Одобрено и рекомендовано к изданию в качестве методических указаний редакционно-издательским советом университета

Кафедра вычислительной техники

Составитель – доцент А.П.Королев.

Рецензент-доцент кафедры ИС П.А. Тарасенко

Редактор РИО Е.Г. Петрова

По тематическому плану внутривузовских изданий методической литературы на 2012 год, поз.1.

Подписано к печати 13.12.2012 Тираж 300 экз.

Объем 3 уч. - издания 2,25 п.л. Заказ №1

Типография Московского Государственного Университета Леса

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**К лабораторным работам по дисциплине**

**«СХЕМОТЕХНИКА ЭВМ» с использованием САПР Altera Quartus II (Часть II)**

(для студентов специальности 220100)

Москва – 2012

Предисловие

Настоящее методическое указание обеспечивает самостоятельное выполнение цикла лабораторных работ по дисциплине «Схемотехника ЭВМ», общей целью которых являются овладение методикой синтеза схем счетчиков различных типов.

Для успешного выполнения лабораторных работ студентам необходимо знать изложенные ниже общие сведения о счетчиках.

Счетчиком называется функциональный узел, способный осуществлять прибавление единицы к числу или вычитание единицы из числа.

Счетчики делятся по своей организации на два больших класса - комбинационные и накапливающие счетчики. В накапливающих счетчиках для формирования результата счетной операции и его хранения используются триггеры. В счетчиках же комбинационного типа результат выполнения счетной операции формируется комбинационной схемой. Поскольку комбинационный счетчик не способен самостоятельно хранить результат счетной операции, то он используется обычно совместно с регистром хранения. По этой причине наибольшее распространение в последнее время получили накапливающие счетчики.

Любой накапливающий счетчик, предназначенный для выполнения счетных операций над n- разрядными двоичными словами, содержит в своем составе n триггеров. Обычно для реализации счетчиков используют двухступенчатые триггеры или триггеры с динамическим управлением. Кроме триггеров в состав схемы счетчика может входить комбинационная схема, служащая для управления переключением триггеров счетчика.

Обычно счетчики выполняют 2-5 микроопераций из следующего перечня:

-прибавление единицы к числу;

-вычитание единицы из числа;

-прием входного слова;

-установка в ноль;

-хранение.

Из-за малого количества микроопераций, выполняемых счетчиком, для инициирования выполнения каждой из них (кроме микрооперации хранения), как правило, используется свой внешний сигнал. Хранение же осуществляется в том случае, когда не выполняются другие микрооперации. Таким образом, счетчик обычно имеет 1-4 управляющих входа.

Под модулем пересчет счетчика понимают максимальное число счетных импульсов (М), которое счетчик способен сосчитать. После поступления М счетных импульсов счетчик должен вернуться в исходное состояние. В зависимости от значения М счетчики делятся на двоичные и двоично-кодированные. К двоичным относятся счетчики, у которых модуль пересчета может быть представлен как 2k, где К-целое число. Все же остальные счетчики относятся к двоично-кодированным.

Встречаются также счетчики с переменным модулем пересчета. Такие счетчики способны работать как счетчик с одним из заданных множеством М(m1,m2 ….mk) модулей пересчета.

Текущий модуль пересчета в таких счетчиках определяется значением внешних управляющих сигналов.

Частота импульсов на выходе старшего двоичного разряда счетчика с модулем пересчета М будет в М раз меньше, чем частота импульсов, поступающих на его счетный вход. Поэтому счетчик часто используется в качестве делителей частоты, обеспечивающих на выходе в М раз меньшую частоту сигнала, чем на входе. В соответствии с этим накапливающие счетчики по своему функциональному назначению делятся на счетчики-делители и счетчики-регистраторы.

Счетчик-регистратор имеет выходы для считывания значения, зарегистрированного в нем в данный момент двоичного слова, а счетчик-делитель на своих выходах формирует только сигналы переполнения счетчика. Встречаются также делители-регистраторы, совмещающие в себе обе рассмотренные функции.

По направлению счета накапливающие счетчики делят на суммирующие (прямого счета), вычитающие (обратного счета) и реверсивные (способные изменять направление счета).

По способу организации межразрядных связей накапливающие счетчики делятся на последовательные (асинхронные), параллельные (синхронные) и параллельно-последовательные.

Для реализации счетчика любого типа, который имеет модуль пересчета М, требуется такое количество триггеров N, которое определяется следующим выражением:

N=int(log2(M-1) )+1, (1)

При этом под выражением int(x) подразумевается целая часть числа X.

Если же разрабатываемый счетчик является счетчиком с переменным модулем пересчета, то для определения количества триггеров, необходимых для его реализации, в выражение (1) подставляется максимальное значение модуля пересчета.

Лабораторная работа №1

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СЧЕТЧИКОВ.**

Цель лабораторной работы

Овладение методом синтеза и изучение схем параллельных накапливающих счетчиков, изучение особенностей синтеза вычитающих, реверсивных счетчиков и счетчиков с переменным модулем пересчета, а также приобретение навыков в моделировании, макетировании, наладке и экспериментальном исследовании счетчиков.

Общие сведения.

В счетчиках параллельного типа счетные (тактирующие) импульсы одновременно поступают на синхровходы всех триггеров счетчика, обеспечивая их одновременное (синхронное) переключение.

Благодаря одновременному срабатыванию всех триггеров параллельного счетчика, данный тип счетчиков является наиболее быстродействующим, что обеспечивает его широкое применение в цифровой аппаратуре.

Обобщенная структура параллельного счетчика приведена на рис. 1



рис.1

Кроме триггеров в состав схемы счетчика должна входить комбинационная схема (КС). КС предназначена для формирования функций возбуждения триггеров счетчика в зависимости от текущего состояния его разрядов Q1…Qn , значения управляющих сигналов Y1…Yn, определяющих тип выполняемой счетчиком микрооперации, а также (в случае выполнения счетчиком микрооперации «прием входного слова») от значения разрядов входного слова b1…bn. Кроме того, если разрабатываемый счетчик является счетчиком с переменным модулем пересчета, на входы КС могут также поступать сигналы S1…Sk, определяющие текущий модуль пересчета.

Основным недостатком параллельных счетчиков является то, что при увеличении количества разрядов счетчика происходит усложнение структуры КС, влекущее за собой резкое увеличение аппаратных затрат, необходимых для реализации счетчика.

Подготовка к выполнению работы

1.Ознакомиться с классификацией счетчиков, общими сведениями о параллельных счетчиках и методикой их синтеза.

2.Синтезировать схему параллельного счетчика на базе JK триггеров с асинхронной установкой в ноль, направление счета и модули пересчета которого приведены в табл.1 в соответствии с заданным номером варианта задания. При синтезе схемы могут использоваться любые мультиплексоры и логические элементы из состава предоставленной библиотеки микросхем серии К155 (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 1). При этом полученная схема должна содержать минимальное количество корпусов микросхем.

3.Построить модель синтезированной схемы при помощиСАПР Altera Quartus II [1].

4.Получить временные диаграммы работы синтезированного счетчика путем моделирования его работы в режимах «functional» и «timing».

5.Сопоставить результаты моделирования с заданием на лабораторную работу.

6. Составить отчет о подготовке к лабораторной работе (в формате WORD) и выслать для проверки (вместе с проектом).

7.Ответить на контрольные вопросы.

Содержаниеотчета о подготовке к лабораторной работе

1.Задание на лабораторную работу и материалы по синтезу параллельного счетчика, отражающие все этапы проектирования его схемы.

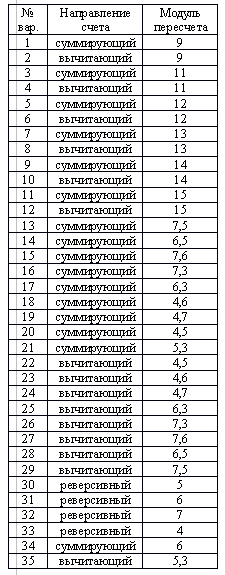
2.Временные диаграммы работы синтезированного счетчика, полученные путем моделирования его работы в режимах «functional» и «timing» (в режиме «timing» период синхросигнала (Т) необходимо подобрать таким образом, чтобы задержка счетчика не превышала 20-25 % от Т).

3.Модель схемы счетчика.

4.Функциональное обозначение синтезированного счетчика.

**Таблица 1**

Варианты заданий на лабораторную работу



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 36 | суммирующий | 17 |
| 37 | вычитающий | 17 |
| 38 | суммирующий | 18 |
| 39 | вычитающий | 18 |
| 40 | суммирующий | 19 |
| 41 | вычитающий | 19 |
| 42 | суммирующий | 20 |
| 43 | вычитающий | 20 |
| 44 | суммирующий | 21 |
| 45 | вычитающий | 21 |

Пример синтеза схем параллельных счетчиков

Рассмотрим методику синтеза параллельных счетчиков на конкретных примерах. В качестве первого примера нами будет рассмотрен синтез суммирующего счетчика с модулем пересчета 6 (вариант 34 задания на лабораторную работу).

Для реализации этого счетчика будем использовать двухступенчатые JK- триггеры и логические элементы.

Синтез счетчика любого типа начинается с определения количества триггеров, необходимых для построения счетчика. Для этого подставим заданное значение модуля пересчета 6 в выражение (1):

N=int(log2(6-1))+1=3.

Таким образом, счетчик будет трехразрядным. Обозначим значения разрядов нашего счетчика через Q1,Q2,Q3. Используя введенные обозначения, составим таблицу переходов счетчика, дополнив ее справа столбцами, определяющими значения функций возбуждения триггеров счетчика, обеспечивающие переключение соответствующих триггеров из текущего состояния в новое состояние (табл.2).

**Таблица 2**

Таблица переходов счетчика

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержимое счетчика в такте t | | | | Содержимое счетчика в такте t+1 | | | | Функции возбуждения триггера счетчика | | | | | |
| Десятичное число | Двоичный код числа | | | Десятичное число | Двоичный код числа | | | J3 | K3 | J2 | K2 | J1 | K1 |
| Q3 | Q2 | Q1 | Q3 | Q2 | Q1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | - | 0 | - | 1 | - |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | - | 1 | - | - | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | - | - | 0 | 1 | - |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | - | - | 1 | - | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 1 | - | 0 | 0 | - | 1 | - |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 0 | - | - | 1 |

Для удобства определения значений функций возбуждения перед заполнением таблицы переходов счетчика целесообразно сначала составить таблицу переключений используемого триггера, определяющую, при каких значения функций возбуждения триггера может быть реализовано заданное изменение состояния триггера. Для используемого в данном примере JK-триггера такая таблица приведена (табл.3).

**Таблица 3.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Значение триггера в такте t | Значение триггера в такте t+1 | Возможные значения функций возбуждения | |
| Q(t) | Q(t+1) | J | K |
| 0 | 0 | 0 | - |
| 0 | 1 | 1 | - |
| 1 | 0 | - | 1 |
| 1 | 1 | - | 0 |

Таблицы переключения триггеров составляются на основе таблицы входов соответствующего триггера. В случае если переключение триггера происходит независимо от значения какой-либо из функций возбуждения, то вместо значения данной функции в таблице проставляется символ неопределенность (“-”).

После заполнения таблицы переходов счетчика на основе данных, содержащихся в таблице переключения триггера, производится синтез КС. Общая методика синтеза многовыходных КС была рассмотрена при выполнении лабораторных работ №1 и 2 [1]. Поэтому не будем останавливаться подробно на синтезе данной комбинационной схемы, а приведем в качестве примера лишь реализацию функции J2(Q1,Q2,Q3). Данной функции соответствует карта Карно, представленная на рис.2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Q3 \ Q2 Q1 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | 0 | 1 | - | - |
| 1 | 0 | 0 | - | - |

рис.2

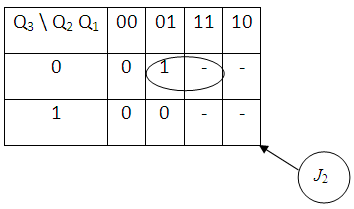


рис.2

При заполнении карт Карно следует учитывать, что в клетки карты, соответствующие неиспользуемым состояниям счетчика (после перенесения значения функций возбуждения из таблицы переходов в карту Карно эти клетки должны были остаться незаполненными), необходимо вписать символ неопределенности(“-”).

В результате минимизация функций J2 получаем следующее выражение:

J2 min=;

Аналогичным образом могут быть получены выражения для остальных функций возбуждения триггера счетчика. В результате система функций возбуждения будет иметь следующий вид:

J1 min=1;

K1 min=1;

J2 min =;

K2 min=;

J3 min=;

K3 min=;

В соответствии с полученными логическими выражениями для КС построена функциональная схема счетчика, представленная на рис.3.



рис.3

Микрооперация «установка в ноль» для данной схемы выполняется путем подачи сигнала «R» на объединенные входы асинхронной установки в ноль триггеров счетчика, а микрооперация «прибавление единицы к числу» - путем подачи счетного импульса на вход «С» счетчика.

Для приведенной выше схемы счетчика может использоваться условие обозначение, представленное на рис.4.



рис.4

В качестве второго примера нами будет рассмотрен синтез вычитающего счетчика с переменным модулем пересчета (вариант 35 задания на лабораторную работу). Для реализации этого счетчика будем использовать двухступенчатые RS –триггеры и логические элементы.

Согласно заданию этот счетчик должен обеспечивать работу с модулями пересчета (М) равными 3 и 5.

Зная максимальное значение модуля пересчета, можно при помощи выражения (1) определить количество триггеров, необходимое для реализации схемы счетчика:

N= int(log2(Mmax-1))=int(log2(5-1))+1=3.

Обозначим значение разрядов нашего счетчика через Q1,Q2,Q3.

Поскольку синтезируемый счетчик имеет переменный модуль пересчета, нам нужно определить количество внешних сигналов, необходимое для кодирования текущего модуля пересчета. Количество этих сигналов (K) определяется при помощи следующего выражения:

K=int(log2(L-1))+1 (2),

где L-количество различных модулей пересчета, по которым может считать синтезируемый счетчик. Поскольку в нашем случае счетчик должен работать с модулем 5 и 3, то L=2.

Подставляя значение L в выражение (2), получим

K=int(log2(2-1))+1=1.

Таким образом, для кодирования текущего модуля пересчета нам потребуется один сигнал. Обозначим его через S. Осуществим кодирование используемых модулей пересчета. Результаты кодирования представим в табл. 4.

**Таблица 4.**

Коды используемых модулей пересчета.

|  |  |
| --- | --- |
| Модуль пересчета | Код модуля пересчета |
| S |
| 5 | 0 |
| 3 | 1 |

Составим таблицу переходов счетчика с учетом значения сигнала S (табл.5).

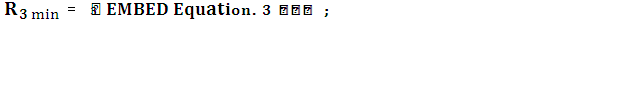
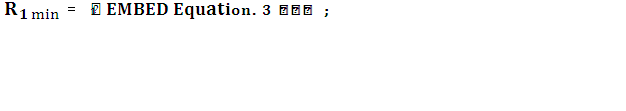
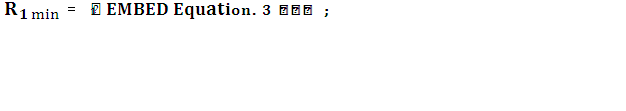
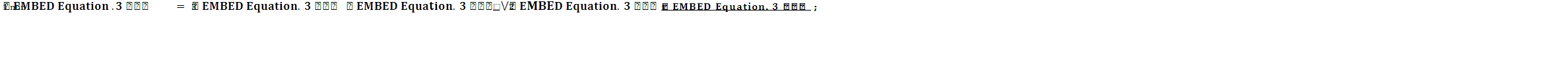
**Таблица 5**

Таблица переходов счетчика

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Код модуля пересчета | Содержимое счетчика в такте t | | | | Содержимое счетчика в такте t+1 | | | | Функции возбуждения триггера счетчика | | | | | |
| S | Десятичное число | Двоичный код числа | | | Десятичное число | Двоичный код числа | | | S3 | R3 | S2 | R2 | S1 | R1 |
| Q3 | Q2 | Q1 | Q3 | Q2 | Q1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | - | 0 | - |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | - | 0 | 1 |
| 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | - | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | - | 1 | 0 | 0 | - |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | - | 0 | 1 |
| 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | - | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | - | 0 | - |

При составлении таблиц переходов счетчика с переменным модулем пересчета следует предусмотреть обнуление счетчиков при их попадании в запрещенное для текущего модуля пересчета состояние. В нашем случае обнуление необходимо, если при M=3 счетчик имеет значение «3» или «4».

Синтез комбинационной схемы осуществляется, как в первом примере, путем минимизации функций возбуждения триггеров при помощи карт Карно. В результате минимизации может быть получена следующая система булевых функций:



В соответствии с полученными логическими выражениями для КС построена функциональная схема счетчика, представленная на рис.5.



рис.5

Для полученной схемы счетчика может использоваться условное обозначение, представленное на рис.6.



рис.6

В качестве последнего примера рассмотрим синтез реверсивного счетчика с модулем пересчета 4 (вариант 33 задания на лабораторную работу). Для реализации этого счетчика будем использовать D-триггеры с динамическим управлением по переднему фронту синхроимпульса, мультиплексоры и логические элементы.

Используя выражение (1), определим количество триггеров, необходимое для реализации схемы:

N=int(log2(4-1))+1=2.

Обозначим значения разрядов нашего счетчика через Q1 и Q2.

Поскольку синтезируемый счетчик реверсивный, то для задания направления счета необходимо использовать внешний управляющий сигнал. Введем для этого сигнала обозначение S. Пусть единичное значение сигнала S соответствует прямому счету, а нулевое значение - обратному счету. Составим таблицу переходов счетчика с учетом значения сигнала S (**табл. 6**).

**Таблица 6**

Таблица переходов счетчика.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Направление счета | Содержимое счетчика в такте t | | | Содержимое счетчика в такте t+1 | | | Функции возбуждения триггеров счетчика | |
| S | Десятичное число | Двоичный код числа | | Десятичное число | Двоичный код числа | | D2 D1 | |
| Q2 | Q1 | Q2 | Q1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 2 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Комбинационная схема счетчика должна формировать функции D1 и D2. Для реализации функции D1(S,Q1,Q2) в нашем случае никаких элементов не требуется, т.к. минимизированное выражение для этой функции имеет вид:

D1=;

Для реализации же функции D2(S,Q1,Q2) нам потребуется мультиплексор с двумя адресными входами. Произведем закрепление переменных за адресными входами мультиплексора. Пусть, например, переменная S будет подана на вход А1 мультиплексора, а переменная Q2- на вход А0. Тогда таблица истинности для реализуемой функции с учетом обозначений входов мультиплексора, закрепленных за переменными, можно представить табл.7.

**Таблица 7**

Таблица истинности функции

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Адресные входы и поданные на них переменные | | Переменные, не поданные на адресные входы | Значение функции  D2 | Информационные входы мультиплексора | |
| А1(S) | A0(Q2) | Q1 | Обозначение | Сигнал |
| 0 | 0 | 0 | 1 | B0 |  |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | B1 |  |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | B2 |  |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | B3 |  |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

Используя данные из табл. 7 и выражение (3), можно получить функциональную схему счетчика, представленную на рис.7.



рис.7

Для полученной схемы счетчика может использоваться условное обозначение, представленное на рис.8.



рис.8

В заключение следует отметить, что при разработке схем параллельных счетчиков окончательный выбор серии микросхем, типа используемого триггера и элементной базы для реализации комбинационных схем счетчика зависит от конкретных требований, предъявляемых к счетчику.

Порядок выполнения работы

1.Получить допуск к выполнению лабораторной работы.

2.Перенести на компьютер предоставленного стенда разработанный проект модели счетчика и убедиться в его работоспособности путем контрольного моделирования работы счетчика в режиме «timing».

3. Включить в состав модели счетчика схему подавления дребезга контактов, установив ее на вход синхронизации работы счетчика.

4. Произвести закрепление входных и выходных сигналов счетчика за элементами стенда [1] (сигнал синхронизации счетчика «С» должен поступать с кнопки стенда, сигнал режима работы счетчика «S» и сигнал сброса счетчика «R» - с тумблеров стенда, а выходы счетчика должны поступать на светодиодные индикаторы стенда).

5. Осуществить прошивку проекта на плату стенда.

6. Произвести проверку макета схемы счетчика в статическом режиме. Для этого:

а) подав на вход «R» счетчика импульс с тумблера стенда, проконтролировать при помощи светодиодных индикаторов, что счетчик обнулился;

б) подавая на вход «С» счетчика (через схему подавления дребезга) импульсы с кнопки стенда, убедиться при помощи светодиодных индикаторов, что счетчик изменяет свое состояние в соответствии с заданным направлением счета и модулем пересчета;

в) если исследуемый счетчик не является реверсивным счетчиком или счетчиком с переменным модулем пересчета, то перейти к выполнению п. «д»;

г) изменив значение управляющего сигнала S, повторить выполнение п. «б»;

д) в случае неправильной работы схемы счетчика ввести необходимые изменения в модель счетчика и повторить выполнение п.п. «а» - «д».

е) продемонстрировать работу счетчика преподавателю.

ж) получив разрешение преподавателя, осуществить выключение стенда.

Контрольные вопросы

1.Что называется счетчиком?

2.Какова классификация счетчиков?

3.Что называется модулем пересчета?

4.Какие счетчики имеются в составе серии микросхем К155 [2,3] и какие микрооперации они выполняют?

5.Каковы основные преимущества и недостатки параллельных счетчиков?

6.Как определить количество триггеров, необходимое для синтеза счетчика?

7.Каковы особенности синтеза реверсивных счетчиков?

8.Каковы особенности синтеза счетчиков с переменным модулем пересчета?

9.Как синтезировать счетчик, соответствующий Вашему варианту задания на базе двухступенчатых D-триггеров?

10.Какие триггеры обычно используются в составе схем параллельных счетчиков?

Лабораторная работа №2

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СЧЕТЧИКОВ**

Цель лабораторной работы

Овладение методом синтеза схем последовательных накапливающих счетчиков, изучение особенностей синтеза вычитающих последовательных счетчиков, приобретение навыков в моделировании, макетировании, наладке и экспериментальном исследовании счетчиков.

Общие сведения

Для построения накапливающих последовательных счетчиков используются Т-триггеры с динамическим управлением, либо двухступенчатые Т-триггеры. Наиболее проста организация двоичных последовательных счетчиков, имеющих модуль пересчета, равный целой степени двойки (М=2n). Они представляют собой цепочку последовательно соединенных счетных триггеров.

Счетные импульсы в таком счетчике подаются только на синхровход триггера младшего двоичного разряда счетчика. На синхровходы же триггеров последующих старших разрядов сигналы поступают с выхода триггера предшествующего разряда. Причем в зависимости от направления счета счетчика и типа используемого триггера сигналы синхронизации могут поступать либо с прямых, либо с инверсных выходов триггеров счетчика (**рис.9**).

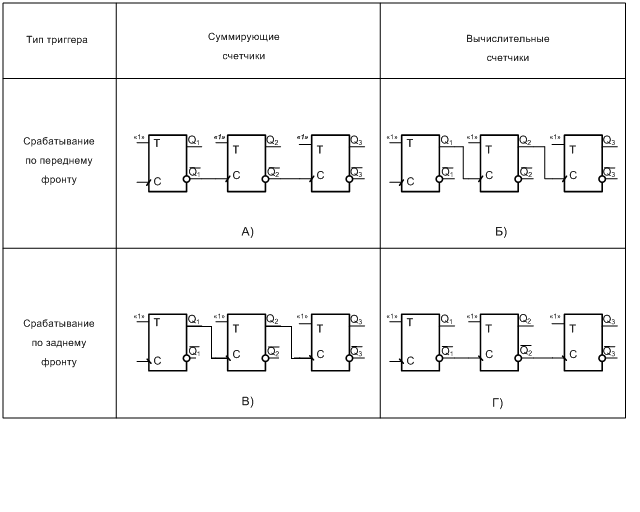


рис.9

Подобные двоичные последовательные счетчики во многих современных сериях микросхем реализованы в интегральном исполнении. В качестве примера такого счетчика может быть рассмотрена микросхема К155ИЕ5, представляющая собой последовательный суммирующий счетчик, построенный на двухступенчатых триггерах. Функциональная схема этого счетчика представлена на рис. 10.



рис.10

Сброс всех разрядов такого счетчика производится путем подачи единичного сигнала на входы «R1» и «R2».Пунктирная линия между выходом «Q1» и входом «С2» счетчика показывает, что в микросхеме эта связь отсутствует. Благодаря этому данная микросхема может использоваться как совокупность счетного триггера с синхровходом «С1» и трехразрядного двоичного счетчика со счетным входом «С2». Если же данную связь установить, то получится четырехразрядный двоичный счетчик с модулем пересчета 16, в качестве счетного входа которого используется вход «С1» микросхемы.

Условное обозначение рассматриваемой микросхемы представлено на рис. 11.



рис.11

Теперь перейдем к рассмотрению методов синтеза схемы двоичных накапливающих счетчиков, модуль пересчета которых не равен целой степени двойки (М≠2n). Такие счетчики имеют (2n)-М неиспользуемых запрещенных состояний. В связи с этим, кроме группы последовательно соединенных триггеров, в составе такого счетчика должна быть комбинационная схема, исключающая попадание счетчика в запрещенное состояние.

При прямом счете первым запрещенным состояние, в которое может попасть счетчик, является состояние счетчика, равное М. Поэтому в суммирующих счетчиках КС должна обеспечить обнуление счетчика при достижении им значения, равного М. Для организации обнуления обычно используется подача сигнала с выхода КС на входы асинхронной установки в ноль всех триггеров счетчика.

При обратном счете первым запрещенным состояние, в которое может попасть счетчик, является состояние «11…1». В это состояние вычитающие счетчики могут перейти, если на счетчик, находящийся в нулевом состоянии, подать счетный импульс. Поэтому в вычитающих счетчиках КС должна обеспечить при попадании счетчика в состояние «11…1» принудительную запись в него максимального допустимого значения «М-1», для чего достаточно подать сигнал с выхода КС на входы асинхронной установки в ноль некоторых триггеров счетчика.

При синтезе КС двоичных накапливающих счетчиков следует учитывать, что в большинстве случаев такие счетчики имеют несколько запрещенных состояний. Благодаря этому булева функция, реализуемая КС, обычно может быть минимизирована.

При реализации двоично-кодированных счетчиков на конкретной элементной базе следует также учитывать, что длительность сигнала на выходе КС должна быть достаточной для надежного сброса всех обнуляемых триггеров счетчика. Это обеспечивается тем, что задержка срабатывания КС должна быть не меньше, чем максимальный разброс времени срабатывания триггеров счетчика от входа асинхронной установки в ноль.

Основным недостатком всех последовательных счетчиков является их относительно низкое быстродействие. Это связано с тем, что триггеры последовательного счетчика при подаче счетного импульса переключаются последовательно друг за другом. По этой причине максимальное время срабатывания последовательного счетчика пропорционально его разрядности.

Однако последовательные счетчики обычно требуют меньших аппаратных затрат на свою реализацию, чем параллельные счетчики, выполняющие аналогичные функции. Это обеспечивает широкое применение последовательных счетчиков в схемах, от которых не требуется высокого быстродействия.

Подготовка к выполнению работы

1.Изучить общие сведения о последовательных счетчиках и методику их синтеза.

2.Синтезировать схему последовательного двоично-кодированного счетчика с внешней установкой в ноль, направление счета и модуль пересчета которого приведены в табл. 8 в соответствии с заданным номером варианта задания. При синтезе схемы могут использоваться любые микросхемы из состава предоставленной библиотеки микросхем серии К155 (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 1). При этом полученная схема должна содержать минимальное количество корпусов микросхем.

3.Построить модель синтезированной схемы при помощиСАПР Altera Quartus II.

4.Получить временные диаграммы работы синтезированного счетчика путем моделирования его работы в режиме «timing». При этом длительность синхросигнала должна быть подобрана таким образом, чтобы за время активной фазы синхросигнала успевали переключиться все триггера счетчика.

5.Сопоставить результаты моделирования с заданием на лабораторную работу.

6.Составить отчет о подготовке к лабораторной работе (в формате WORD) и выслать для проверки (вместе с проектом).

7.Ответить на контрольные вопросы

Содержаниеотчета о подготовке к лабораторной работе

1.Материалы по синтезу последовательного счетчика, отражающие все этапы проектирования его схемы.

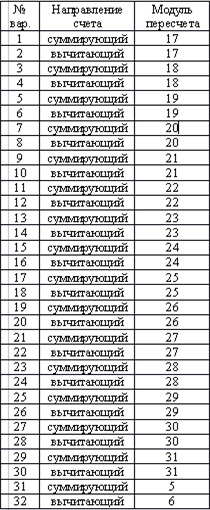
2.Временная диаграмма работы синтезированного счетчика, полученные путем моделирования его работы в режиме «timing».

3.Модель схемы счетчика.

4.Функциональное обозначение синтезированного счетчика.

**Таблица 8**

Варианты заданий на лабораторную работу



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 33 | суммирующий | 33 |
| 34 | суммирующий | 34 |
| 35 | суммирующий | 35 |
| 36 | суммирующий | 36 |
| 37 | суммирующий | 37 |
| 38 | суммирующий | 38 |
| 39 | суммирующий | 39 |
| 40 | суммирующий | 40 |
| 41 | суммирующий | 41 |
| 42 | суммирующий | 42 |
| 43 | суммирующий | 43 |
| 44 | суммирующий | 44 |
| 45 | суммирующий | 45 |

Примеры синтеза схем последовательных счетчиков

Рассмотрим методику синтеза последовательных двоично-кодированных счетчиков на конкретных примерах. В качестве первого примера рассмотрим синтез последовательного суммирующего счетчика с модулем пересчета 5 (вариант 31 задания на лабораторную работу).

Определим количество триггеров, необходимое для построения такого счетчика. Для этого подставим в выражение (1) заданное значение модуля пересчета:

N=int(log2(5-1))+1=3.

Таким образом, счетчик будет трехразрядным. Обозначим значения разрядов нашего счетчика через Q1, Q2 и Q3. Поскольку в нашем случае M≠2n, синтезируемый счетчик будет двоично-кодированным. Следовательно, кроме триггеров в состав схемы счетчика должна входить КС, обеспечивающая обнуление счетчика при достижении им значения, равного 5.

Синтезируемый счетчик имеет 3 запрещенных состояния. Благодаря этому функция сброса (F), реализуемая КС, может быть минимизирована.

Составим таблицу истинности для функции сброса F (табл.9).

**Таблица 9**

Таблица истинности для функции сброса

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Состояние счетчика | | | Значение функции |
| Q1 Q2 Q3 | | | F |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | - |
| 1 | 1 | 1 | - |

Минимизация функции F может быть осуществлена при помощи карты Карно, представленной на рис.12.

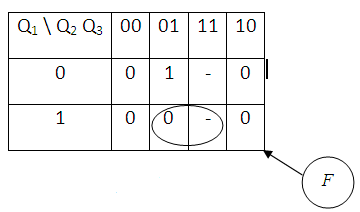


рис.12

В результате минимизации получено выражение для функции Fmin:

Fmin=. (4)

Если в качестве триггеров счетчика использовать двухступенчатые счетные триггеры, то в соответствие с рис.9 и выражением (4) функциональная схема счетчика должна иметь вид, представленный на рис.13.



рис.13

Счетные импульсы подаются на вход «С» схемы счетчика, а для организации внешней установки в ноль счетчика используется вход «R». Временная диаграмма работы такого счетчика представлена на рис. 14.



рис.14

При построении схем последовательных суммирующих счетчиков часто бывает более целесообразным применение вместо отдельных счетных триггеров готовых микросхем последовательных счетчиков. Например, тот же суммирующий последовательный счетчик с модулем пересчета 5 может быть реализован при помощи ранее рассмотренной микросхемы К155ИЕ5. Функциональная схема такого счетчика и его условное обозначение представлены на рис. 15.



рис.15

В качестве второго примера рассмотрим синтез последовательного вычитающего счетчика с модулем пересчета 6 (вариант 32 задания на лабораторную работу).

Будем использовать в качестве триггера для реализации данного счетчика счетные триггеры с динамическим управлением по переднему фронту синхросигнала. Подставив в выражение (1) заданный модуль пересчета, определим необходимое количество таких триггеров:

N=int(log2(6-1))+1=3.

Обозначим значения разрядов нашего трехразрядного счетчика через Q1,Q2,Q3.

Поскольку в нашем случае синтезируемый накапливающий счетчик имеет модуль пересчета не равный 2n, в составе его схемы должна присутствовать КС, обеспечивающая при попадании счетчика в состояние «111» запись в него максимального допустимого значения («101»). Для перевода счетчика из состояния «111» в состояние «101» достаточно подать сигнал с выхода этой КС на вход асинхронной установки в ноль триггера второго разряда счетчика.

Благодаря тому, что синтезируемый счетчик имеет 2 запрещенных состояния («111» и «110»), функция обнуления (F), реализуемая КС, может быть минимизирована. Таблица истинности для функции F приведена ниже (табл.10).

**Таблица 10**

Таблица истинности для функции обнуления

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние счетчика | Q3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Q2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Q1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Значение функции | F | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 |

Минимизация функции F может быть проведена при помощи карты Карно, представленной на рис. 16.

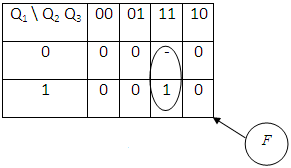


рис.16

В результате минимальная форма функций F будет следующей:

Fmin= .

Особенностью вычитающих последовательных счетчиков является то, что в них может происходить ложное формирование функции F. Например, в нашем случае функция F может принять значение «1» при переходе счетчика из состояния «100» в «011» (когда Q2 уже перешел в «1»,а Q3 еще не сбросился). Для исключения такой ситуации формирование функции F задерживают на время переключения счетчика путем учета при формировании F значения синхросигнала (при использовании триггеров, срабатывающих по заднему фронту - С, а при использовании триггеров, срабатывающих по переднему фронту - ):

F’=Fmin×= ; (5)

В соответствии с выражением (5), выбранным типом триггера и рис. 9б, функциональная схема счетчика должна иметь вид, представленный на рис.17.



рис.17

Временная диаграмма работы такого счетчика представлена на рис.18.



рис.18

Счетные импульсы подаются на вход «С» схемы счетчика, а внешняя установка в ноль счетчика осуществляется при помощи входа «R».

В заключение следует отметить, что в большинстве современных серий микросхем отсутствуют микросхемы, реализующие функции счетного триггера. Поэтому на практике для построения последовательных счетчиков используются счетные триггеры, построенные на базе JK-триггера или D-триггера. Схемы таких счетных триггеров приведены на рис. 19.



рис.19

Порядок выполнения работы**.**

1.Получить допуск к выполнению лабораторной работы.

2.Перенести на компьютер предоставленного стенда разработанный проект модели счетчика и убедиться в его работоспособности путем контрольного моделирования работы счетчика в режиме «timing».

3. Включить в состав модели счетчика схему подавления дребезга контактов, установив ее на вход синхронизации работы счетчика «С».

4. Произвести закрепление входных и выходных сигналов счетчика за элементами стенда [1] (сигнал синхронизации счетчика «С» должен поступать с кнопки стенда, сигнал сброса счетчика «R» - с тумблера стенда, а выходы счетчика должны поступать на светодиодные индикаторы стенда).

5. Осуществить прошивку проекта на плату стенда.

6. Произвести проверку макета схемы счетчика в статическом режиме. Для этого:

а) подав на вход «R» счетчика импульс с тумблера стенда, проконтролировать при помощи светодиодных индикаторов, что счетчик обнулился;

б) подавая на вход «С» счетчика (через схему подавления дребезга) импульсы с кнопки стенда, убедиться при помощи светодиодных индикаторов, что счетчик изменяет свое состояние в соответствии с заданным направлением счета и модулем пересчета;

в) в случае неправильной работы схемы счетчика ввести необходимые изменения в модель счетчика и повторить выполнение п.п. «а» - «б».

г) продемонстрировать работу счетчика преподавателю.

д) получив разрешение преподавателя, осуществить выключение стенда.

Контрольные вопросы

1.Какие основные недостатки и преимущества последовательных счетчиков?

2.В чем состоит отличие двоичных последовательных счетчиков с М=2n и M≠2n?

3.Какие типы триггеров применяются в составе схем последовательных счетчиков?

4.Как определить, какое количество триггеров потребуется для реализации счетчика?

5.Почему быстродействие последовательных счетчиков ниже, чем у параллельных?

6.Какие имеются отличия в структуре схемы у суммирующих и вычитающих двоичных последовательных счетчиков?

7.Каким образом влияют на структуру схемы последовательного счетчика способ синхронизации триггеров, применяемых в его схеме?

8.Можно ли упростить разработанную Вами схему счетчика, применив при её реализации триггер другого типа?

9.Каковы требования к задержке срабатывания КС последовательных двоично-кодированных счетчиков?

Лабораторная работа №3

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СЧЕТЧИКОВ**

Цель лабораторной работы

Изучение различных схем параллельно-последовательных счетчиков, овладение методом синтеза параллельно-последовательных счетчиков, приобретение навыков в моделировании, макетировании, наладке и экспериментальном исследовании счетчиков.

Общие сведения

Отличительной особенностью параллельно-последовательных счетчиков является то, что их модуль пересчета может быть представлен в виде произведения двух или нескольких сомножителей:

M=M1×M2 ….Mn.

Синтез таких параллельно-последовательных счетчиков распадается на два этапа. Сначала производится синтез схем параллельных счетчиков с модулем пересчета M1,M2,…Mn, а затем полученные схемы счетчиков последовательно соединяются в общую схему посредством подачи сигнала с выхода старшего разряда младшего счетчика на вход синхронизации старшего счетчика. При этом в зависимости от направления счета и способа синхронизации старшего счетчика этот сигнал должен подаваться или напрямую или через инвертор (рис.20).



рис.20

Если параллельные счетчики, входящие в состав параллельно-последовательного счетчика, имеют входы асинхронной установки в ноль, то они объединяются на общий вход R.

По своим параметрам параллельно-последовательные счетчики занимают промежуточное положение между последовательными счетчиками и параллельными счетчиками. По быстродействию они хуже, чем параллельные счетчики, но лучше, чем последовательные счетчики с тем же модулем пересчета. А по объему требуемых аппаратных затрат параллельно-последовательные счетчики наоборот лучше, чем параллельные, но хуже, чем последовательные. Это и определяет область применения параллельно-последовательных счетчиков. Как правило, они используются в составе экономичных схем со средним быстродействием.

В некоторых случаях при синтезе параллельно-последовательных счетчиков модуль их пересчета может быть разложен на сомножители несколькими способами. Выбор наилучшего способа разложения осуществляется в зависимости от требований, предъявляемых к счетчику. Если главным требованием, предъявляемым к параллельно-последовательному счетчику, является высокое быстродействие, то выбирается такой способ разложения на сомножители, при котором количество сомножителей минимально. Однако выбор этого способа, как правило, приводит к росту требуемых аппаратных затрат.

В случае же, если к синтезируемому счетчику предъявляются другие требования, то следует рассмотреть все возможные варианты разложения модуля пересчета на сомножители и соответствующие им варианты реализации схемы счетчика.

Подготовка к выполнению работы

1.Изучить общие сведения о параллельно-последовательных счетчиках и методику их синтеза.

2. Согласно заданному номеру варианта осуществить синтез схемы быстродействующего параллельно-последовательного счетчика. Счетчик должен выполнять заданные счетные операции (табл.11) и микрооперацию обнуления. При синтезе схемы могут использоваться любые микросхемы из состава предоставленной библиотеки микросхем серии К155 (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 1).

3.Построить модель синтезированной схемы при помощиСАПР Altera Quartus II.

4.Получить временные диаграммы работы синтезированного счетчика путем моделирования его работы в режимах «functional» и «timing» (в режиме «timing» период синхросигнала (Т) необходимо подобрать таким образом, чтобы задержка счетчика не превышала 20-25 % от Т).

5.Сопоставить результаты моделирования с заданием на лабораторную работу.

6.Составить отчет о подготовке к лабораторной работе (в формате WORD) и выслать для проверки (вместе с проектом).

7.Ответить на контрольные вопросы.

Содержаниеотчета о подготовке к лабораторной работе

1.Материалы по синтезу параллельно-последовательного счетчика, отражающие все этапы проектирования его схемы.

2.Временные диаграммы работы синтезированного счетчика, полученные путем моделирования его работы в режимах «functional» и «timing».

3.Модель схемы счетчика.

4.Функциональное обозначение синтезированного счетчика.

**Таблица 11**

Варианты заданий на лабораторную работу

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № вар. | Направление счета | Модуль пересчета |
| 1 | Вычитающий | 18,24 |
| 2 | Суммирующий | 21,28 |
| 3 | Реверсивный | 15 |
| 4 | Реверсивный | 18 |
| 5 | Реверсивный | 21 |
| 6 | Реверсивный | 40 |
| 7 | Суммирующий | 15,24 |
| 8 | Вычитающий | 20,32 |
| 9 | Суммирующий | 18,24 |
| 10 | вычитающий | 24,32 |
| 11 | Суммирующий | 21,24 |
| 12 | Вычитающий | 28,32 |
| 13 | Вычитающий | 9,24 |
| 14 | Суммирующий | 12,32 |
| 15 | Вычитающий | 12,24 |
| 16 | Суммирующий | 16,32 |
| 17 | Суммирующий | 25 |
| 18 | Вычитающий | 25 |
| 19 | Суммирующий | 35 |
| 20 | Вычитающий | 35 |
| 21 | Суммирующий | 36 |
| 22 | Вычитающий | 36 |
| 23 | Суммирующий | 42 |
| 24 | Вычитающий | 42 |
| 25 | Суммирующий | 48 |
| 26 | Вычитающий | 48 |
| 27 | Суммирующий | 49 |
| 28 | Вычитающий | 49 |
| 29 | Суммирующий | 56 |
| 30 | Вычитающий | 56 |
| 31 | Реверсивный | 16 |
| 32 | Суммирующий | 36 |
| 33 | Вычитающий | 25,9 |
| 34 | Суммирующий | 63 |
| 35 | Вычитающий | 63 |
| 36 | Суммирующий | 81 |
| 37 | Вычитающий | 81 |
| 38 | Реверсивный | 25 |
| 39 | Реверсивный | 30 |
| 40 | Реверсивный | 36 |
| 41 | Реверсивный | 49 |

Примеры синтеза параллельно-последовательных счетчиков

В качестве первого примера рассмотрим синтез быстродействующего суммирующего параллельно-последовательного счетчика с модулем пересчета 36 (вариант 32 задания на лабораторную работу). Заданный модуль пересчета может быть представлен в виде произведения двух сомножителей(6×6), либо трех сомножителей (3×3×4).

Поскольку заданием предусмотрена необходимость обеспечения высокого быстродействия, то для реализации счетчика предпочтительней выбрать представление модуля пересчета в виде произведения двух сомножителей.

Таким образом, синтезируемый счетчик должен представлять собой два последовательно соединенных суммирующих параллельных счетчика с модулем пересчета 6. Синтез такого параллельного счетчика был рассмотрен в качестве первого примера в первой лабораторной работе. Используя приведенное в этой работе условное обозначение данного параллельного счетчика (рис.4), можно построить функциональную схему синтезируемого параллельно-последовательного счетчика, представленную на рис. 21.



рис.21

Сигнал R используется для асинхронного сброса счетчика.

В качестве второго примера рассмотрим синтез реверсивного параллельно-последовательного счетчика с модулем пересчета 16 (вариант 31 задания на лабораторную работу).

Заданный модуль пересчета может быть представлен в виде произведения двух сомножителей (4×4). Таким образом, синтезируемый счетчик должен представлять собой два последовательно соединенных реверсивных счетчика с модулем пересчета 4. Синтез такого параллельного счетчика был рассмотрен в качестве третьего примера первой лабораторной работы. Используя приведенное в этой работе условное обозначение данного счетчика (рис.8), можно построить функциональную схему синтезируемого параллельно-последовательного счетчика, представленную на рис. 22.



рис.22

При нулевом значении сигнала S счетчик работает, как вычитающий, а при единичном – как суммирующий.

В качестве третьего примера рассмотрим синтез вычитающего параллельно-последовательного счетчика с переменным модулем пересчета (вариант 32 задания на лабораторную работу).

Заданные модули пересчета (9 и 25) можно представить в виде произведения двух сомножителей (3×3 и 5×5).

Таким образом, синтезируемый счетчик должен представлять собой два последовательно соединенных вычитающих, параллельных счетчика с переменным модулем пересчета (3 и 5). Синтез такого параллельного счетчика был рассмотрен в качестве второго примера первой лабораторной работы. Используя приведенное в этой работе условное обозначение данного счетчика (рис.5), можно построить функциональную схему синтезируемого параллельно- последовательного счетчика, представленную на рис. 23.

При единичном значении сигнала S счетчик будет считать до 9, а при нулевом – до 25.



Рис.23

Порядок выполнения работы

1.Получить допуск к выполнению лабораторной работы.

2.Перенести на компьютер предоставленного стенда разработанный проект модели счетчика и убедиться в его работоспособности путем контрольного моделирования работы счетчика в режиме «functional».

3. Включить в состав модели счетчика схему подавления дребезга контактов, установив ее на вход синхронизации работы счетчика.

4. Произвести закрепление входных и выходных сигналов счетчика за элементами стенда [1] (сигнал синхронизации счетчика «С» должен поступать с кнопки стенда, сигнал режима работы счетчика «S», определяющий направление счета или текущий модуль пересчета, и сигнал сброса счетчика «R» - должны поступать с тумблеров стенда, а выходы счетчика должны поступать на светодиодные индикаторы стенда).

5. Осуществить прошивку проекта на плату стенда.

6. Произвести проверку макета схемы счетчика в статическом режиме. Для этого:

а) подав на вход «R» счетчика импульс с тумблера стенда, проконтролировать при помощи светодиодных индикаторов, что счетчик обнулился;

б) подавая на вход «С» счетчика (через схему подавления дребезга) импульсы с кнопки стенда, убедиться при помощи светодиодных индикаторов, что счетчик изменяет свое состояние в соответствии с заданным направлением счета и модулем пересчета;

в) если исследуемый счетчик не является реверсивным счетчиком или счетчик с переменным модулем пересчета, то перейти к выполнению п. «д»;

г) изменив значение управляющего сигнала S, повторить выполнение п. «б»;

д) в случае неправильной работы схемы счетчика ввести необходимые изменения в модель счетчика и повторить выполнение п.п. «а» - «д».

е) продемонстрировать работу счетчика преподавателю.

ж) получив разрешение преподавателя, осуществить выключение стенда.

Контрольные вопросы

1.Какова область применения параллельно-последовательных счетчиков?

2.Можно ли синтезировать параллельно-последовательный счетчик с модулем пересчета 17?

3.Каким образом должна выглядеть структура параллельно-последовательного счетчика с модулем пересчета 225 для обеспечения минимальных аппаратных затрат на реализацию схемы?

4.Каким образом должна выглядеть структура параллельно-последовательного счетчика с модулем пересчета 225 для обеспечения максимального быстродействия его схемы?

5.Какие имеются микросхемы, реализующие функции параллельных счетчиков в составе серии К155 [2,3]?

6.Как с наименьшими аппаратными затратами реализовать параллельно-последовательный суммирующий счетчик с модулем пересчета 1000?

Литература

1.Королев А.П. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Схемотехника ЭВМ» с использованием САПР Altera Quartus II (Часть I). - М.: МГУЛ, 2011. (Электронная версия)

2.Рахимов Т.М. Справочник по микросхемам серии к 155. – Новосибирск: Новосибирская картографическая фабрика, 1991.

3.Справочник. Интегральные микросхемы /под ред. Тарабрина Б.В. –М.: «Радио и связь», 1983.

4.Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. – СПб.: «БХВ-Перербург», 2007.

Cодержание

стр.

Предисловие……………………………………………………………………………………3

1 Лабораторная работа. Синтез и исследование параллельных счетчиков……………………………………………………………………………………….5

2 Лабораторная работа. Синтез и исследование последовательных счетчиков……………………………………………………………………………………....19

3 Лабораторная работа. Синтез и исследование параллельно-последовательных счетчиков………………………………………………………………………………………30

4 Литература ….……………………………………………………………………………...36

5 Содержание ………………………………………………………………………………….37

6 Приложение 1. Состав библиотеки серии ИМС К 155 ………………………………...…37

Приложение 1. Состав библиотеки ИМС серии К155.

|  |  |
| --- | --- |
| K155LA1(K155ЛА1) | 2 элемента 4И-НЕ |
| K155LA2(K155ЛА2) | элемент 8И-НЕ |
| K155LA3(K155ЛА3) | 4 элемента 2И-НЕ |
| K155LA4(K155ЛА4) | 3 элемента 3И-НЕ |
| K155LЕ1(K155ЛЕ1) | 4 элемента 2ИЛИ-НЕ |
| K155LЕ4(K155ЛЕ4) | 3 элемента 3ИЛИ-НЕ |
| K155LI1(K155ЛИ1) | 4 элемента 2И |
| K155LI6(K155ЛИ6) | 2 элемента 4И |
| K155LL1(K155ЛЛ1) | 4 элемента 2ИЛИ |
| K155LN1(K155ЛН1) | 6 элементов НЕ |
| K155KP2(K155КП2) | Сдвоенный цифровой селектор-мультиплексор 4-1 |
| K155KP7(K155КП7) | Коммутатор 8 каналов на один со стробированием |
| K155KP16(K155КП16) | Четырёхразрядный селектор-мультиплексор 2-1 |
| K155KP18(K155КП18) | Четырёхразрядный селектор-мультиплексор 2-1 с инверсными выходами |
| K155KP19(K155КП19) | Сдвоенный селектор-мультиплексор 4х1 |
| K155TB6(K155ТВ6) | Сдвоенный JK триггер |
| K155TB9(K155ТВ9) | 2 JK-триггера со сбросом и установкой |
| K155TB10(K155ТВ10) | Сдвоенный JK триггер |
| K155TB15(K155ТВ15) | Два триггера D синхронных с дополняющими выходами |
| K155TM2(K155ТМ2) | 2 D-триггера с синхронными и дополняющими выходами |
| K155TM7(K155ТМ7) | 4 D-триггера с прямыми и инверсными выходами |
| K155TM8(K155ТМ8) | 4 D-триггера с прямыми и инверсными входами |
| K155TM9(K155ТМ9) | 6 синхронных D-триггеров |
| K155TR2(K155ТР2) | Четыре RS триггера |