a_3$	1	0	0	0	0	0
	1	0	$a_4$	1	1	0	1	0	1
$x_3$	1	1	$a_1$	0	0	1	1	1	1
	1	1	$a_2$	0	1	0	0	0	0
	1	1	$a_3$	1	0	0	1	0	1
	1	1	$a_4$	1	1	1	0	1	0

На основе табл. 2,3,5,6 строится кодированная таблица выходов (табл. 8).

По табл. 7 и 8 находим логические функции для функций возбуждения элементарных автоматов и для комбинационных схем, формирующих выходные сигналы (рис. 2):

Таблица 8

Входной сигнал автомата			Состояния автомата	Состояния элементарного автомата		Выходные сигналы		
						автомата	кодированные	
$x$	$z_1$	$z_2$	$a$	$Q_1$	$Q_2$	$y$	$p_1$	$p_2$
$x_1$	0	1	$a_1$	0	0	$y_1$	0	0
	0	1	$a_2$	0	1	$y_2$	0	1
	0	1	$a_3$	1	0	$y_3$	1	0
	0	1	$a_4$	1	1	$y_1$	1	1
$x_2$	1	0	$a_1$	0	0	$y_2$	0	1
	1	0	$a_2$	0	1	$y_3$	1	0
	1	0	$a_3$	1	0	$y_1$	0	0
	1	0	$a_4$	1	1	$y_3$	1	0
$x_3$	1	1	$a_1$	0	0	$y_3$	1	0
	1	1	$a_2$	0	1	$y_1$	0	0
	1	1	$a_3$	1	0	$y_2$	0	1
	1	1	$a_4$	1	1	$y_2$	0	1

$$u_1 = \bar{z}_1 z_2 \bar{Q}_1 Q_2 + \bar{z}_1 z_2 Q_1 \bar{Q}_2 + z_1 \bar{z}_2 \bar{Q}_1 \bar{Q}_2 + z_1 \bar{z}_2 \bar{Q}_1 Q_2 + z_1 z_2 \bar{Q}_1 \bar{Q}_2 + z_1 z_2 Q_1 Q_2, \quad (1)$$

$$u_2 = \bar{z}_1 z_2 \bar{Q}_1 Q_2 + \bar{z}_1 z_2 Q_1 \bar{Q}_2 + z_1 \bar{z}_2 \bar{Q}_1 Q_2 + z_1 \bar{z}_2 Q_1 \bar{Q}_2 + z_1 z_2 \bar{Q}_1 \bar{Q}_2 + z_1 z_2 Q_1 Q_2, \quad (2)$$

$$p_1 = \bar{z}_1 z_2 Q_1 \bar{Q}_2 + \bar{z}_1 z_2 Q_1 Q_2 + z_1 \bar{z}_2 \bar{Q}_1 Q_2 + z_1 \bar{z}_2 Q_1 Q_2 + z_1 z_2 \bar{Q}_1 \bar{Q}_2, \quad (3)$$

$$p_2 = \bar{z}_1 z_2 \bar{Q}_1 \bar{Q}_2 + \bar{z}_1 z_2 Q_1 \bar{Q}_2 + z_1 \bar{z}_2 \bar{Q}_1 Q_2 + z_1 z_2 \bar{Q}_1 \bar{Q}_2 + z_1 z_2 Q_1 Q_2. \quad (4)$$

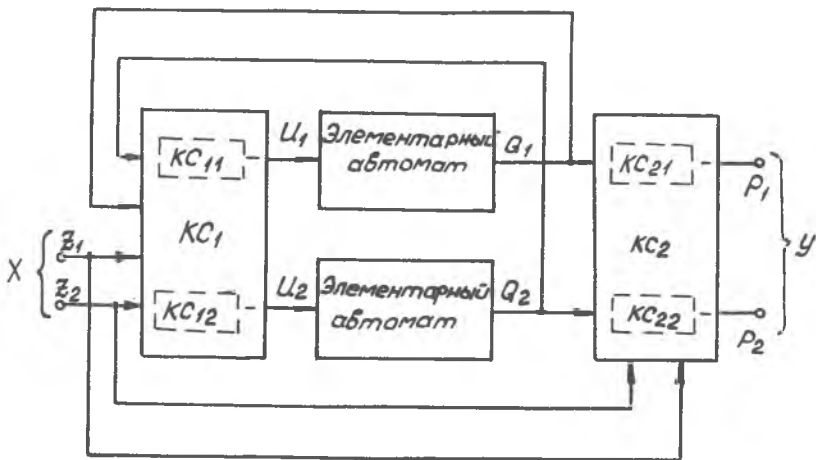
Выражения 1-4 минимизируются и на их основе строится схема цифрового автомата (рис. 3):

$$u_1 = z_1 z_2 Q_1 Q_2 + \bar{z}_1 \bar{z}_2 \bar{Q}_1 Q_2 + \bar{z}_1 z_2 Q_1 \bar{Q}_2 + z_1 \bar{Q}_1 \bar{Q}_2 + z_1 \bar{z}_2 \bar{Q}_1,$$

$$u_2 = z_2 \bar{Q}_2 + z_1 \bar{z}_2 Q_2, \quad p_1 = \bar{z}_1 z_2 Q_1 Q_2 + z_1 z_2 \bar{Q}_1 Q_2 + z_1 \bar{z}_2 Q_1 + z_1 \bar{z}_2 Q_2,$$

$$p_2 = \bar{z}_1 z_2 Q_1 + z_1 \bar{z}_2 \bar{Q}_1 + z_2 Q_1 Q_2.$$





Р и с. 2. Структура цифрового автомата

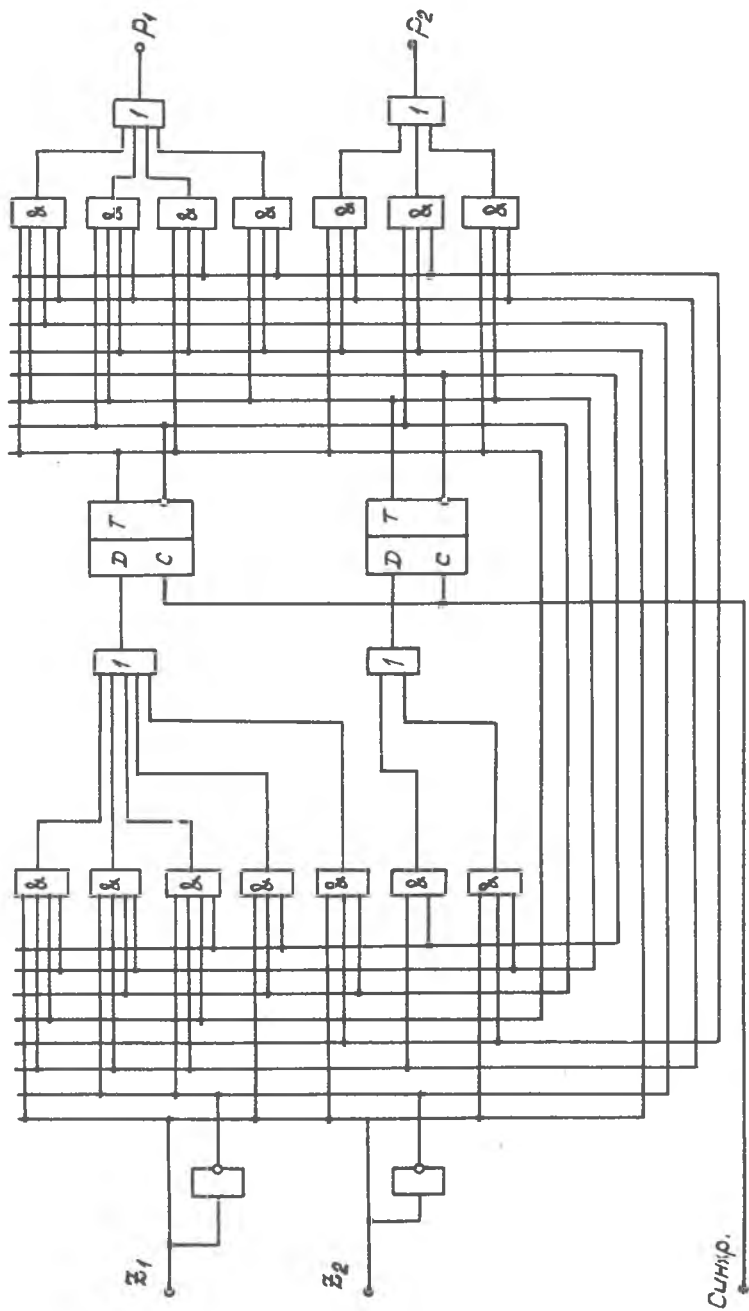
### П о р я д о к   в ы п о л н е н и я   р а б о т ы

1. Спроектировать функционально-логическую схему одного разряда двоично-десятичного счетчика. Тип триггеров, система кодирования и номера используемых для кодирования комбинаций состояний триггеров задаются преподавателем.

Счетчик должен иметь шину установки "нуля", сигнал управления "Установка нуля" задается с помощью переключателя. Сигналы элементарных автоматов (триггеров) и сигнал переноса контролируются с помощью индикационных ламп.

Счетные импульсы  $X_{сч}$  подавать на синхронные входы триггеров с формирователя одиночных импульсов. Следовательно, комбинационная схема  $KC_1$  формирует сигналы возбуждения лишь под действием сигналов с триггеров  $Q$ , а  $KC_2$  отсутствует. Кодированными сигналами являются сигналы с выходов триггеров  $Q$ , выходные сигналы счетчика  $y_0 - y_9$  формируются с помощью дешифратора.

2. Собрать схему на элементном базисе стенда, отладить, составить таблицу истинности.



Р и с. 3. Электрическая принципиальная схема цифрового автомата

## С о д е р ж а н и е   о т ч е т а

I. Результаты выполнения этапов синтеза двоично-десятичного счетчика, включая задание, структурную схему двоично-десятичного счетчика, таблицы, логические выражения, синтезируемую схему одного разряда счетчика в системе элементов И, ИЛИ, НЕ, схему в системе элементов стэнда.

## К о н т р о л ь н ы е   в о п р о с ы

1. Классификация счетчиков и краткая характеристика видов счетчиков.
2. Основные характеристики счетчиков.
3. Системы счисления.
4. Цифровые автоматы. Этапы синтеза цифровых автоматов.

## Л и т е р а т у р а

1. П о с п е л о в Д.А. Арифметические основы вычислительных машин дискретного действия. М., "Высшая школа", 1970.
2. К а г а н Б.М., К а н е в с к и й М.М. Цифровые вычислительные машины и системы. М., "Энергия", 1974.
3. В а в и л о в Е.Н., П о р т н о й Г.Н. Синтез схем электронных цифровых машин. М., "Советское радио", 1963.

Составитель Юрий Николаевич Секисов

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНОГО СЧЕТЧИКА

Лабораторная работа № 2

Редактор Н.В. Касаткина

Техн. редактор Н.М. Каленюк

Корректор С.С. Рубан

Подписано в печать 11.3.79г. Формат 60x84 1/16.

Бумага белая оберточная. Печать оперативная.

Усл.п.л. 0,7. Уч.-изд.л. 0,6. Тираж 500 экз.

Заказ № 1850 . Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт им. С.П.Королева, г.Куйбышев,  
ул. Молодогвардейская, 151.

Областная типография им. В.И. Мяги, г.Куйбышев,  
ул. Венцека, 60.