

# Лекция 12

- **Типовые последовательностные автоматы.**
- **1. Типовые последовательностные автоматы.**
- **2. Синтез счётчика, как типового последовательностного автомата.**

# **1. Типовые последовательностные автоматы.**

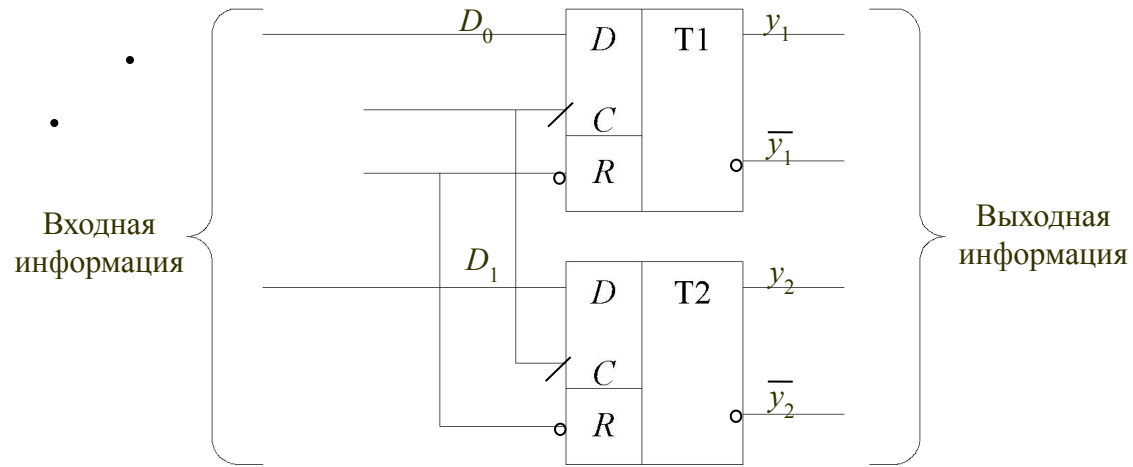
- **Если есть типовые комбинационные схемы (функциональные узлы комбинационного типа), выполняющие обработку информации за один такт, то должны быть и типовые последовательностные схемы (функциональные узлы последовательностного типа), выполняющие типовые операции записи, хранения, сдвига, выдачи, счета, т.е. типовые действия многотактного преобразования информации.**

# 1. Типовые последовательностные автоматы.

- К типовым последовательностным автоматам относят элементарные автоматы памяти –
- триггеры,
- регистры,
- счётчики,
- блоки регистровой памяти,
- ОЗУ статического типа,
- специальные сложные последовательностные автоматы, выполненные в виде БИС,- таймеры, параллельные и последовательные приёмо-передатчики,
- микропрограммные автоматы
- и, наконец, микропроцессоры(процессоры) и микроконтроллеры (контроллеры).

# Регистр из Д триггеров

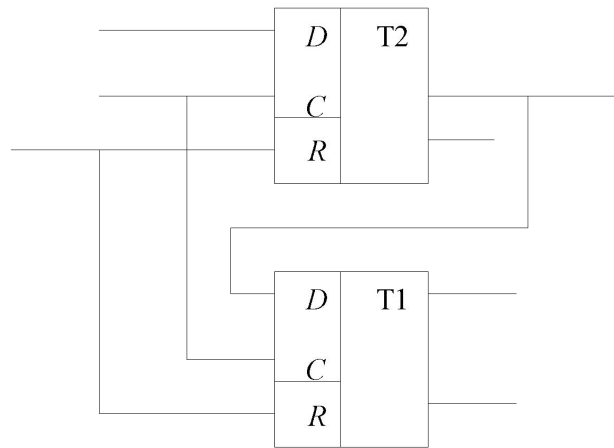
- регистр



Регистр из 2-х D-триггеров

# Регистр из Д триггеров

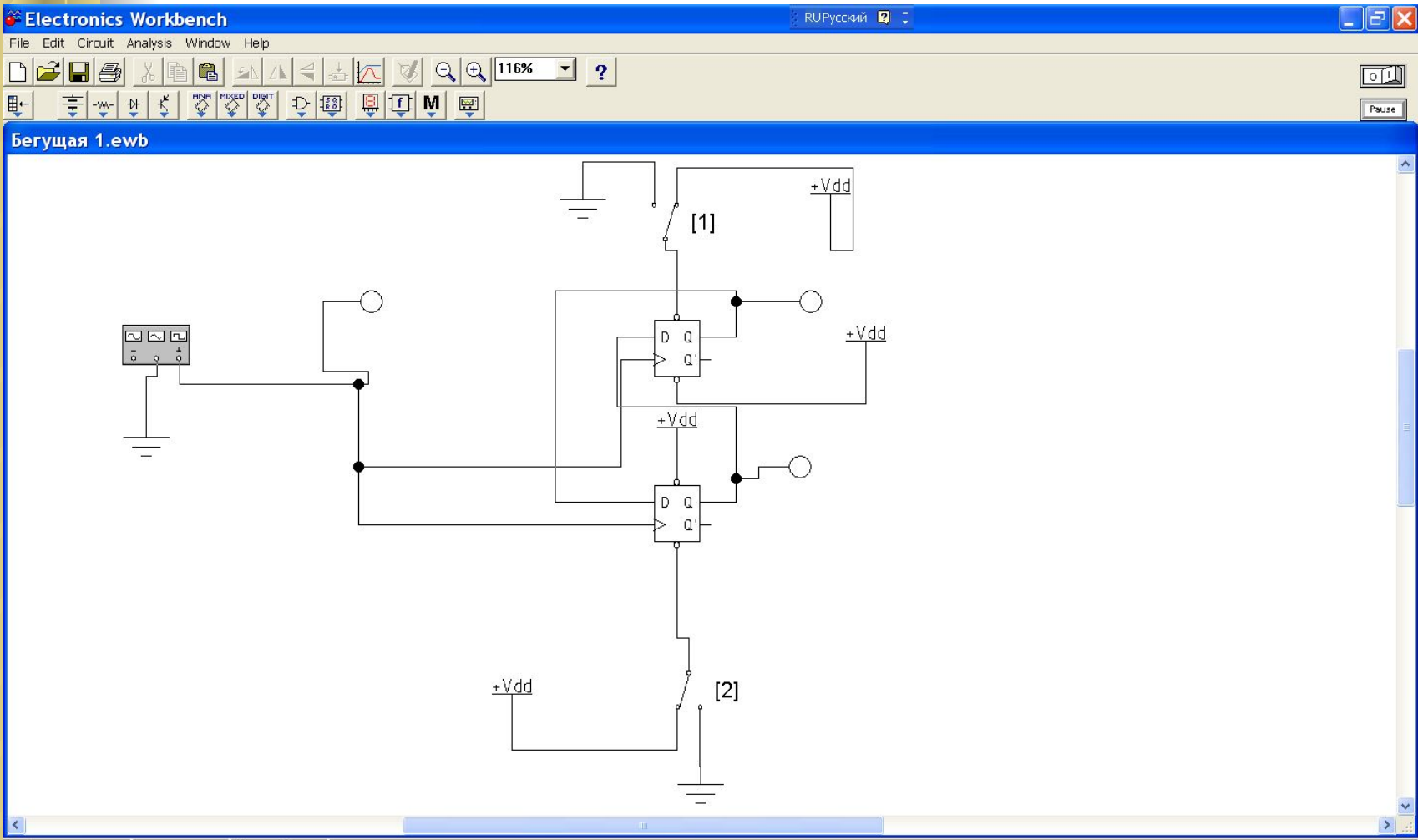
- Если выход первого триггера подключить ко входу  $D$  второго триггера, то за 2 такта можно записать информацию, последовательно подаваемую на вход первого триггера



- Регистр из 2-х D-триггеров
- для последовательной записи информации

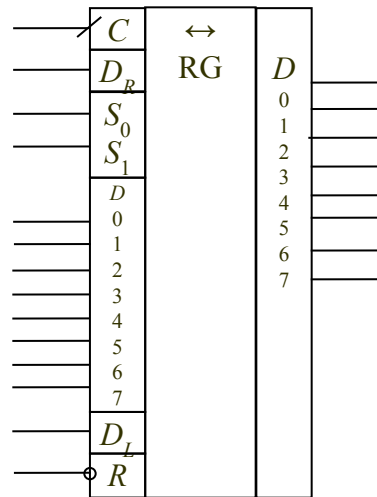
# Регистр из Д триггеров

- Объединив по «ИЛИ» вход  $D$  первого триггера с выходом  $y_2$  второго, получим кольцевой сдвигающий регистр, который, если в первом такте подать на вход  $D$  первого триггера «1», а затем «0», будет сдвигать эту «1» по каждому синхроимпульсу. Получим так называемую «бегущую 1» или «бегущий 0»



# 1. Типовые последовательностные автоматы.

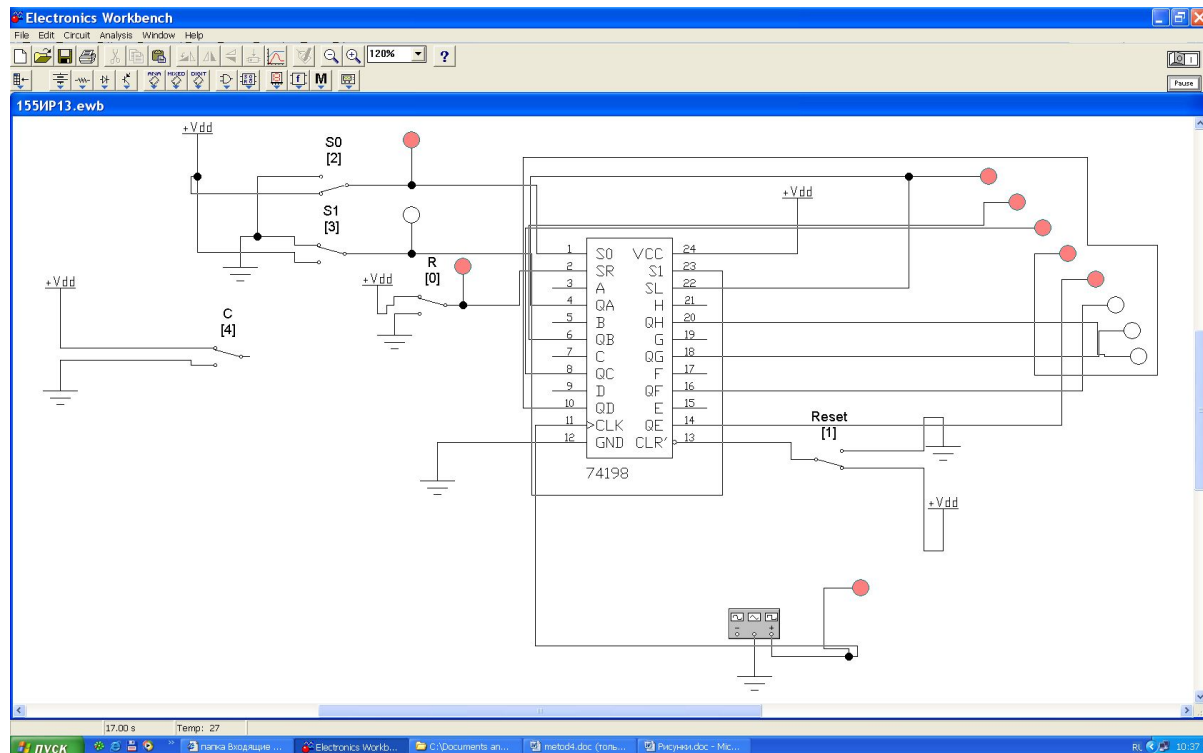
- Универсальный регистр





# Универсальный регистр

- регистр



## **2. Синтез счётчика, как типового последовательностного автомата.**

- **Счетчиком называют функциональный узел (типовую схему, типовой комбинационный автомат), предназначенный для подсчета количества дискретных сигналов.**
- **Иногда говорят – для подсчета числа импульсов (счетных импульсов). Это синхронные автоматы.**

## **2. Синтез счётчика, как типового последовательностного автомата.**

- **Счетчиком называют функциональный узел (типовую схему, типовой комбинационный автомат), предназначенный для подсчета количества дискретных сигналов. Иногда говорят – для подсчета числа импульсов (счетных импульсов). Это синхронные автоматы.**
- **Различают суммирующие, вычитающие и реверсивные счетчики. Счетчики, формирующие выходной сигнал только после поступления на их вход определенного количества импульсов, называют пересчетными схемами. В электронных часах используют схемы с пересчетом на 60, 24, 7.**

## **2.Синтез счётчика, как типового последовательностного автомата.**

- **В качестве элементов памяти в таких автоматах используют триггеры. По организации связи между ними различают счетчики с параллельным переносом, с последовательным переносом, с непосредственной связью.**
- **Основными характеристиками счетчиков являются:**
- **– коэффициент пересчета или модуль счета – он определяет число возможных состояний счетчика;**
- **– время установки – временной интервал между моментом поступления счетного импульса и моментом окончания переходных процессов.**
- **Быстродействие счетчика – определяет максимальную возможную частоту поступающих импульсов.**

# Основные характеристики счетчиков

- Основными характеристиками счетчиков являются:
- – коэффициент пересчета или модуль счета – он определяет число возможных состояний счетчика;
- – время установки – временной интервал между моментом поступления счетного импульса и моментом окончания переходных процессов.
- Быстродействие счетчика – определяет максимальную возможную частоту поступающих импульсов.

# Синтез счётчиков

- Для синтеза счетчика на базе триггеров и логических элементов удобно использовать таблицу переходов-выходов в виде карты Карно. Текущее состояние счетчика – сопоставляется с кодом клетки, а последующее – указывается внутри клетки. Поскольку автомат синхронный, устойчивых состояний нет.

# Синтез счётчиков

- Пусть необходимо синтезировать счетчик с коэффициентом счета 5 на базе JK-триггеров. Поскольку коэффициент счета 5, необходимо три элемента памяти.
- Получим таблицу переходов-выходов (ТПВ), в которой указывается, как автомат-счетчик переходит из текущего состояния – кода строки, в последующее – код в клетке  $y_3(t+1)$   $y_2(t+1)$   $y_1(t+1)$  или сокращенно  $y_3y_2y_1(t+1)$ .

# Синтез счётчиков

- р

$y_3(t)$	$y_2(t)y_1(t)$				
	00	01	11	10	
0	000 <b>001</b>	001 <b>010</b>	011 <b>100</b>	010 <b>011</b>	
1	100 <b>000</b>	101 —	111 —	110 —	$y_3y_2y_1(t+1)$



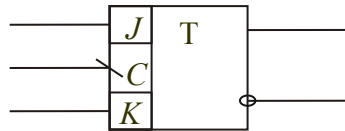
# Синтез счётчиков

**Код клетки – это соединение (конкатенация) двоичного кода строки и столбца, представленное в виде двоичного числа (выделены). Внутри клетки выделены жирным шрифтом последующие состояния счетчика. Их всего 5.**

- **Используя таблицу возбуждения**
- **JK-триггера, получим таблицу возбуждения заданного счетчика**

# Получение таблицы возбуждения счётчика на JK-триггерах

## ● ТВС



Условное графическое обозначение синхронного JK-триггера, срабатывающего по срезу импульса

$y_3(t)$	$y_2(t)y_1(t)$				
	00	01	11	10	
0	000 001	001 010	011 100	010 011	
1	100 000	101 —	111 —	110 —	$y_3y_2y_1(t+1)$

$y_3(t)$	$y_2(t)y_1(t)$				
	00	01	11	10	
0	001 —	01— —1	1— —11	0—1 —0—	
1	—00 1—	—	—	—	$\frac{J_3J_2J_1}{K_3K_2K_1}$

$y(t)$	$y(t+1)$		
	0	1	
0	0 ~	1 ~	
1	~ 1	~ 0	$\frac{J}{K}$

# Синтез счётчиков

- Из таблицы возбуждения, а это карта Карно, получим минимизированные функции управления триггерами:

$y_3(t)$	$y_2(t)y_1(t)$				
	00	01	11	10	
0	$\frac{001}{---}$	$\frac{01-}{--1}$	$\frac{1--}{-11}$	$\frac{0-1}{-0-}$	
1	$\frac{-00}{1--}$	$\frac{---}{---}$	$\frac{---}{---}$	$\frac{---}{---}$	$\frac{J_3J_2J_1}{K_3K_2K_1}$

$$J_3 = y_2y_1;$$

$$J_2 = y_1;$$

$$J_1 = \overline{y_3};$$

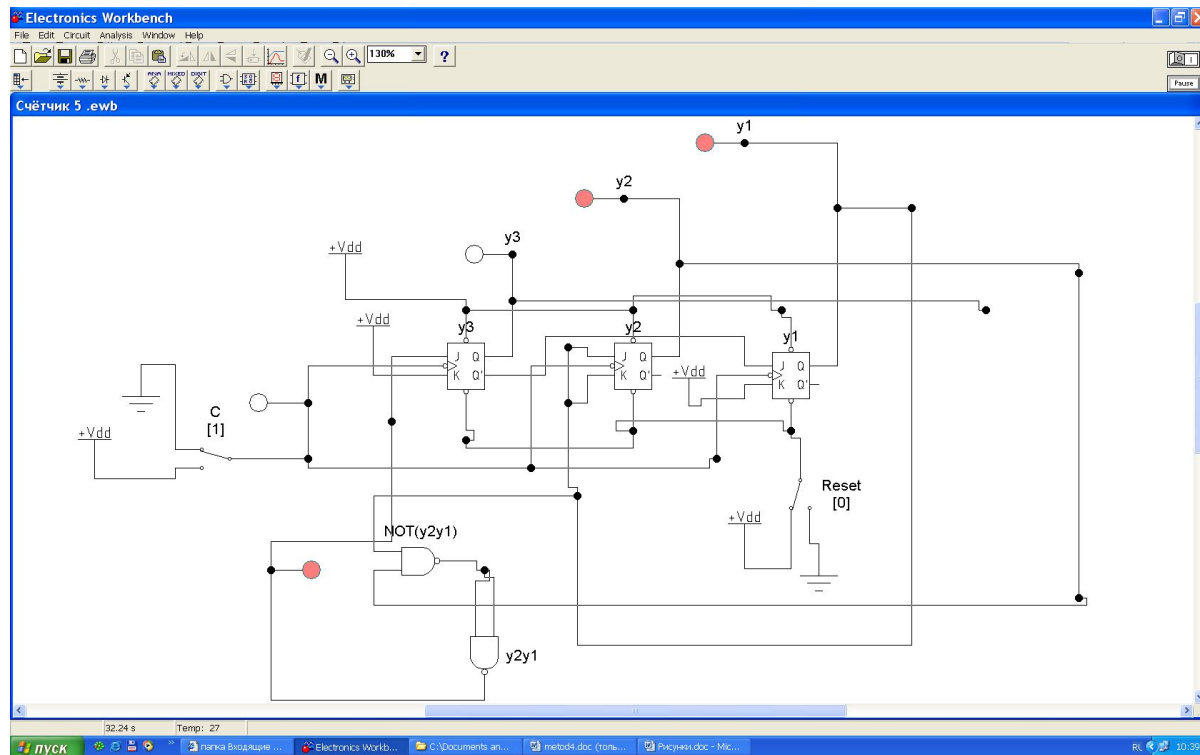
$$K_3 = 1;$$

$$K_2 = y_1;$$

$$K_1 = 1.$$

# Синтез счётчиков

- как видно, функции получились несложные. Зато элементы памяти сложные. На D-триггерах схема была бы сложнее, но эти триггеры проще и не обеспечивают такой защищенности в переходном процессе.



# Быстродействие

- Полученный счетчик – с параллельным переносом, состояние всех триггеров изменяется одновременно. Быстродействие такого счетчика максимальное. Таким образом, если  $\tau$  – время задержки на одном триггере, а  $\tau_{лэ}$  – задержка на логических элементах, то для всего счетчика максимальное время установки

$$t_{уст. max} = \tau + \tau_{лэ}$$

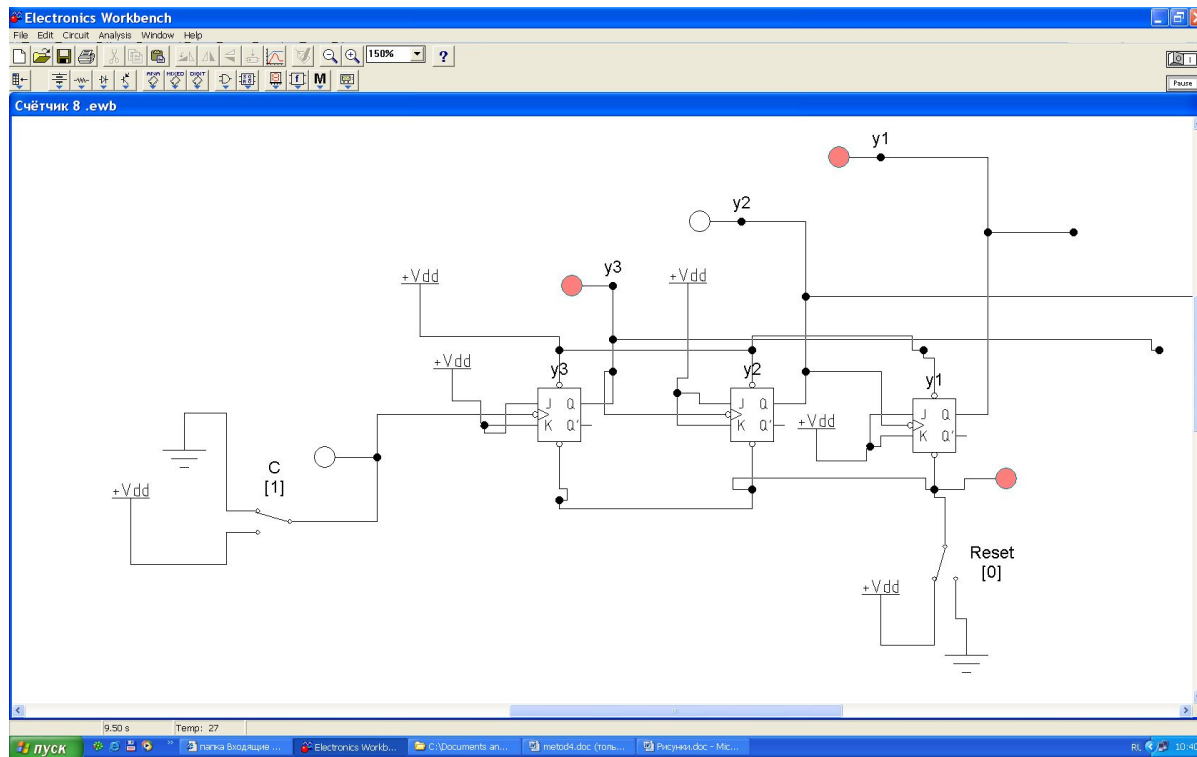
# Задание 1.

- **Синтезировать и выполнить моделирование счетчика с заданным коэффициентом счета на заданной элементной базе.**
- **Варианты заданий**

Номер варианта	Коэффициент счета	Тип триггеров
1	6	D, JK
2	12	D, JK
3	7	D, JK
4	13	D, JK
5	9	D, JK
6	10	D, JK
7	11	D, JK
8	14	D, JK

# Счетчик с коэффициентом счета 8 на базе Т-триггеров из JK-триггеров с непосредственной связью

- **Счетчики с коэффициентом счета проще строить на базе Т-триггеров**



## Счетчик с коэффициентом счета 8 на базе Т-триггеров из JK-триггеров с непосредственной связью

- Получили счетчик с непосредственной связью: синхронизация каждого очередного триггера (перенос) осуществляется выходом предыдущего. Функционирование каждого Т-триггера такого счетчика описывается уравнениями:

$$y(t + 1) = y(t) \oplus 1;$$

$$T_1 = c, T_i = y_{i-1}, i \neq 1$$



**Счетчик с коэффициентом счета 8 на базе Т-триггеров из JK-триггеров с непосредственной связью**

- **Это самый простой, но самый медленный вариант: переход из состояния 111 в состояние 000 требует ожидания завершения переходного процесса сначала первого триггера, затем – второго и, наконец, третьего – эффект падающего домино.**

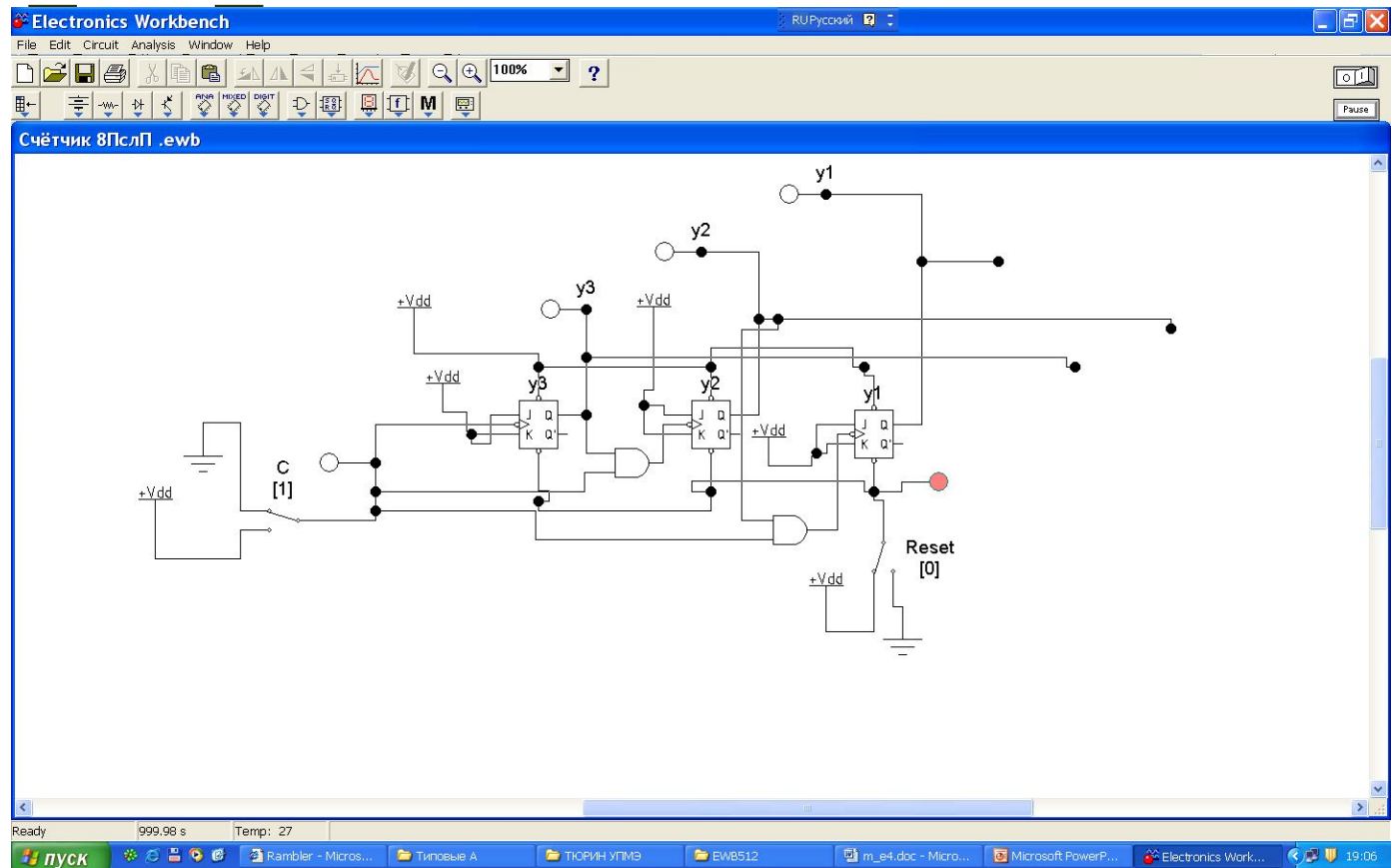
**Счетчик с коэффициентом счета 8 на базе Т-триггеров из JK-триггеров с непосредственной связью**

- **Таким образом, если  $t_{уст.}$  – время задержки на одном триггере, то для  $n$  триггеров время установки максимальное получаем**

$$t_{уст. \max} = n\tau$$

- **По существу, это уже и не синхронный автомат...**

# Счетчик с коэффициентом счета 8 на базе Т-триггеров из JK-триггеров с последовательным переносом



**Счетчик с коэффициентом счета 8 на базе Т-триггеров из JK-триггеров с последовательным переносом**

- **Такой счетчик описывается уравнениями (и это можно вывести из таблицы переходов-выходов):**

$$T_1 = c, T_2 = T_1 y_1, T_3 = T_2 y_2, T_i = T_{i-1} y_{i-1}, i = \overline{2, 1}.$$

## Счетчик с коэффициентом счета 8 на базе Т-триггеров из JK-триггеров с последовательным переносом

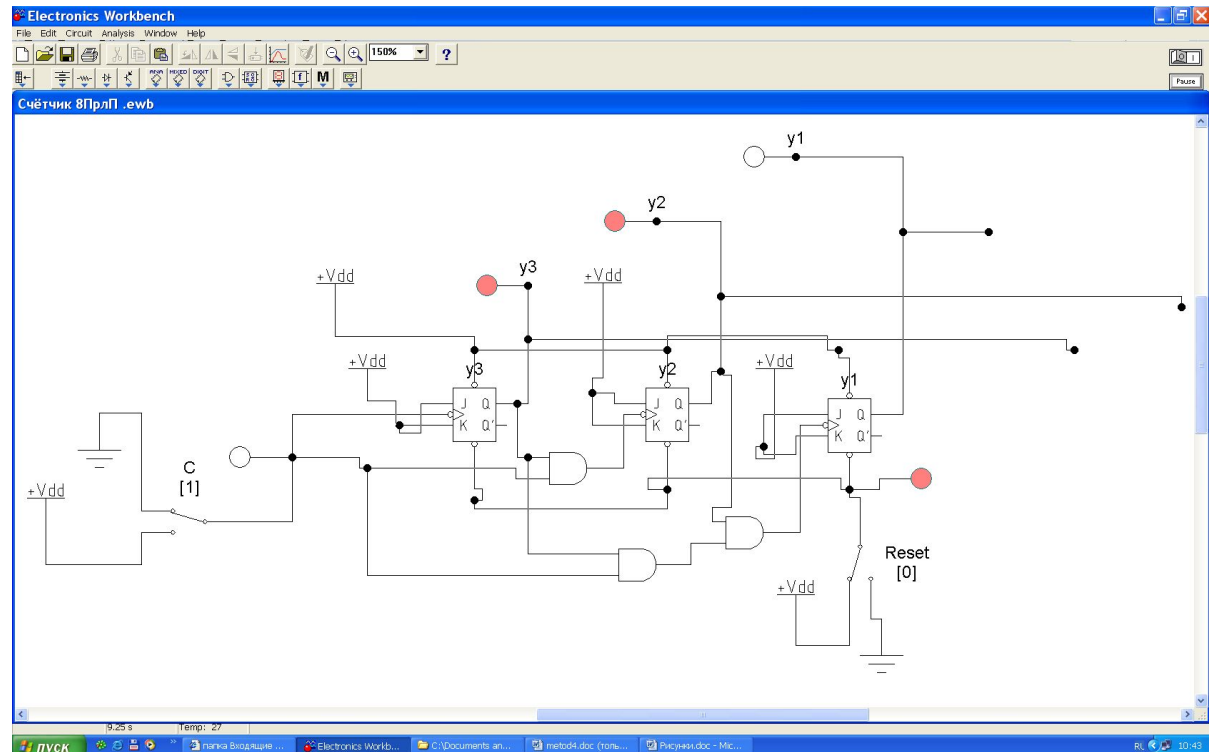
- **Время установки такого счетчика меньше, чем у счетчика с непосредственной связью:**

$$t_{\text{уст. max}} = (n - 1)\tau_{и} + \tau$$

- **где  $\tau$  – время задержки на одном триггере, а  $\tau_{и}$  – задержка на элементе И.**
- **Такой счетчик удобен в случае, если необходимо производить переключения связей между триггерами, например выполнить реверс счета или изменить состояния отдельных триггеров. К тому же используются элементы И с одинаковым количеством входов (в данном случае – всего с двумя). Но это тоже не совсем синхронный автомат.**

# Счетчик с коэффициентом счета 8 на базе Т-триггеров из JK-триггеров с параллельным переносом

- ПрП



**Счетчик с коэффициентом счета 8 на базе Т-триггеров из JK-триггеров с параллельным переносом**

- **Такой счетчик описывается уравнениями (и это можно вывести из таблицы переходов-выходов):**

$$T_1 = c, T_2 = cy_1, T_3 = cy_2y_1, T_i = c \bigwedge_{j=1}^{i-1} y_j, i = \overline{2, n}, j \neq 1.$$

**Счетчик с коэффициентом счета 8 на базе Т-триггеров из JK-триггеров с параллельным переносом**

- **Время установки такого счетчика минимально:**

$$t_{\text{уст. max}} = \tau_{\text{И}} + \tau$$



## *Типовые последовательностные схемы.*

### *Микросхемы счетчиков*

- **Имеется широкий набор микросхем счетчиков с различными стандартными коэффициентами счета.**
- **Это ИС средней степени интеграции (СИС).**
- **На практике часто возникает задача синтеза счетчика с коэффициентом счета, отличным от стандартного.**

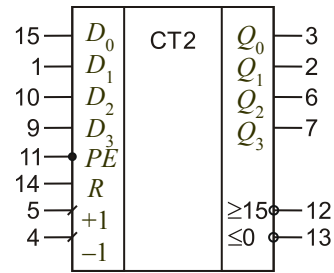
## *Типовые последовательностные схемы.*

### *Микросхемы счетчиков*

- Если модуль счета небольшой, то можно синтезировать счетчик на базе МИС (на основе ИС триггеров). Иначе можно построить счетчик как декомпозицию двух счетчиков: одного на базе стандартной СИС, другого – на базе МИС. Общий коэффициент счета равен произведению двух коэффициентов счета. Кроме того, можно за счет дополнительных схем уменьшить стандартный коэффициент счета путем принудительного сброса в некотором состоянии. На базе счетчиков строят таймеры.

# 155ИЕ7

- ИЕ7



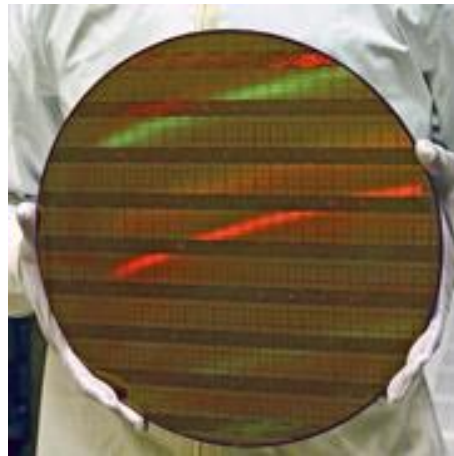
**Условное графическое  
обозначение счетчика  
со счетными входами +1,-1**

# **Десятичный счетчик 155ИЕ2 (74290)**

- **Десятичный счетчик 155ИЕ2  
(74290)**

# Получаем символическую форму требуемой ПФ


- **Кристалл кремния**






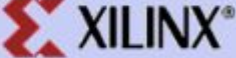





# ПЛИС

Структура ПЛИС

Конференция 2007

 ПЛИС (англ. programmable logic devices – PLD) программируемые логические интегральные схемы.

Designed by ©2007 Intel

# Процессоры и микроконтроллеры

