

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 03.05.2024 09:50:29
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e666880c4a5d146019e011e40c73a440c8a1c57b009

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
«15» 05 2024 г.



СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов направления подготовки 09.03.01

Курск 2021

УДК 681.3.049.77

Составитель: И.Е. Чернецкая, В.И. Иванов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Ю.А. Халин*

Счетчики импульсов: методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов направления подготовки 09.03.01 / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: И.Е. Чернецкая, В.И. Иванов. – Курск, 2021. – 16 с.: Библиогр.: с. 16.

Содержат основные сведения о принципах проектирования и исследования двоично-кодированных счетчиков и счетчиков с недвоичным кодированием. Приведены рекомендации по применению программы моделирования электронных схем для изучения функционирования счетчиков.

Предназначены для студентов направления подготовки 09.03.01 очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.01.21. Форма 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,84. Тираж 50 экз. Заказ. 228 Бесплатно
Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Содержание

1	Цель работы	4
2	Основные теоретические положения	4
2.1	Двоичные и двоично-кодированные счетчики	4
2.2	Счетчики с недвоичным кодированием	6
3	Программа исследований	7
4	Методика проведения синтеза	8
5	Контрольные вопросы	15
5	Содержание отчета	16
	Библиографический список	16

1 Цель работы

Исследование схем двоично-кодированных счетчиков и счетчиков с недвоичным кодированием, изучение методов синтеза синхронных счетчиков, приобретение навыков в сборке и наладке пересчетных схем.

2 Основные теоретические положения

2.1 Двоичные и двоично-кодированные счетчики

Специфичной для счетчиков является микрооперация инкремента или декремента, то есть изменение содержимого на единицу. Состояние счетчика выражается двоичным кодом, считываемым с выходов триггеров, например, для четырехразрядного счетчика – кодом $Q_3Q_2Q_1Q_0$. Счетчик характеризуется, прежде всего, *модулем счета* (емкостью) M , равным количеству различных состояний, составляющих цикл работы.

В *параллельных* счетчиках переключение триггеров во всех разрядах осуществляется синхронно по счетному импульсу, при этом новое состояние триггера в каждом разряде определяется сигналами на его информационных входах, которые вырабатываются в комбинационной схеме.



Рисунок 1 – Схема 4-разрядного счетчика на JK-триггерах

На рисунке 1 в качестве примера приведена структурная схема синхронного счетчика на JK-триггерах. Сигналы с выходов триггеров поступают в комбинационную схему, которая преобразует их в сигналы возбуждения триггеров. Указанные сигналы подаются на информационные входы J_i и K_i ($i = 0, \dots, 3$) триггеров и подготавливают их для переключения счетчика в требуемое состояние. Переключение триггеров происходит по счетному импульсу, поступающему на синхровходы триггеров.

Функции возбуждения каждого i -го триггера определяются “старым” состоянием счетчика $Q_3Q_2Q_1Q_0$ (до переключения), и их вид зависит от алгоритма счета и от типа применяемых триггеров.

Таким образом, если задан тип триггера, то задача логического проектирования схемы счетчика заключается в составлении функций возбуждения каждого триггера и минимизации найденных функций в заданном базисе.

Двоичные счетчики. Модуль n -разрядного двоичного счетчика соответствует целой степени двойки ($M = 2^n$). По направлению счета различают суммирующие (Up-counter), вычитающие (Down-counter) и реверсивные (Up-down-counter) счетчики.

Структуру двоичного счетчика можно получить эвристическим путем (внимательно рассмотрев особенности последовательности двоичных чисел) или с применением формального синтеза.

Рассмотрим случай суммирующего счетчика. В процессе прибавления единицы к двоичному числу, например,

$$\begin{array}{r}
 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1 \\
 + \\
 \hline
 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0
 \end{array}$$

результат отличается от исходного числа только в младших разрядах до первого нулевого включительно. Изменение заключается в инвертировании состояний. В этом и состоит функция счетчика.

Для переключения триггера в i -м разряде ему необходимо обеспечить режим T -триггера при наличии сигнала переноса p_i , который должен возникать, если триггеры во всех младших разрядах

В случае вычитающего счетчика результат отличается от исходного числа во всех младших разрядах до первого единичного включительно. Следовательно, для переключения триггера в i -м разряде ему необходимо обеспечить режим T -триггера при наличии сигнала заема z_i , который должен возникать, если триггеры во всех младших разрядах были в нулевом состоянии, т. е.

$$z_i = \bar{Q}_{i-1}\bar{Q}_{i-2}\dots\bar{Q}_1\bar{Q}_0.$$

Сигнал переноса (или заема) используется для формирования функций возбуждения триггера в соответствии с таблицей переходов применяемых триггеров.

Из формул для переноса (заема) видно, что эти сигналы во всех разрядах счетчика вырабатываются одновременно с помощью многовходовых конъюнкторов. В счетчиках со **сквозным** переносом сигнал переноса (заема) распространяется по цепочке двухвходовых конъюнкторов:

$$p_i = p_{i-1}Q_{i-1} \text{ или } z_i = z_{i-1}\bar{Q}_{i-1}.$$

Сигнал переноса распространяется до ближайшего разряда, содержащего нуль, а сигнал заема – до ближайшего разряда, содержащего единицу.

2.2 Счетчики с недвоичным кодированием

Наибольшее практическое значение среди счетчиков с недвоичным кодированием состояний имеют счетчики с кодом Грея, счетчики Джонсона и счетчики с кодом "1 из N".

Счетчики в коде Грея. Этот код известен с 70-х годов XIX века, однако оказался связанным с именем Ф. Грея только в 50-х годах XX века, когда Ф. Грей применил его для построения преобразователя угловых перемещений в цифровой код, обладающего явными преимуществами перед преобразователем с двоичным кодом. Код Грея относится к таким, в которых при переходе от любой кодовой комбинации к следующей изменяется только один разряд. В схемотехнике счетчиков это свойство устраняет одновременное переключение многих разрядов, характерное для двоичных счетчиков при некоторых переходах.

Одновременное переключение многих элементов создает такие токовые импульсы в цепях питания схем, которые могут вызывать сбои в работе схемы. В ряде БИС/СБИС применение двоичных счетчиков большой разрядности не разрешается, и они заменяются счетчиками с кодом Грея и последующим преобразованием кода Грея в двоичный.

Сложность счетчика с кодом Грея незначительно увеличена по сравнению со сложностью двоичного счетчика, преобразователь кодов также относительно прост.

3 Программа исследований

3.1. Разработать схему счетчика в соответствии с вариантом задания и указанным преподавателем типом триггера (JK или D). Эта часть работы выполняется в ходе домашней подготовки к занятиям.

Таблица 1 – Варианты заданий

Варианты задания															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Последовательность состояний счетчика															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	8	8	8	8
5	3	9	3	A	3	6	6	6	C	5	C	A	9	C	9
d	7	b	2	b	b	E	E	E	E	7	8	E	1	d	b
9	F	F	6	9	A	F	A	F	F	6	9	6	3	F	A
b	b	7	7	8	E	7	b	d	d	E	d	7	7	E	E
A	9	6	5	C	6	5	F	5	9	F	5	5	F	6	F
E	8	E	4	4	7	d	7	7	b	d	1	d	E	7	d
6	C	A	C	5	5	9	3	3	A	C	3	9	6	3	5
2	4	8	8	1	4	8	1	1	2	8	2	1	4	2	1

На рисунке 2 поясняются условные обозначения состояний триггеров счетчика, которые используются в таблице 1.

Q_0				
	0	1	3	2
	4	5	7	6
Q_2	C	d	F	E
	8	9	b	A
	Q_1			
				Q_3

Рисунок 2 – Обозначение кодов состояний в 16-ричных символах

3.2. Провести анализ счетчика на способность автоматически самовосстанавливаться после сбоя. Для этого необходимо рассмотреть, какие переходы будет осуществлять счетчик из каждого запрещенного состояния. В нашем примере составим таблицу переходов для шести таких состояний.

3.3. Собрать схему счетчика на рабочем столе программы моделирования электронных схем, подключить к выходам триггеров светодиодные индикаторы и цифровой семи-сегментный индикатор, соединить входы логического анализатора с выходом генератора импульсов и выходами триггеров. Установить низкую частоту импульсов 1 Гц и проверить функционирование счетчика по показаниям индикаторов. Принудительно устанавливая в триггерах запрещенные комбинации, проверить схему на самовосстановление после сбоя.

Установить частоту импульсов 1 кГц, запустить логический анализатор и получить временные диаграммы входных импульсов и выходов счетчика Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 .

4 Методика проведения синтеза

Пример синтеза функций возбуждения триггеров 4-разрядного параллельного счетчика с произвольным порядком счета и неполным числом состояний. На рисунке 3 представлен вариант задания.

Модуль счета $M = 10$. Стартовое состояние – 0000, финишное – 0100. Счетчик реализуется на JK-триггерах.

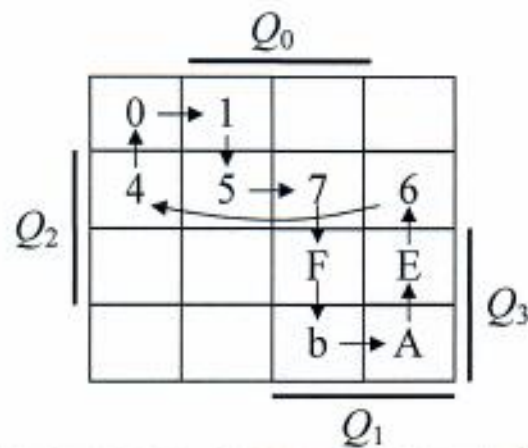


Рисунок 3 – Схема переключения состояний счетчика

Таблица 2 – Таблица переходов JK-триггера

Q_t	Q_{t+1}	J	K
0	0	0	×
0	1	1	×
1	0	×	1
1	1	×	0

Используя таблицу переходов JK-триггера, представленную в таблице 2, заполняем таблицу состояний счетчика и необходимых сигналов на входах всех триггеров.

Таблица 3 – Таблица функций возбуждения триггеров

Состояния триггеров									Входные сигналы триггеров							
в момент t					в момент $t+1$											
	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	×	0	×	0	×	1	×
1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	×	1	×	0	×	×	0
5	0	1	0	1	0	1	1	1	0	×	×	0	1	×	×	0
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	×	×	0	×	0	×	0
F	1	1	1	1	1	0	1	1	×	0	×	1	×	0	×	0
b	1	0	1	1	1	0	1	0	×	0	0	×	×	0	×	1
A	1	0	1	0	1	1	1	0	×	0	1	×	×	0	0	×
E	1	1	1	0	0	1	1	0	×	1	×	0	×	0	0	×
6	0	1	1	0	0	1	0	0	0	×	×	0	×	1	0	×
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	×	×	1	0	×	0	×

Заполняем диаграммы Вейча для функций J и K триггеров всех четырех разрядов счетчика и производим минимизацию функций J_i и K_i . Из 16 возможных состояний триггеров используются только 10, а остальные шесть при правильной работе счетчика не должны появляться. На этих наборах аргументов значения функций возбуждения триггеров можно выбирать произвольно.

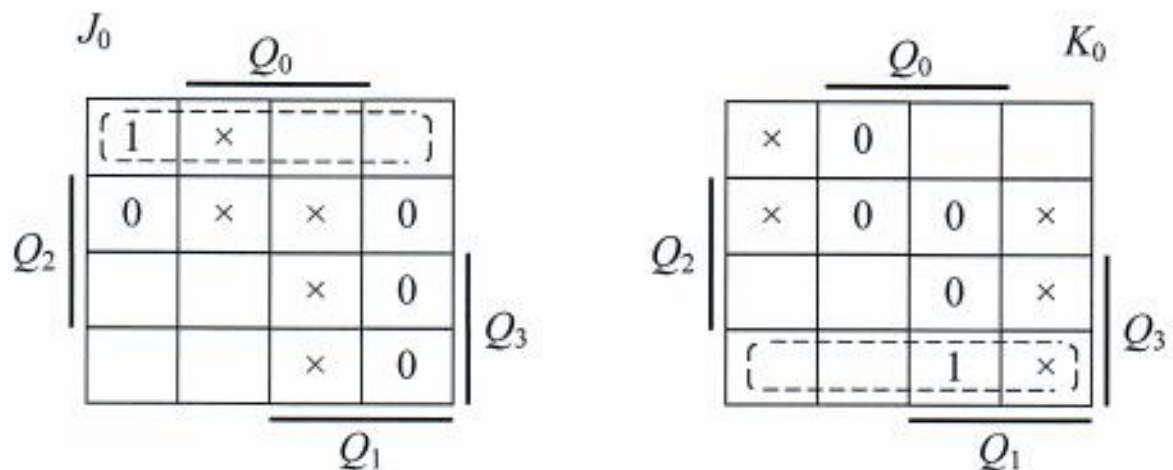


Рисунок 4 – Диаграммы Вейча для функций возбуждения триггера младшего разряда: $J_0 = \bar{Q}_3\bar{Q}_2$, $K_0 = Q_3\bar{Q}_2$.

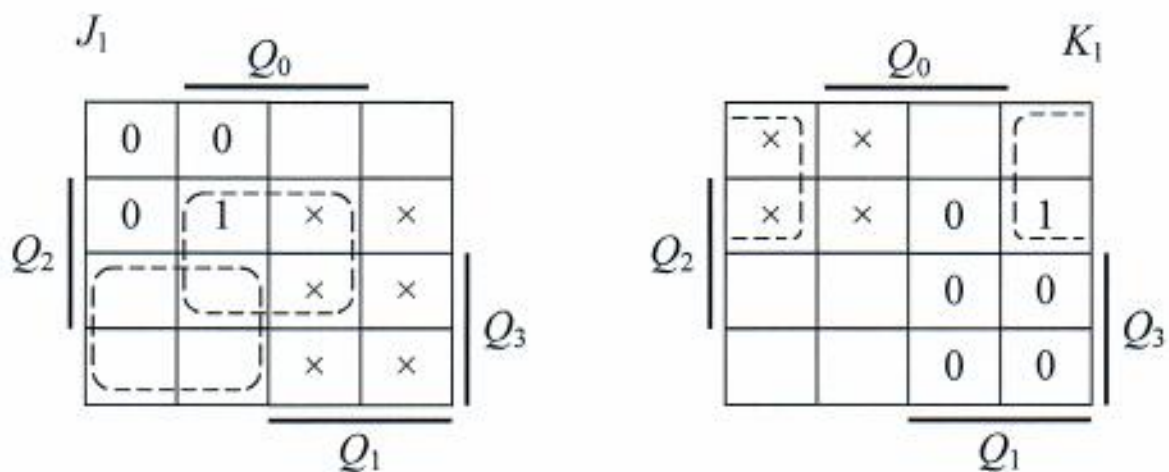


Рисунок 5 – Диаграммы Вейча для функций возбуждения триггера 1-го разряда: $J_1 = Q_2Q_0$, $K_1 = \bar{Q}_3\bar{Q}_0$.

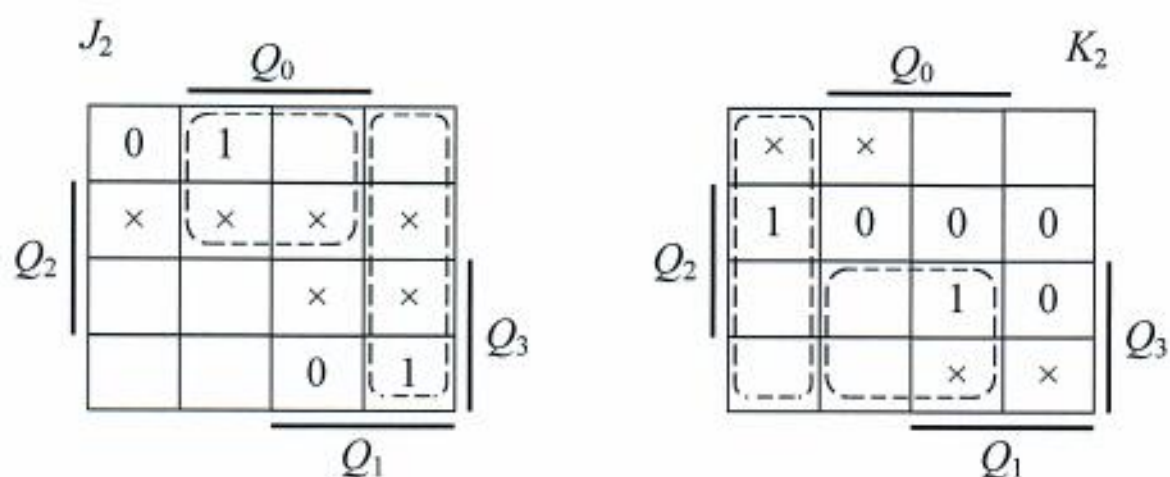


Рисунок 6 – Диаграммы Вейча для функций возбуждения триггера 2-го разряда: $J_2 = \overline{Q_3}Q_0 \vee Q_1\overline{Q_0}$, $K_2 = Q_3Q_0 \vee \overline{Q_1}\overline{Q_0}$.

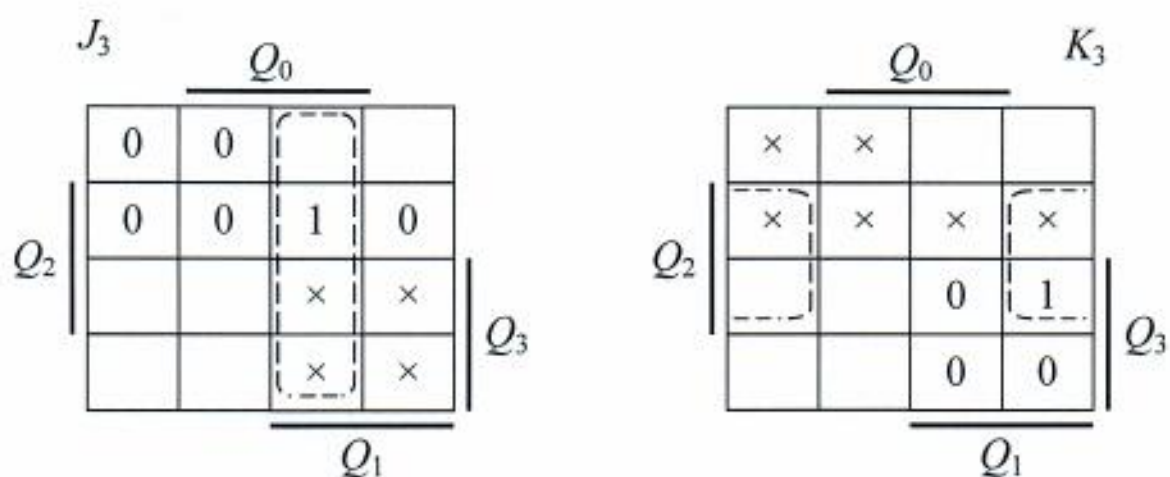


Рисунок 7 – Диаграммы Вейча для функций возбуждения триггера 3-го разряда: $J_3 = Q_1Q_0$, $K_3 = Q_2\overline{Q_0}$.

Проводим анализ счетчика на способность автоматически самовосстанавливаться после сбоя. Для этого необходимо рассмотреть, какие переходы будет осуществлять счетчик из каждого запрещенного состояния. В нашем примере составим таблицу переходов для шести таких состояний.

Таблица 4 – Таблица переходов счетчика из запрещенных состояний

Состояние в момент t					Входные сигналы триггеров								Состояние в момент $t+1$				
	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	
2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	F
3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	5
8	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	8
9	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	8
C	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
d	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	b

Из таблицы 4 видно, что из двух запрещенных состояний, а именно 1000 и 1001, счетчик не сможет войти в правильный цикл работы, то есть эта схема не обладает способностью автоматически восстанавливаться после сбоя. Необходимо скорректировать некоторые сигналы возбуждения триггеров. Для этого достаточно в сигнал J_1 ввести дополнительный терм: $J_1 = Q_2 Q_0 \vee Q_3 \bar{Q}_1$, что показано на рисунке 5. В таблице 5 показаны переходы счетчика из запрещенных состояний после коррекции сигнала J_1 .

Таблица 5

Состояние в момент t					Входные сигналы триггеров								Состояние в момент $t+1$				
	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	
2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	F
3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	5
8	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	A
9	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	A
C	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	2
d	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	b

На рисунке 8 изображен граф переходов счетчика.

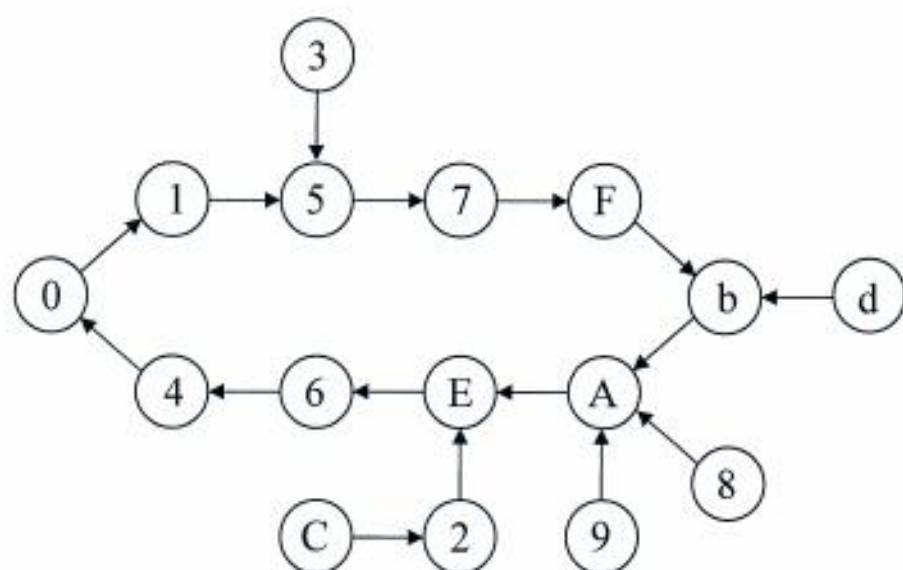


Рисунок 8 – Граф переходов счетчика

Собираем схему счетчика (см. рисунок 9), подключаем к выходам триггеров светодиодные индикаторы и цифровой семи-сегментный индикатор, соединяем входы логического анализатора с выходом генератора импульсов и выходами триггеров. Ключи «1», «2», «3», «4» в нормальном состоянии должны быть подключены к общей шине, так как у применяемых в счетчике триггеров активный уровень асинхронных сигналов S и R – высокий.

Устанавливаем низкую частоту импульсов 1 Гц и проверяем функционирование счетчика по показаниям индикаторов. Принудительно, на короткое время размыкая ключи, устанавливаем в триггерах запрещенные комбинации и проверяем схему счетчика на самовосстановление после сбоя.

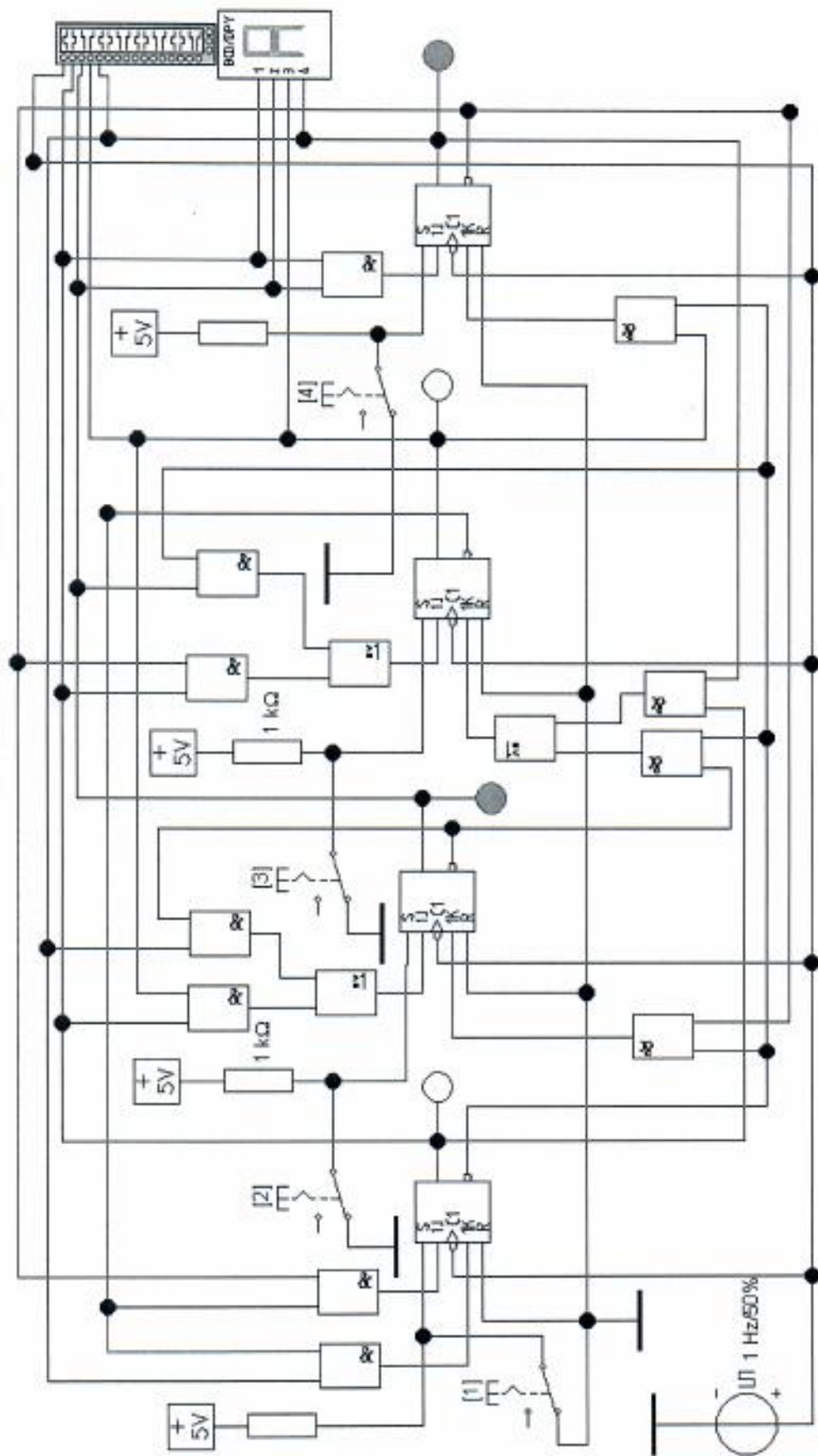


Рисунок 9 – Схема счетчика

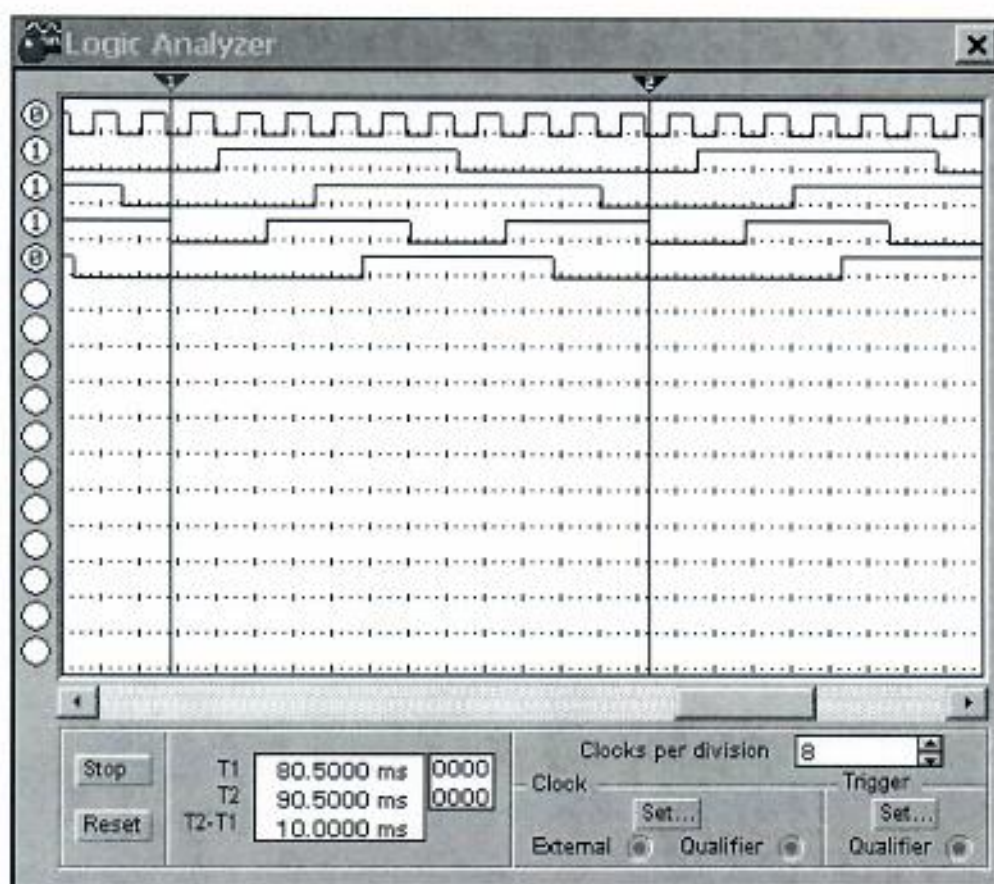


Рисунок 10 – Временные диаграммы на входе и выходах счетчика

Устанавливаем частоту импульсов 1 кГц, запускаем логический анализатор и получаем временные диаграммы входных импульсов и выходов счетчика Q_0 , Q_1 , Q_2 , Q_3 . Диаграммы сигналов показаны на рисунке 10.

5 Контрольные вопросы

1. В чем различие организации управления триггерами в суммирующем и вычитающем двоичных счетчиках?
2. В чем суть параллельного, сквозного и группового переносов в двоичных счетчиках?
3. Чем объяснить опасность временных состязаний (“гонок”) в многоразрядных пересчетных схемах?

4. Какие типы триггеров можно применять в пересчетных схемах, а какие – нет?
5. Чем ограничивается максимальная частота счетных импульсов на входе счетчика?
6. Как используются “лишние” (запрещенные) состояния двоично-кодированного счетчика с модулем счета $M < 2^n$ при синтезе схемы счетчика?
7. В чем заключается проблема самовосстановления после сбоя пересчетной схемы с неполным использованием всех состояний триггеров?
8. Как обеспечить самовосстановление после сбоя в пересчетной схеме с неполным использованием всех состояний триггеров?

6 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) наименование работы и цель исследований;
- 3) задание на лабораторную работу;
- 4) описание синтеза счетчика;
- 5) схему счетчика;
- 6) временные диаграммы импульсов на входе и выходах счетчика.

Библиографический список

1. Угрюмов, Е.П. Цифровая схемотехника [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е.П. Угрюмов. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. –528 с.
2. Угрюмов, Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е.П. Угрюмов. – М.: Высш. шк., 1987. –318 с.
3. Иванов В.И. Проектирование цифровых устройств: учебное пособие / В.И. Иванов, В.С. Титов, М.В. Бобырь, А.С. Ястребов; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2011. –100 с.