

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ильшат Ринатович Мухаметзянов

Должность: директор

Дата подписания: 13.07.2023 14:34:25

Уникальный идентификатор:

aba80b84033c9ef196388e9ea0434f90a87a40954ba270e84bche64f02d1d8d0

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Казанский национальный исследовательский технический**

**университет им. А.Н. Туполева-КАИ»**

**(КНИТУ-КАИ)**

**Чистопольский филиал «Восток»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

по дисциплине

**СХЕМОТЕХНИКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

Индекс по учебному плану: **Б1.В.10**

Направление подготовки: **12.03.01 Приборостроение**

Квалификация: **Бакалавр**

Профиль подготовки: **Приборостроение**

Вид профессиональной деятельности: **проектно-конструкторская,  
производственно-технологическая**

Рекомендовано УМК ЧФ КНИТУ-КАИ

Чистополь

2023 г.

## Практическое занятие №1

### Расчет и проектирование узлов цифровых устройств: устройство временной привязки, формирователь интервалов времени

#### 1. Устройство временной привязки (УВП)

УВП привязывает сигнал  $\alpha_x$  к фронтам опорной частоты  $\alpha_0$ . УВП реализуется на D-триггере, например на базе микросхемы К561ТМ2.

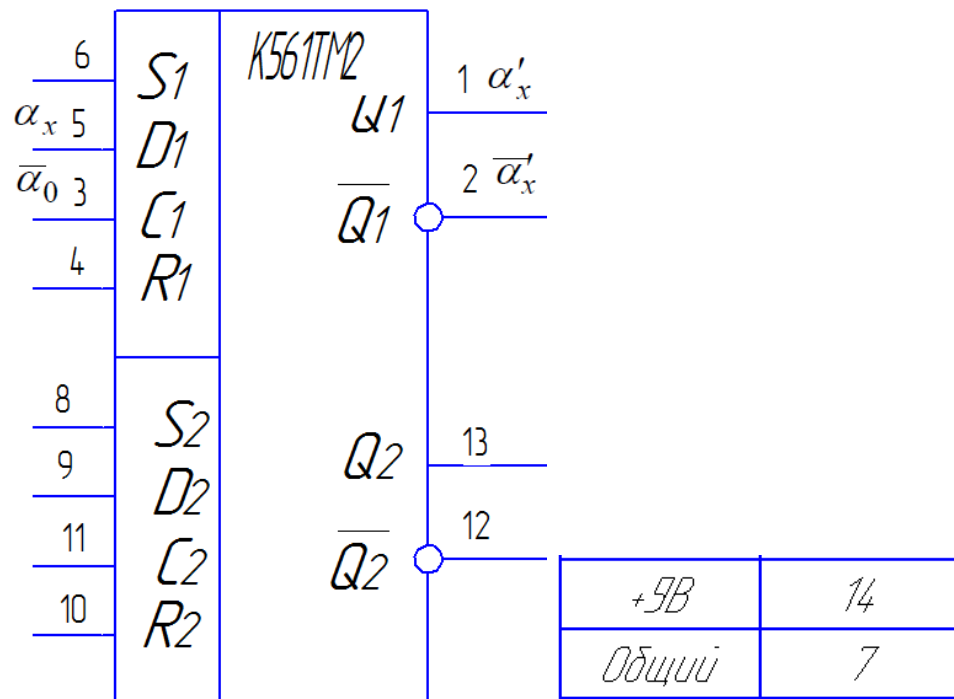
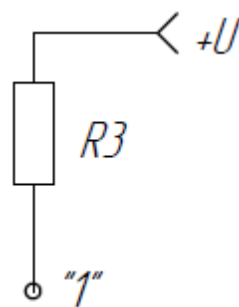


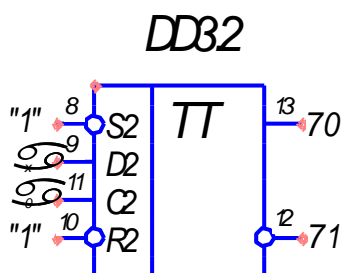
Рис. 2. Цоколевка корпуса УВП

Триггер расположен в 14-ти выводном корпусе, содержит два независимых D – триггера, имеющих общую цепь питания, у каждого триггера есть информационные входы D, и комплиментарные выходы Q и  $\bar{Q}$ . Также имеются асинхронные входы S и R они работают независимо от сигнала на тактовом входе C, активный уровень для них – высокий. Сигнал от входа D передается на выходы Q и  $\bar{Q}$  по положительному перепаду импульса на тактовом входе.

На все не используемые входы необходимо подать логический уровень. Для ТТЛ – уровень логической «1». Логическая «1» задается с помощью резистора:



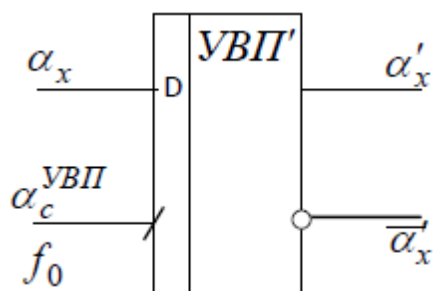
УВП может быть реализовано на динамическом D-триггере К561ТМ2



Триггер расположен в 14<sup>ти</sup> выводном корпусе, кроме информационных и установочных входов имеет входы питания, которые на электрической принципиальной схеме обычно не изображаются (7 – общий, 14 –  $5V \pm 10\%$ ). Необходимо использовать половину этого корпуса. Если нижняя половина использоваться не будет, то на все неиспользуемые входы надо подать логический уровень «1». Поэтому подадим  $S=1$  и  $R=1$ .

На вход  $C$  подается опорная частота, однако какой конкретно сигнал,  $\alpha_0$  или  $\bar{\alpha}_0$ , будет решено в процессе тактирования. Тактовый вход УВП обозначим через  $C$ , информационный вход через  $D$ . Для дальнейшей работы поставим в соответствие упрощенное функциональное обозначение:

Поставим в соответствие упрощенное функциональное обозначение:



## Практическое занятие №2

### Расчет конструктивных параметров цифрового преобразователя

Расчет конструктивных параметров рассматривается на примере цифрового преобразователя со следующими техническими условиями:

1. Диапазон измерения  $f_x$  40...400 Гц
2. Абсолютная погрешность измерения  $[\Delta f_x] = 0,2 \text{ Гц}$
3. Время преобразования  $[t_n] = 3 \text{ с}$
4. Числовой эквивалент в процентах или в долях процента от номинальной

частоты вращения:  $N = 1 \cdot 10^\lambda \cdot \frac{n_x}{n_H}$

### **1.3. Анализ масштабных ограничений**

Эти ограничения применяются, когда вырабатываемый числовой эквивалент должен отвечать требованиям удобства съема информации с преобразователя.

Масштабные ограничения накладываются на некоторые физические параметры преобразователя.

В нашем случае масштабное ограничение накладывается на время формирования  $t_\phi$ .

$N = 1 \cdot 10^\lambda \cdot \frac{n_x}{n_H}$  – желаемая характеристика

$N = \frac{n_x \cdot z}{60} \cdot t_\phi$  – реальная характеристика

Приравняв обе характеристики, получаем:

$$1 \cdot 10^\lambda \cdot \frac{n_x}{n_H} = t_\phi \cdot \frac{n_x \cdot z}{60}, \quad (1.12)$$

$$t_\phi = \frac{60}{n_H \cdot z} \cdot 10^\lambda = \frac{60}{3500 \cdot 6} \cdot 10^\lambda = 2,8 \cdot 10^\lambda \text{ с}, \quad (1.13)$$

$$t_{\phi \text{ максит}} = 2,8 \cdot 10^\lambda \text{ с}, \quad (1.14)$$

Таким образом, чтобы вырабатывать числовой эквивалент в требуемом виде, интервал времени  $t_{\phi}$  должен выбираться из ряда масштабных значений:

$$t_{\phi_{\text{масшт}}} = 2,8 \cdot 10^{\lambda} c, \quad (1.15)$$

#### 1.4. Анализ суммарной погрешности

Уравнение суммарной погрешности состоит из погрешности квантования, погрешности вызванной нестабильностью квантующей частоты, погрешности привязки и имеет вид:

$$\left[ \Delta f_x \right] \geq \frac{\Delta N^{k\theta}}{t_{\phi}} + f_{\text{хмакс}} \left( \delta f_0 + \frac{1}{f_0 \cdot t_{\phi}} \right), \quad (1.16)$$

Таким образом, имеется одно уравнение с четырьмя неизвестными:  $\Delta N^{k\theta}, t_{\phi}, \delta f_0, f_0$ . Эти параметры необходимо определить таким образом, чтобы они выполнялись во всем диапазоне частот  $f_x$ .

1. Проанализируем составляющую погрешности, вызванную погрешностью квантования:

$$\left[ \Delta f_x \right] \geq \frac{\Delta N^{k\theta}}{t_{\phi}}, \quad (1.17)$$

$\Delta N^{k\theta}$  – в пределе может принимать только два значения: либо 1, либо 0,5. Проанализируем оба варианта:

а)  $\Delta N^{k\theta} = 1$  следовательно

$$t_{\phi} > \frac{\Delta N^{k\theta}}{\left[ \Delta f_x \right]}, \quad (1.18)$$

$$t_{\phi} > \frac{1}{0,2} > 5c, \quad (1.19)$$

Кроме точностных, на величину  $t_{\phi}$  накладываются еще и масштабные ограничения, т.е. полученное значение  $t_{\phi}$  необходимо увеличить до ближайшего масштабного значения, следовательно,  $t_{\phi}^{(1)} = 2,8c$ , т.е. из этого следует, что  $t_{\phi}^{(1)} > [t_n]$ , ( $2,8 > 3c$ ). Этот вариант не подходит.

б)  $\Delta N^{KB} = 0,5$  следовательно

$$t_{\phi} > \frac{\Delta N^{KB}}{[\Delta f_x]}, \quad (1.20)$$

$$t_{\phi} > \frac{0,5}{0,2} > 2,5c, \quad (1.21)$$

Учитывая масштабные ограничения,  $t_{\phi}^{(0,5)} = 2,8c$ ,  $t_{\phi}^{(0,5)} > [t_n]$ , ( $2,8 < 3c$ ), поэтому ограничение по быстродействию выполняется, и этот вариант можно рассматривать дальше.

На первом этапе определили значения параметров:

$$\Delta N_n^{KB} = 0,5$$

$$t_{\phi n} = 2,8c$$

Эти параметры на последующих этапах расчета будем считать известными.

2. Проанализируем составляющую, вызванную нестабильностью квантующей частоты:

$$[\Delta f_x] - \frac{\Delta N_n^{KB}}{t_{\phi n}} > \delta f_0 \cdot f_{x\text{макс}}, \quad (1.22)$$

$$0,2 - \frac{0,5}{2,8} > 400 \cdot \delta f_0, \quad (1.23)$$

$$\delta f_0 < 5 \cdot 10^{-5}, \quad (1.24)$$

Целесообразно использовать генератор с кварцевой стабилизацией частоты, так как нестабильность выработки опорной частоты у такого

генератора меньше, чем у генератора с ударным возбуждением. По справочнику для генераторов с кварцевой стабилизацией частоты выберем:

$$\delta f_{0n} = 6 \cdot 10^{-5}$$

3. Проанализируем последнюю составляющую, вызванную погрешностью привязки:

$$\left[ \Delta f_x \right] - \frac{\Delta N^{кв}}{t_{\phi n}} - \delta f_{0n} \cdot f_{xмакс} \geq \frac{f_{xмакс}}{f_0 \cdot t_{\phi n}}, \quad (1.25)$$

$$0,2 - \frac{0,5}{2,8} - 6 \cdot 10^{-5} \cdot 400 \geq \frac{400}{2,8 \cdot f_0}, \quad (1.26)$$

$$f_0 \geq 13,3 \cdot 10^{-5} \text{ Гц}, \quad (1.27)$$

$$f_{0n} = 36 \cdot 10^3 \text{ Гц}, \quad (1.28)$$

Выбираем кварцевый резонатор марки JУ26 с частотой 36кГц.

Полученное значение удовлетворяет требованиям предельного быстродействия заданной элементной базы. Для КМОП  $f_{пред} = 150 \text{ кГц}$ , т.е. условие выполняется.

### 1.5. Расчет дополнительных параметров

Определим дополнительные параметры:

1. Параметры УФИБ (расчет коэффициента формирования  $N_{\phi}$ ):

$$N_{\phi n} = f_{0n} \cdot t_{\phi n} = 2,8 \cdot 36000 = 100800, \quad (1.29)$$

Таким образом, получили коэффициент формирования  $N_{\phi n} = 100800$ .

Чтобы аппаратные затраты были наименьшими, реализуем ФИБ на двоичных счетчиках. Для этого нужно число 100800 перевести из десятичной в двоичную систему счисления.

$$100800_{10} \rightarrow 11000100111000000_2$$

Для реализации такого коэффициента формирования требуется 20 разрядов, т.е. 5 корпусов двоичных счетчиков.

2. Емкость выходного счетчика  $N_{сч}$  :

$$N_{сч} = (f_{\text{макс}} + [\Delta f_x]) \cdot t_{\phi n}, \quad (1.30)$$

$$N_{сч} = (400 + 0,2) \cdot 2,8 = 1120,56$$

Требуется 4 корпуса 2/10 счетчиков.

Таким образом, получены следующие конструктивные параметры преобразователя:

1. Погрешность квантования:  $\Delta N_n^{КВ} = 0,5$

2. Допустимое время преобразования:  $t_{\phi n} = 2,8с$  ( $[t_n] = 3с$ )

3. Составляющая погрешности от нестабильности опорной частоты

$$\delta f_{0n} = 6 \cdot 10^{-5}$$

4. Опорная частота  $f_{0n} = 36кГц$

5. Коэффициент формирования  $N_{\phi n} = 100800$  – 5 двоичных счетчика

6. Емкость выходного счетчика  $N_{сч} = 1120,56$  – 4 двоично-десятичных

счетчика

7. Регистр (RG) на 16 разрядов

### Синтез и исследование дискретных автоматов

Рассмотрим синтез узла управления на базе ДА Мура. Разработка узла управления на базе ДА включает в себя два этапа: абстрактный синтез и структурный синтез.

#### **1. Абстрактный синтез**

Изобразим временную диаграмму функционирования и выделим необходимые состояния преобразователя:



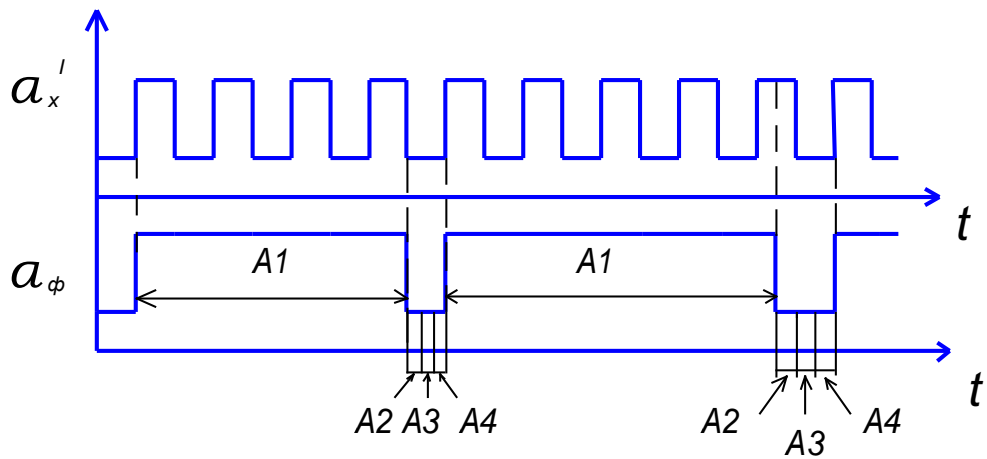


Таблица состояний

Состояние	$Q_1 Q_2$	$\beta_1^{yy}$	$\beta_2^{yy}$	$\beta_3^{yy}$
A1	1 1	1	0	0
A2	0 1	1	0	1
A3	0 0	0	0	0
A4	1 0	0	1	0

Следующий этап абстрактного синтеза – это получение таблиц переходов. Таблица переходов – это функция  $A^{t+1} = \delta(A^t, x^t)$ . Сигнал  $x^t$  зависит от  $\alpha_x$  и  $\alpha_\phi$ .

## Кодированная таблица переходов

$A^t$		$x^t$		$A^{t+1}$		$B^t$		
$Q_1$	$Q_2$	$a_x$	$a_\phi$	$Q_1$	$Q_2$	$D_1$	$D_2$	
1	1	0	1	1	1	1	1	$A1,01 \rightarrow A1$
1	1	1	1	1	1	1	1	$A1,11 \rightarrow A1$
1	1	0	0	0	1	0	1	$A1,00 \rightarrow A2$
0	1	0	0	0	0	0	0	$A2,00 \rightarrow A3$
0	0	0	0	1	0	1	0	$A3,00 \rightarrow A4$
1	0	0	0	1	0	1	0	$A4,00 \rightarrow A4$
1	0	1	0	1	1	1	1	$A4,10 \rightarrow A1$
1	1	1	0	0	1	0	1	$A1,10 \rightarrow A2$
0	1	1	0	0	0	0	0	$A2,10 \rightarrow A3$

### 2. Анализ УУ на неалгоритмические ситуации

Необходимо выполнить анализ полученного устройства на неалгоритмические состояния и переходы.

Неалгоритмические состояния возникают в тех случаях, когда количество состояний, которые могут быть реализованы при заданном числе триггеров, больше, чем количество используемых состояний. В нашем случае используются два триггера, с помощью которых можно реализовать все четыре различных состояния.

Необходимо проанализировать поведение преобразователя на таких переходах и если требуется принять соответствующие меры.

Коррективы в работу преобразователя должны вноситься в двух случаях:

1. если выполнив неалгоритмический переход, преобразователь попадает в такое состояние, что затем самостоятельно не может из него выйти;

2. если в результате неалгоритмических переходов в работу преобразователя вносятся грубые ошибки.

Переход  $A2 \langle 01 \rangle \rightarrow A1$ ,  $A2 \langle 11 \rangle \rightarrow A1$ ,  $A3 \langle 01 \rangle \rightarrow A1$  означает, что если сразу после записи приходит измеряемый сигнал, то преобразователь не выполнив сброс, переходит в счет. При этом будет сделана грубая ошибка в очередном измерении. Ошибка будет допущена, если преобразователь из состояния пауза сразу перейдет в счет.

Переходы  $A3 \langle 11 \rangle \rightarrow A3$ ,  $A4 \langle 01 \rangle \rightarrow A4$ ,  $A4 \langle 11 \rangle \rightarrow A1$  не приведут к сбою преобразователя.

### 3. Абстрактный синтез

Прежде всего, необходимо определить количество триггеров памяти, необходимых для реализации заданного числа состояний. В нашем случае четыре состояния. Понадобятся два триггера. Выходы триггеров:  $Q_1$  и  $Q_2$ .

Необходимо закодировать состояния, т.е. каждому состоянию поставить в соответствие комбинацию сигналов триггера. При использовании ДА Мура целесообразно кодировать состояния с учетом таблицы выходов Да (табл. 4).

Таблица выходов ДА

Состояние	$Q_1 Q_2$	$\beta_1^{yy}$	$\beta_2^{yy}$	$\beta_3^{yy}$
A1	1 1	1	0	0
A2	0 1	1	0	1
A3	0 0	0	0	0
A4	1 0	0	1	0

Выразим сигналы  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  и  $\beta_3$  в зависимости от выходов  $Q_1$  и  $Q_2$ . Для этого составим карты Карно.

$\beta_1$		
$Q_1 \backslash Q_2$	0	1
0	0	1
1	0	1
$\beta_1 = Q_2$		

$\beta_2$		
$Q_1 \backslash Q_2$	0	1
0	0	0
1	1	0
$\beta_2 = Q_1 \overline{Q_2}$		

$\beta_3$		
$Q_1 \backslash Q_2$	0	1
0	0	1
1	0	0
$\beta_3 = \overline{Q_1} \overline{Q_2}$		

Необходимо получить функции возбуждения триггеров.

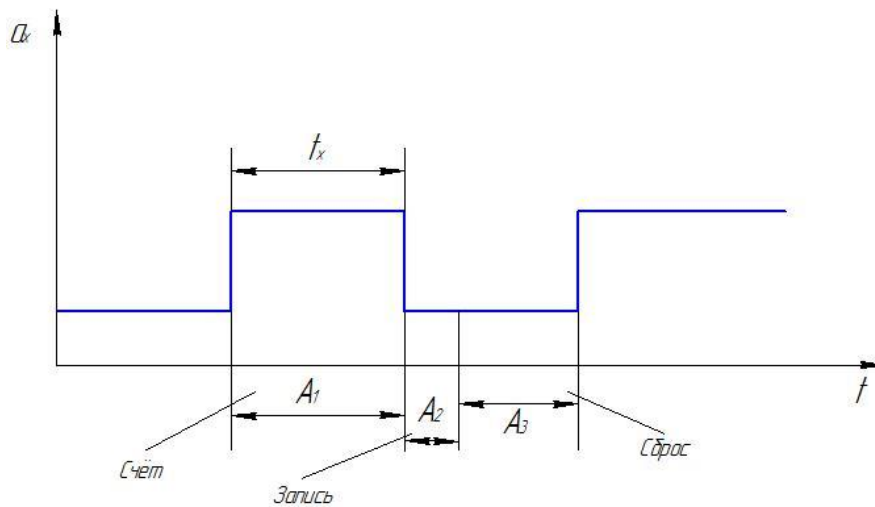
$D_1$					
$Q_1 \backslash Q_2$	$\alpha_x \alpha_\phi$	00	01	11	10
00	0	1			
01	0				
11	0	1	1		
10	0	1			1

$$D_1 = \overline{Q_2} \cdot \overline{\alpha_x} \cdot \overline{\alpha_\phi} \vee Q_1 Q_2 \cdot \alpha_\phi \vee Q_1 \overline{Q_2} \alpha_\phi$$

		$D_2$			
$Q_1 Q_2$ \ $\alpha_x \alpha_\phi$	$00$	$01$	$11$	$10$	
$00$	$0$				
$01$	$0$				
$11$	$1$	$1$	$1$		
$10$	$0$			$1$	

$$D_2 = Q_1 \cdot Q_2 \cdot \overline{\alpha_x} \cdot \overline{\alpha_\phi} \vee Q_1 Q_2 \alpha_\phi \vee Q_1 \cdot \overline{Q_2} \cdot \alpha_x \cdot \overline{\alpha_\phi}$$

Рассмотрим пример синтеза узла управления, реализующего следующую последовательность управления:



Состояние	$\alpha_R^{CT}$	$\alpha_R^{RG}$	
A1, счёт	0	0	Кроме 0 в 1(0)
A2, запись	-	0	0 в 1
A3, сброс	1	1	Кроме 0 в 1(1)

Полученную таблицу необходимо уточнить, по причине того, что дискретный автомат всегда вырабатывает уровни входных сигналов, т.е. 0 или 1, а не перепады из 0 в 1.

Для сокращения выхода ДА сигналы необходимо сделать либо одинаковыми, либо взаимоинверсными .

Необходимо иметь конкретные вых. сигналы, а не просто безразличные состояния.

Для записи информации из счётчика в регистр необходим перепад из 0 в 1, которые можно получить если в состоянии А1  $\alpha_R^{RG} = 0$ , а в состоянии А2  $\alpha_R^{RG} = 1$ , тогда при переходе из А1 в А2 будет вырабатываться перепад из 0 в 1.

За счёт распределения безразличных состояний то есть, если в состоянии А2  $\alpha_R^{\Phi ДЧ} = 0$ , тогда во всех состояниях  $\alpha_R^{\Phi ДЧ} = \alpha_R^{СЧ} = \beta_1^{VY}$

Доопределили А3,  $\alpha_R^{RG} = 1$  сигнал определяет функцию УУ и всего ПИВ, является сигналом  $\alpha_x$ , точнее  $\alpha'_x$ , поэтому УУ должен иметь вход  $x_1$ , на который поступает  $\alpha'_x$  или  $\bar{\alpha}'_x$ , либо оба сразу.

УУ должен иметь вход синхронизацией С, который в зависимости от используемых триггеров будет динамически прямой или статически прямой.

Реализуем ДА на Д-триггерах с динамическим управлением, тогда вход С управляется перепадом из 0 в 1 .

Таким образом мы получили общую структуру УУ.

Выходы ДА в каждом из состояний должны вырабатывать следующие сигналы:

Состояние	$\beta_1^{VY}$	$\beta_2^{VY}$	$Q_1$	$Q_2$
А1 счёт	0	0	0	0
А2 запись	0	1	0	1
А3 сброс	1	1	1	1

Состояния ДА кодируются комбинациями сигналов триггеров памяти. Для кодирования трёх состояний понадобится 2 триггера. Для того что бы произвести кодирования нужно поставить соответствие каждому состоянию ДА комбинацию состояний триггеров, так как в дискретном автомате МУРА выходные сигналы однозначно зависят от состояния.

Целесообразно выполнить кодирование вида:  $\beta_1^{xy} = Q_1, \beta_2^{xy} = Q_2$ .

В результате кодировки упрощается схема ДА, так как отсутствует логическое устройство 2, не возникают помехи, следовательно его выходы не нужно защищать.

Подобное кодирование возможно в случае если, количество выходных сигналов равняется количеству триггеров и когда, комбинации выходных сигналов в каждом состоянии различна.

$A^t$	$x^t$	$A^{t+1}$	
	$\alpha_x^t$		
A1	1	A1	A1 - Остаётся в сост. счёта
A1	0	A2	A2 - переход в сост. записи
A2	0	A3	A3 - переходит в сост. сброс
A3	0	A3	Ожидание
A3	1	A1	Переход в сост. нач. счёта
A2	1	A1	неалгоритм. переход
A4	0	A2	
A4	1	A1	

Из таблицы видно, что для нормально работы необходимо 5 переходов, которые будут называться алгоритмическими, в отличии от неалгоритмических, которые не должны появляться при нормальном функционировании.

С помощью двух триггеров возможно реализовать 4 состояния, то есть при кодировке не используют наши состояния  $Q_1 = 1, Q_2 = 0$ .

Поставим в соответствии с данной комбинацией состояние А4, которое будет присутствовать в неалгоритмических переходах в следующем виде.

### Структурный синтез ДА

По таблице переходов и выходов реализуем данную схему на заданной элементной базе. Во первых необходимо составить кодированную таблицу переходов и таблицу выходов. Затем нужно получить логическую функцию возбуждения триггеров памяти.

#### 1) Кодированная таблица переходов

$A^t$		$x^t$	$A^{t+1}$		$\beta^t$		
$Q_1$	$Q_2$	$\alpha'_x$	$Q_1$	$Q_2$	$D_1$	$D_2$	
0	0	1	0	0	0	0	A1,1 в A1
0	0	0	0	1	0	1	A1,0 в A2
0	1	0	1	1	1	1	A2,0 в A3
1	1	0	1	1	1	1	A3,0 в A3
1	1	1	0	0	0	0	A3,1 в A1
0	1	1	0	0	0	0	A2,1 в A1
1	0	0	0	1	0	1	A4,0 в A2
1	0	1	0	0	0	0	A1,1 в A1



	$Q_1$	$Q_2$
A1	0	0
A2	0	1
A3	1	1
A4	1	0

Значение функции возбуждения  $\beta^i$  - это такая комбинация на входе D-триггера, при которой ДА, переходит из состояния  $A^i$  в состояние  $A^{i+1}$ .

Что бы построить функцию возбуждения необходимо воспользоваться матрицей переходов D-триггеров.

$Q^i \rightarrow Q^{i+1}$	$D^i$
0 в 0	0
0 в 1	1
1 в 0	0
1 в 1	1

$Q_1 \backslash Q_2$	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	0	0	0	1

$D_1$

$Q_1 \backslash Q_2$	00	01	11	10
0	1	0	0	1
1	0	0	0	1

$D_2$

По имеющимся значениям  $D_1$  и  $D_2$  построим карту Карно для полученных функций возбуждения.

Таким образом можно получить структуру ЛУ1 для этого необходимо реализовать  $D_1$  и  $D_2$  в соответствии с базисом. В результате полученного синтеза не учтены неалгоритмические ситуации.

## Анализ УУ на неалгоритмические ситуации и переходы

Неалгоритмические ситуации, то есть отклонения работы преобразователя от нормального режима, возникает в двух случаях.

- 1) Сбой в работе.
- 2) В момент включения ПИВ

Существует 2 типа неалгоритмических ситуаций

- 1) Неалгоритмическое состояние.
- 2) Неалгоритмические переходы.

Возникает логический вопрос, как реализовать на двух триггерах 4 состояния. Мы закодировали 3 состояния, следовательно имеется неалгоритмическое состояние А4 у которого  $Q_1 = 1, Q_2 = 0$

Состояния	$Q_1$	$Q_2$	$\beta_1^{vV}$	$\beta_2^{vV}$
А4	1	0	1	0

Неалгоритмические переходы

Возможно 3 перехода:

- 1) А2,1 в А1
- 2) А4,0 в А2
- 3) А4,1 в А1

Физический смысл каждого перехода:

- 1) А2,1 в А1. В данном случае ДА сразу из записи по приходу  $t_x$  переходит в состояние счёта – это пример грубой ошибки так как необходима пауза между двумя интервалами измерения, для выполнения ПИВ служебных информации.

Соответственно существует необходимость замены перехода А2,1 в А1 переходом А2,1 в А3.

2) A4,0 в A2. Устройство в состояние сброса и выполняется запись в регистр, то есть на индикации все нули, затем приходит A4,1 в A1 начинается счёт. В принципе такой переход является нормальным и можно его не корректировать. Если же внести коррекцию тогда:

A4,1 в A1

A4,0 в A3

A4,1 в A1

Необходимо скорректировать первый переход следующим образом.

$A^t$		$t_x$	$A^{t+1}$		$B^t$	
$Q_1$	$Q_2$	$\alpha'_x$	$Q_1$	$Q_2$	$D_1$	$D_2$
0	1	1	1	1	1	1

	$Q_2$			
$Q_1$	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1			0	1

$D_1$

	$Q_2$			
$Q_1$	00	01	11	10
0	1	0	1	1
1			0	1

$D_2$

$$D_1 = \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \vee Q_3 \cdot \bar{\alpha}'_x$$

$$D_2 = \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \vee Q_2 \cdot \bar{\alpha}'_x \vee \bar{Q}_1 \cdot \bar{\alpha}'_x$$

Реализуем  $D_1$  и  $D_2$  в базисе «И-НЕ» воспользовавшись формулами де Моргана.

$$D_1 = \overline{Q_1} \cdot Q_2 \vee Q_3 \cdot \overline{\alpha'_x}$$

$$D_2 = \overline{Q_1} \cdot Q_2 \vee Q_2 \cdot \overline{\alpha'_x} \vee \overline{Q_1} \cdot \overline{\alpha'_x}$$

$$1) \quad A = \overline{Q_1} \cdot Q_2, \quad B = Q_2 \cdot \overline{\alpha'_x}$$

$$D_1 = \overline{A \cdot B}$$

$$D_2 = \overline{A \cdot B \cdot Q_1 \cdot \alpha'_x}$$

Для реализации понадобится 4 элемента «И-НЕ»

## Практическое занятие №4

### Построение электрических схем по принципу «с общей шиной»

Пусть необходимо получить по СДНФ схему электрическую принципиальную. Некоторого устройства в базисе И-НЕ

$$D_1 = \overline{Q_1} \overline{Q_2} \overline{\alpha_\phi} \vee Q_2 \overline{\alpha_x} \overline{\alpha_\phi} = \overline{\overline{Q_1} \overline{Q_2} \overline{\alpha_\phi}} \vee \overline{\overline{Q_2} \overline{\alpha_x} \overline{\alpha_\phi}}$$

$$D_2 = Q_2 \overline{\alpha_x} \overline{\alpha_\phi} \vee \overline{\alpha_\phi} Q_1 \overline{Q_2} = \overline{\overline{Q_2} \overline{\alpha_x} \overline{\alpha_\phi}} \vee \overline{\overline{\alpha_\phi} Q_1 \overline{Q_2}}$$

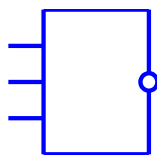
$$\beta_1 = \overline{Q_2}$$

$$\beta_2 = Q_1 Q_2 = \overline{\overline{Q_1} \overline{Q_2}}$$

$$\beta_3 = Q_1 \overline{Q_2} = \overline{\overline{Q_1} Q_2}$$

В качестве элементной базы используем D – триггеры К561ТМ2, а также логические элементы базиса И – НЕ:

К561ЛА9 – 3-х входовой элемент



Цель	Контакт
5	$U_0$
23	$\alpha_{\text{раск}}$
24	$N_0$
25	$+3B(\pm 10\%)$
26	$+9B(\pm 10\%)$
29	$\overline{u_0}$
30	$\alpha_0$
31	$\alpha_0'$
32	$\overline{\alpha_0'}$
34	$\beta^{\text{раск}}$
59	$\alpha_0$
60	$\overline{u_0}$
81	$Q_1$
82	$\overline{Q_1}$
83	$Q_2$
84	$\overline{Q_2}$
90	$\beta_1$
91	$\beta_2$
92	$\beta_3$

