

БГУИР

Кафедра ЭВМ

Отчет по лабораторной работе № 5
Тема: «Исследование работы счетчиков»

Выполнил:

Проверил:

Минск 2023

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучить работу счетчиков.

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАБОТЕ

Работа выполняется на базовом лабораторном стенде NI ELVIS II с использованием модуля dLab12, dLab13 и dLab14 для исследования работы счетчиков.

В процессе выполнения данной лабораторной работы требуется выполнить следующие задачи:

- Получить таблицы истинности и диаграммы состояний двоичного счетчика и двоичного-десятичного счетчика в статическом и динамическом режиме;
- Определить тип двоичного счетчика и двоично-десятичного счетчика (суммирующий или вычитающий) и их коэффициент пересчета;
- Изучить работы двоичного счетчика, двоично-десятичного счетчика в режиме счета и определение перепада уровня импульсов на входе «С», по которому происходит переключение счетчика;
- Определить комбинации входных сигналов «R1» и «R2», соответствующих режимам работы двоичного счетчика;
- Определить комбинации входных сигналов «R1» и «R2», «S1» и «S2», соответствующих режимам работы двоично-десятичного счетчика;
- Определить возможности в статическом режиме реверсивного счетчика, зарегистрировать изменение сигнала окончания счета (сигнала переноса) «PU» при появлении на выходе счетчика кода «1111» и изменение сигнала переноса «PD» при появлении на выходе счетчика кода «0000»;
- Определить логический сигнал «L», при котором происходит параллельная загрузка в реверсивном счетчике;
- Определить перепад на тактовых входах «CU» и «CD», по которому происходит изменение состояния счетчика, и состояний счетчика, при которых формируются сигналы переноса «PU» и «PD», в режимах счета на увеличение и уменьшение реверсивного счетчика;
- Определить уровни входных сигналов на входах «R» и «L», при которых происходят, соответственно, сброс и загрузка счетчика, и условий, при которых происходит формирование сигналов переноса «PU» и «PD», в режимах сброса и параллельной загрузки реверсивного счетчика.

3 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

3.1 Двоичный счетчик

Счетчиком называется устройство для подсчета числа входных импульсов. При поступлении каждого импульса на тактовый вход С состояние счетчика изменяется на единицу. Счетчик можно реализовать на нескольких триггерах, при этом состояние счетчика будет определяться состоянием его триггеров. В суммирующих счетчиках каждый входной импульс увеличивает число на его выходе на единицу, в вычитающих счетчиках каждый входной импульс уменьшает это число на единицу. Наиболее простые счетчики – двоичные. На рисунке 3.1 представлен суммирующий двоичный счетчик.

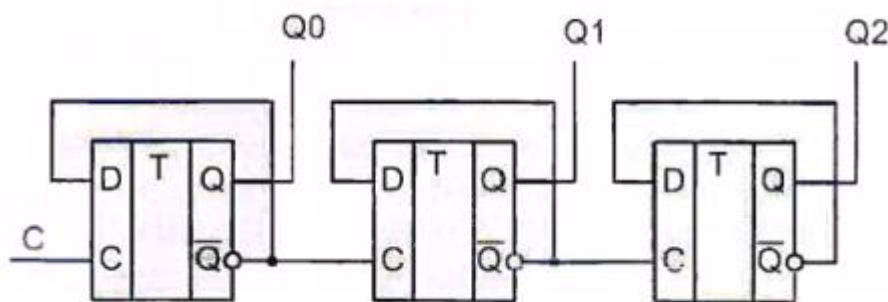


Рисунок 3.1 – Двоичный суммирующий счетчик

При построении счетчика триггеры соединяют последовательно. Выход каждого триггера непосредственно действует на тактовый вход следующего. Для того чтобы реализовать суммирующий счетчик, необходимо счетный вход очередного триггера подключать к инверсному выходу предыдущего. Для того чтобы изменить направление счета (реализовать вычитающий счетчик), можно предложить следующие способы:

- считывание выходных сигналов счетчика не с прямых, а с инверсных выходов триггеров;
- изменение структуры связей в счетчике путем подачи на счетный вход триггера сигнала не с инверсного, а с прямого выхода предыдущего каскада.

Счетчики характеризуются числом состояний в течение одного периода (цикла) счета. Число состояний определяется количеством триггеров m в структуре счетчика. Так для двоичного счетчика при $m = 3$ число состояний равно $2^m = 2^3 = 8$ (выходной код изменяется от 000 до 111). Число состояний счетчика принято называть коэффициентом пересчета $K_{СЧ}$. Этот коэффициент равен отношению числа импульсов $N_{ВХ}$ на входе к числу импульсов $N_{ВЫХ}$ на выходе старшего разряда счетчика за период счета:

$$K_{СЧ} = \frac{N_{ВХ}}{N_{ВЫХ}}.$$

Если на вход счетчика подавать периодическую последовательность импульсов с частотой $f_{\text{ВХ}}$, то частота $f_{\text{ВЫХ}}$ на выходе старшего разряда счетчика будет меньше в $K_{\text{СЧ}}$ раз:

$$K_{\text{СЧ}} = \frac{f_{\text{ВХ}}}{f_{\text{ВЫХ}}}.$$

Поэтому счетчики можно использовать в качестве делителей частоты, величина $K_{\text{СЧ}}$ в этом случае будет называться коэффициентом деления. Для увеличения $K_{\text{СЧ}}$ приходится увеличивать число триггеров в схеме счетчика. Каждый дополнительный триггер удваивает число состояний счетчика, а, следовательно, и число $K_{\text{СЧ}}$. Для уменьшения коэффициента $K_{\text{СЧ}}$ можно в качестве выхода счетчика рассматривать выходы триггеров промежуточных каскадов. Например, для счетчика на трех триггерах $K_{\text{СЧ}} = 8$, если взять выход 2-го триггера, то $K_{\text{СЧ}} = 4$. При этом $K_{\text{СЧ}}$ всегда будет являться целой степенью числа 2, а именно: 2, 4, 8, 16 и т. д.

Интегральная микросхема К555ИЕ5 содержит 4 триггера. Первый триггер работает как делитель на 2. Он имеет тактовый вход С0 и выход Q0. Три остальных триггера образуют делитель на 8. Этот делитель имеет вход С1 и три выхода: Q1, Q2 и Q3. Оба делителя могут работать независимо друг от друга. Для организации счетчика-делителя на 16 нужно выход Q0 делителя на 2 соединить с тактовым входом С1 делителя на 8. На рисунке 3.2 показано условное графическое обозначение двоичного счетчика К555ИЕ5, включенного с коэффициентом пересчета $K_{\text{СЧ}} = 16$.

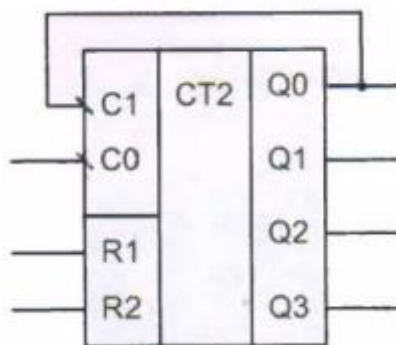


Рисунок 3.2 – Условное графическое обозначение двоичного счетчика К555ИЕ5

Режимы работы микросхемы К555ИЕ5, включенной с коэффициентом пересчета $K_{\text{СЧ}} = 16$, при различных значениях входных сигналов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Режимы работы микросхемы K555IE5

Режим работы	Вход			Выход			
	R1	R2	C0	Q0	Q1	Q2	Q3
Сброс	1	1	×	0	0	0	0
Счет	0	1	↓	Увеличение кода			
	1	0	↓				
	0	0	↓				

Примечания: – символ × обозначает безразличное состояние входа;
– символ ↓ обозначает срез тактового сигнала.

Микросхема имеет два входа асинхронного сброса R1 и R2, которые объединены логической функцией «И». При одновременной подаче сигналов логической 1 на входы сброса все триггеры устанавливаются в состояние логического 0. В режиме счета по срезу каждого тактового импульса, поступающего на вход C0, происходит увеличение выходного кода счетчика на единицу.

3.2 Двоично-десятичный счетчик

Счетчик с коэффициентом пересчета $K_{Сч}$, равным любому целому числу, можно реализовать на основе двоичного счетчика путем ввода обратных связей для исключения запрещенных состояний. Например, для счетчика на трех триггерах реализуется $K_{Сч}$ в пределах от 2 до 7, но при этом один или два триггера могут оказаться лишними. При использовании всех трех триггеров можно получить $K_{Сч} = 5 \dots 7$, т.е. $2^2 < K_{Сч} < 2^3$. Счетчик с $K_{Сч} = 5$ должен иметь 5 состояний, которые в простейшем случае образуют последовательность: {0, 1, 2, 3, 4}. Циклическое повторение этой последовательности означает, что коэффициент деления счетчика равен 5.

Для построения суммирующего счетчика с $K_{Сч} = 5$ надо, чтобы после формирования последнего числа из последовательности {0, 1, 2, 3, 4} счетчик переходил не к числу 5, а к числу 0. В двоичном коде это означает, что от числа 100 нужно перейти к числу 000, а не 101. Изменение естественного порядка счета возможно при введении дополнительных связей между триггерами счетчика. Можно воспользоваться следующим способом: как только счетчик попадает в нерабочее состояние (в данном случае 101), этот факт должен быть опознан и выработан сигнал, который перевел бы счетчик в состояние 000.

Нерабочее состояние счетчика описывается логическим уравнением:

$$F = (101) \vee (110) \vee (111) = Q2 \wedge \overline{Q1} \wedge Q0 \vee Q2 \wedge Q1 \wedge \overline{Q0} \vee Q2 \wedge Q1 \wedge Q0 = Q2 \wedge Q0 \vee Q2 \wedge Q1.$$

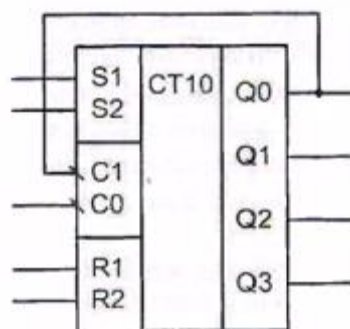


Рисунок 3.4 – Условное графическое обозначение двоично-десятичного счетчика K555IE2

Таблица 3.2 – Режимы работы микросхемы K555IE2

Режим работы	Вход					Выход			
	R1	R2	S1	S2	C0	Q0	Q1	Q2	Q3
Сброс	1	1	0	×	×	0	0	0	0
	1	1	×	0	×	0	0	0	0
Предварительная установка	×	×	1	1	×	1	0	0	1
Счет	0	×	0	×	↓	Увеличение кода			
	×	0	×	0	↓				
	0	×	×	0	↓				
	×	0	0	×	↓				

Примечания: – символ × обозначает безразличное состояние входа;
– символ ↓ обозначает срез тактового сигнала.

Микросхема имеет два входа асинхронного сброса R1 и R2, объединенные логической функцией «И». В счетчике предусмотрена возможность предварительной асинхронной установки двоичного кода 1001. Для этого используются входы S1 и S2, также объединенные логической функцией «И». В режиме счета по срезу каждого тактового импульса, поступающего на вход C0, происходит увеличение выходного кода счетчика на единицу.

Двоично-десятичные счетчики широко используются для построения цифровых измерительных приборов с удобным для оператора десятичным отсчетным устройством.

3.3 Реверсивный счетчик

Реверсивным называется счетчик, который может работать как в режиме суммирования, так и в режиме вычитания. Направление счета в

реверсивном счетчике определяется способом передачи сигнала между триггерами соседних разрядов, таким образом, реверсивный счетчик должен обязательно содержать в своем составе устройства, выполняющие функцию управления последовательностью счета. Счетчики находят широкое применение в вычислительных и управляющих устройствах, цифровых измерительных приборах. Отметим, что счетчик является цифровым аналогом генератора линейно изменяющегося напряжения, т.к. на его выходе может быть сформирован линейно изменяющийся код.

В зависимости от выбранного способа управления внутренними триггерами реверсивные счетчики могут быть как асинхронными (последовательными) так и синхронными (параллельными). Для построения асинхронного реверсивного счетчика достаточно с помощью коммутационных узлов обеспечить подачу сигналов с прямого (при суммировании) или с инверсного (при вычитании) выхода предыдущего триггера на вход последующего триггера.

На рисунке 3.5 показан один из вариантов построения асинхронного двоичного реверсивного счетчика.

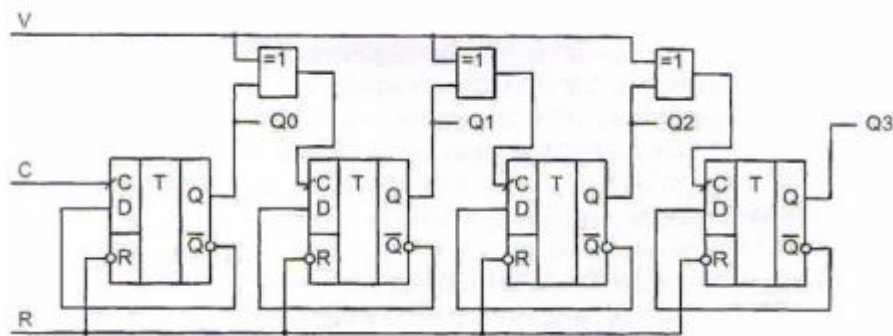


Рисунок 3.5 – Схема реверсивного асинхронного двоичного счетчика

В этой схеме в качестве коммутационного узла использованы логические элементы «Исключающее ИЛИ». При $V = 0$ элементы «Исключающее ИЛИ» работают как повторители входных логических сигналов, в результате чего реализуется схема суммирующего счетчика. При $V = 1$ элементы «Исключающее ИЛИ» инвертируют выходные сигналы триггеров предыдущих каскадов, в результате чего схема выполняет функции вычитающего счетчика.

Последовательные счетчики проще параллельных по устройству, но работают медленнее, кроме того, при переключении последовательной цепочки триггеров из-за задержки распространения тактового сигнала на их выходах могут кратковременно возникать ложные комбинации сигналов, нарушающие нормальную работу счетчика. В результате при смене направления счета записанная информация может быть потеряна.

Более совершенным в этом плане является синхронный реверсивный счетчик, в котором счетные импульсы поступают одновременно на входы всех триггеров. Примером синхронного реверсивного четырехразрядного счетчика является интегральная микросхема К555ИЕ7. Условное графическое обозначение счетчика К555ИЕ7 приведено на рисунке 3.6.

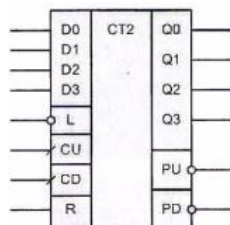


Рисунок 3.6 – Условное графическое обозначение счетчика К555ИЕ7

Счетчик имеет управляющий вход L, называемый также входом предварительной записи. Тактовые импульсы подаются на счетные входы: CU – прямого счета и CD – обратного счета. Если на вход CU приходит фронт 9 тактового импульса, то содержимое счетчика увеличивается на единицу. Аналогичный перепад, поданный на вход CD, уменьшает на единицу содержимое счетчика. Информационные входы D0-D3 позволяют записать в счетчик начальный код, с которого будет выполняться изменение состояния счетчика. Запись производится подачей логического нуля на управляющий вход L. При этом информация с D1-D4 записывается в триггеры счетчика и появляется на его выходах Q0-Q3, независимо от состояния сигналов на счетных входах CU и CD. Выходы счетчика Q3-Q0 имеют веса 8-4-2-1. Для каскадного наращивания нескольких счетчиков предусмотрены выходы окончания счета на увеличение (PU) и окончания счета на уменьшение (PD). Эти выходы подключаются, соответственно, к входам CU и CD, следующего (старшего) счетчика.

Временная диаграмма переключений реверсивного счетчика показана на рисунке 3.7.

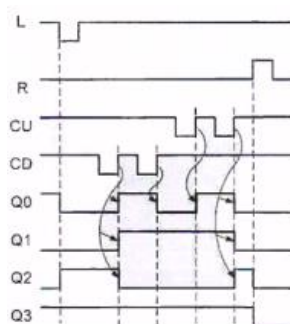


Рисунок 3.7 – Временная диаграмма переключений реверсивного счетчика

В зависимости от состояний входов возможны следующие режимы работы реверсивного счетчика (таблица 3.3):

– *режим счета* реализуется, когда $L = 1$: при подаче счетных импульсов на счетный вход CU происходит увеличение двоичного выходного кода, при подаче счетных импульсов на счетный вход CD – уменьшение, информационные входы DO-D3 могут находиться в любом состоянии, что обозначено в таблице символом \times ;

– *режим параллельной записи* обеспечивается, когда $L = 0$, при этом кодовые наборы, установленные на информационных входах, повторяются на выходах соответствующих разрядов, независимо от состояния счетных входов;

– *сброс счетчика* осуществляется подачей высокого уровня напряжения на вход R, что приводит к отключению всех других входов и запрещению записи. В результате на информационных выходах устанавливаются сигналы $Q_n = 0$ ($n = 0, 1, 2, 3$), на выходе окончания счета на увеличение – сигнал $PU = 1$, а сигнал на выходе окончания счета на уменьшение PD дублирует состояние счетного входа CD. Во всех других режимах $R = 0$.

Таблица 3.3 – Режимы работы реверсивного счетчика

Режим	Вход								Выход					
	R	L	CU	CD	D0	D1	D2	D3	Q0	Q1	Q2	Q3	PU	PD
Сброс	1	\times	\times	0	\times	\times	\times	\times	0	0	0	0	1	0
	1	\times	\times	1	\times	\times	\times	\times	0	0	0	0	1	1
Параллельная запись	0	0	\times	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	\times	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	0	\times	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	0	0	1	\times	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Счет на увеличение	0	1	\uparrow	1	\times	\times	\times	\times	Увеличение кода				1	1
Счет на уменьшение	0	1	1	\uparrow	\times	\times	\times	\times	Уменьшение кода				1	1

Примечания: – символ \times обозначает безразличное состояние входа;
– символ \uparrow обозначает фронт тактового сигнала.

Режимы сброса и параллельной записи используются для начальной установки счетчика. Режим счета является основным рабочим режимом устройства.

4 ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

4.1 Двоичный счетчик в статическом режиме

Условное графическое изображение параллельного регистра представлено на рисунке 4.1.

При подаче на тактовый вход «С» одиночных импульсов в ручном режиме значения выходов «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» изменяются так, что за 16 тактов проходит полный цикл пересчета счетчика. Диаграмма состояний и таблица истинности работы двоичного счетчика приведены на рисунке 4.2 и рисунке 4.3 соответственно.

5 ВЫВОД

В процессе выполнения лабораторной работы была изучена работа двоичного счетчика, двоично-десятичного счетчика, реверсивного счетчика. Для них были построены таблицы истинности и диаграммы состояний.

В ходе изучения были определены типы исследуемых двоичного счетчика и двоично-десятичного счетчика и их коэффициента пересчета. Так же была изучена работа данных счетчиков в режиме счета и определен перепад уровня импульсов на входе «С», по которому происходит их переключение. Были определены комбинации входных сигналов «R1» и «R2» для двоичного счетчика и «R1», «R2», «S1», «S2» для двоично-десятичного счетчика, соответствующие режимам работы данных счетчиков.

При изучении работы реверсивного счетчика в статическом режиме была определена возможность зарегистрировать изменение сигнала окончания счета (сигнала переноса) «PU» при появлении на выходе счетчика кода «1111» и изменение сигнала переноса «PD» при появлении на выходе счетчика кода «0000». Так же был определен логический сигнал «L», при котором происходит параллельная загрузка.

В режимах счета на увеличение и уменьшение реверсивного счетчика был определен перепад на тактовых входах «CU» и «CD», по которому происходит изменение состояния счетчика, и состояния счетчика, при которых формируются сигналы переноса «PU» и «PD». Кроме того, были определены уровни входных сигналов на входах «R» и «L», при которых происходят, соответственно, сброс и загрузка счетчика, и условия, при которых происходит формирование сигналов переноса «PU» и «PD», в режимах сброса и параллельной загрузки реверсивного счетчика.