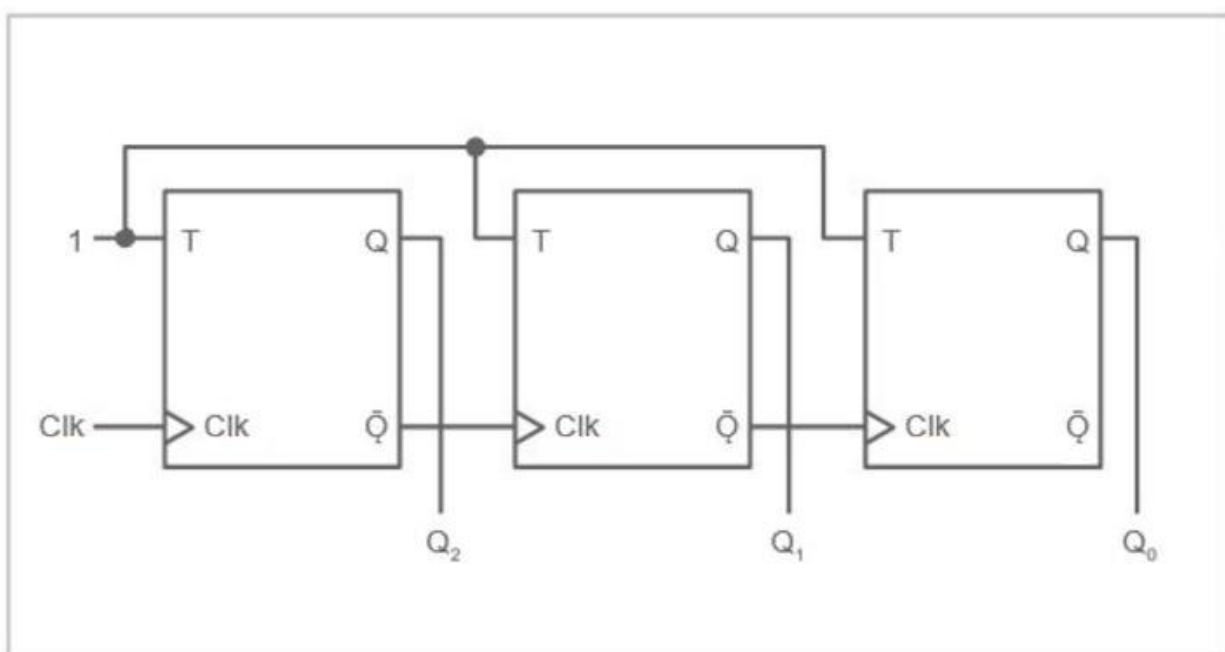


Руководство к лабораторному практикуму:

Введение в цифровую электронику

С использованием платы Digilent Digital Electronics для NI ELVIS III



Лабораторная работа 11:

Счетчики

© 2018 National Instruments

All rights reserved. Данный ресурс и любые его части не могут быть скопированы или в любой форме воспроизведены иным способом без письменного разрешения издателя.

National Instruments относится с уважением к чужой интеллектуальной собственности и призывает к этому же своих читателей. Данный ресурс защищен законами об охране авторских прав и прав на интеллектуальную собственность. Вы имеете право передавать программное обеспечение и прочие материалы, разработанные с помощью описанного в данном ресурсе программного обеспечения, третьим лицам в соответствии с условиями приобретенной вами лицензии и другими законодательными ограничениями.

LabVIEW и National Instruments являются торговыми марками National Instruments.

Названия других упомянутых торговых марок и изделий являются собственностью их правообладателей.

Дополнительные ограничения ответственности: Читатель принимает все риски от использования данного ресурса и всей информации, теорий и программ, содержащихся или описанных в нем. Данный ресурс может содержать технические неточности, типографические ошибки, прочие ошибки и упущения, и устаревшую информацию. Ни автор, ни издатель не несут ответственности за любые ошибки или неточности, за обновление любой информации и за любые нарушения патентного права и прочих прав на интеллектуальную собственность.

Ни автор, ни издатель не дают никаких гарантий, включая, но не ограничиваясь, любую гарантию на достаточность ресурса и любой информации, теорий или программ, содержащихся или описанных в нем, и любую гарантию, что использование любой информации, теорий или программ, содержащихся или описанных в ресурсе, не нарушит любое патентное право или иное право на интеллектуальную собственность. РЕСУРС ПОСТАВЛЯЕТСЯ "КАК ЕСТЬ". ИЗДАТЕЛЬ ЗАЯВЛЯЕТ ОБ ОТКАЗЕ ОТ ЛЮБЫХ ГАРАНТИЙ, ЯВНО ВЫРАЖЕННЫЕ ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ, ВКЛЮЧАЯ, НО НЕ ОГРАНИЧИВАЯСЬ, ЛЮБЫЕ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОГО СОСТОЯНИЯ, ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КОНКРЕТНОЙ ЦЕЛИ И НЕНАРУШЕНИЯ ПРАВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ.

Издатель или автор не предоставляют прав или лицензий под любым патентным правом или иным правом на интеллектуальную собственность прямо, косвенно или лишением права на возражение.

НИ ПРИ КАКИХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ ИЗДАТЕЛЬ ИЛИ АВТОР НЕ НЕСУТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ПРЯМЫЕ, КОСВЕННЫЕ, ОСОБЫЕ, СЛУЧАЙНЫЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИЛИ ВТОРИЧНЫЕ УБЫТКИ, ПОНЕСЕННЫЕ ИЗ-ЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТОГО РЕСУРСА ИЛИ ЛЮБОЙ ИНФОРМАЦИИ, ТЕОРИЙ ИЛИ ПРОГРАММ, СОДЕРЖАЩИХСЯ ИЛИ ОПИСАННЫХ В НЕМ, ДАЖЕ БУДУЧИ ПРЕДУПРЕЖДЕННЫ О ВОЗМОЖНОСТИ ПОДОБНЫХ УБЫТКОВ, И ДАЖЕ ЕСЛИ УБЫТКИ ВЫЗВАНЫ НЕБРЕЖНОСТЬЮ ИЗДАТЕЛЯ, АВТОРА ИЛИ ИНЫХ ЛИЦ, Применимое законодательство может не разрешить исключение или ограничение случайных или косвенных убытков, поэтому приведенные выше ограничения или исключения могут вас не касаться.

Лабораторная работа 11: Счетчики

Счетчики - это последовательностные арифметические схемы, используемые, как следует из названия, для подсчета количества входных импульсов. С каждым импульсом синхронизации счетчик проходит через predetermined последовательность состояний. Для двоичного суммирующего счетчика она соответствует последовательности двоичных чисел. Счетчики могут использоваться для подсчета событий, для генерации временных интервалов при управлении различными задачами, для измерения времени между событиями и т.п.

Счетчики делятся на две группы:

1. *Асинхронные счетчики* (счетчики с последовательным переносом), у которых выход одного триггера подключен ко входу синхросигнала следующего триггера.
2. *Синхронные счетчики*, у которых синхросигнал подключен ко входам синхронизации всех триггеров (счетчики с параллельным переносом).

Цель работы

В этой лабораторной работе студенты должны:

1. Узнать, чем синхронные счетчики отличаются от асинхронных.
2. Убедиться теоретически и практически в том, что основными элементами счетчиков являются триггеры.
3. Исследовать работу различных типов счетчиков и их практическое применение в среде Multisim и на плате Digital Electronics.

Необходимые инструментальные средства и технологии

Платформа: NI ELVIS III

- ✓ Руководство пользователя:
<http://www.ni.com/en-us/support/model.ni-elvis-iii.html>
- ✓ Учебные пособия:
https://www.youtube.com/playlist?list=PLvcPluVaUMIWm8ziaSxv0gwtshBA2dh_M

Технические средства:
плата Digilent Digital Electronics Board
for NI ELVIS III

- ✓ Руководство пользователя
NI Digital Electronics Board:
<http://www.ni.com/pdf/manuals/376627b.pdf>

Программное обеспечение:
NI Multisim 14.0.1 Education Version или
выше

- ✓ Установка Multisim:
http://www.ni.com/gate/gb/GB_ACA_DEMICEVALMULTISIM/US
- ✓ Справка Multisim Help:
<http://www.ni.com/multisim/technical-resources/>

Ожидаемые результаты

В этой лабораторной работе вы должны собрать для отчета:

- Принципиальную схему трехразрядного счетчика с последовательным переносом
- Ответы на вопросы из раздела *Заключение*

Преподавателю, скорее всего, необходимо предъявить полный отчет о работе. Узнайте у вашего преподавателя, есть ли конкретные требования к отчету или шаблон для его оформления.

1.1 Сведения из теории

What are Counters?

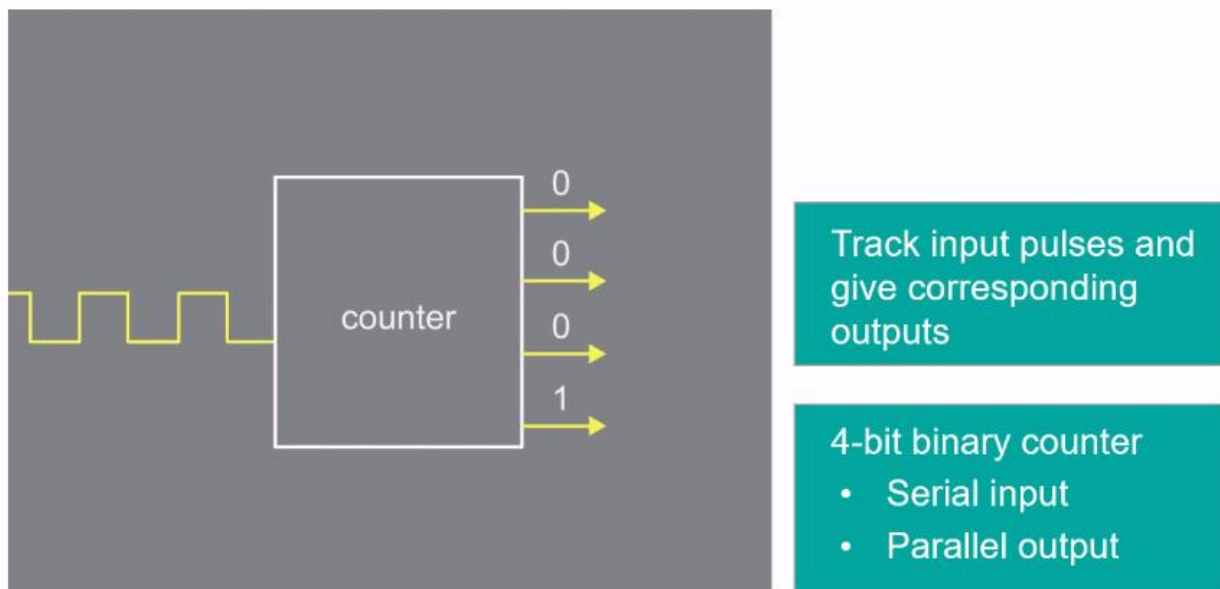


Рисунок 1-1 Скриншот видео. Просмотр видео здесь: <https://youtu.be/7sgHyAX9qN8>



Краткое содержание видео

- Счетчик подсчитывает количество входных импульсов, на выходе счетчика – результат счета
- При поступлении одного импульса на выходной код 4-разрядного двоичного счетчика равен 0001, двух импульсов – 0010 и т.д.
- Максимальное количество импульсов, которые должен подсчитать счетчик, определяет количество триггеров в счетчике

Асинхронные счетчики

Эти счетчики называются асинхронными, потому что только первый триггер изменяет свое состояние по синхроимпульсу, а изменение остальных триггеров счетчиков происходит не строго синхронно с синхроимпульсом.

- На рисунке ниже показана простейшая схема 3-разрядного суммирующего счетчика на основе Т-триггеров.
 - Вход Т каждого из трех триггеров подключен к 1, поэтому они будут переключаться каждый раз при переходе синхроимпульса из 0 в 1.
 - Такие счетчики также называются *счетчиками со последовательным переносом*, поскольку они ведут себя аналогично сумматорам с последовательным переносом.
 - Асинхронные счетчики могут быть также реализованы на **D** или **JK**-триггерах.

В любом счетчике частота сигнала на выходе последнего триггера будет равна частоте входного сигнала, деленной на коэффициент пересчета счетчика. Основным недостатком асинхронных счетчиков является задержка распространения сигнала в триггерах, отчего такие счетчики используют только в низкочастотных приложениях.

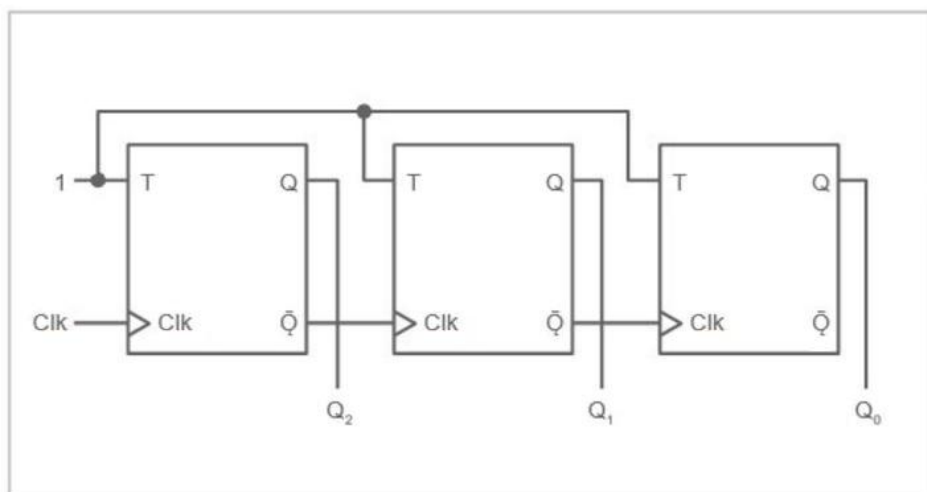


Рисунок 1-2 Асинхронные счетчики

Синхронные счетчики

У синхронных счетчиков импульс синхронизации подключен ко входам синхронизации всех триггеров. Все триггеры переключаются одновременно (параллельно), и поэтому такие счетчики также называются *параллельными счетчиками*. В таких счетчиках проблема накопления задержки (при последовательном переносе) решается благодаря воздействию импульсов синхронизации одновременно на все триггеры. Решение, состояние какого из триггеров должно измениться, определяется уровнями на входах данных (**T** или **J** и **K**) в момент фронта тактового импульса.

Триггер двоичного счетчика, соответствующий наименьшему значащему разряду, переключается по каждому синхроимпульсу. Триггеры в следующих разрядах счетчика переключаются, когда уровень на выходе триггеров всех предыдущих разрядов равен **1**. Состояние синхронного счетчика может обновляться по положительному или по отрицательному фронту синхросигнала. Синхронный счетчик и может быть реализован на основе **JK**-триггеров, **T**-триггеров или **D**-триггеров с элементами XOR.

- В параллельном счетчике нет накопления задержки в цепи переноса, поэтому он может работать на более высоких частотах. Однако у таких счетчиков больше потребляемая мощность и более сложная схема.
- Ниже показан синхронный счетчик с цепочкой последовательного разрешения переключения триггеров.
 - Можно также реализовать параллельный счетчик, разместив элементы AND с увеличенным количеством входов перед каждым разрядом. Однако иногда это требует решения проблемы нагрузочной способности.
 - В последнем случае говорят, что это синхронный счетчик с параллельным разрешением переключения триггеров.

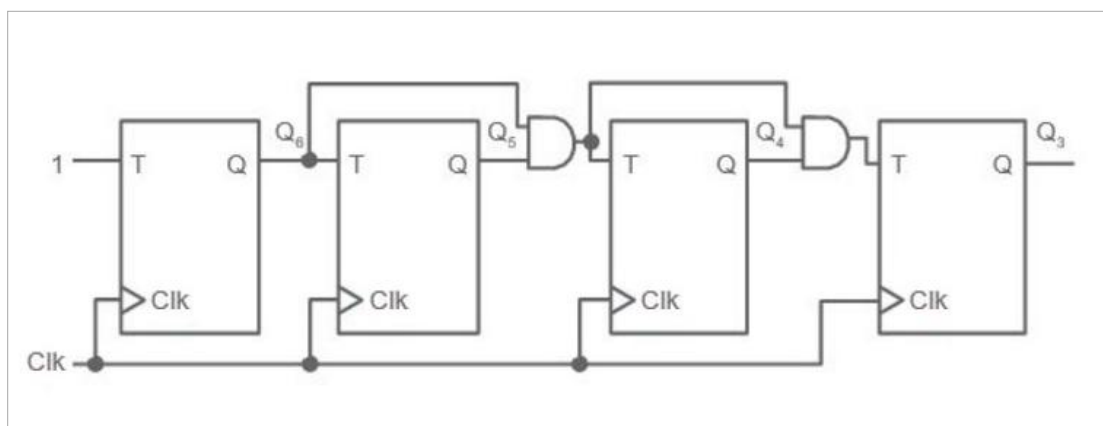


Рисунок 1-3 Синхронные счетчики

Входы Enable и Clear

- Вход *Enable* управляет разрешением счета независимо от состояния синхросигнала.
- В некоторых случаях может также потребоваться асинхронный сброс счетчика.
- Низкий уровень на входе сброса (*Clear*) устанавливает низкий логический уровень на выходе всех триггеров в схеме независимо от уровней сигналов на их входах.
- На рисунке ниже показан 4-разрядный синхронный суммирующий счетчик со входами сброса и разрешения:

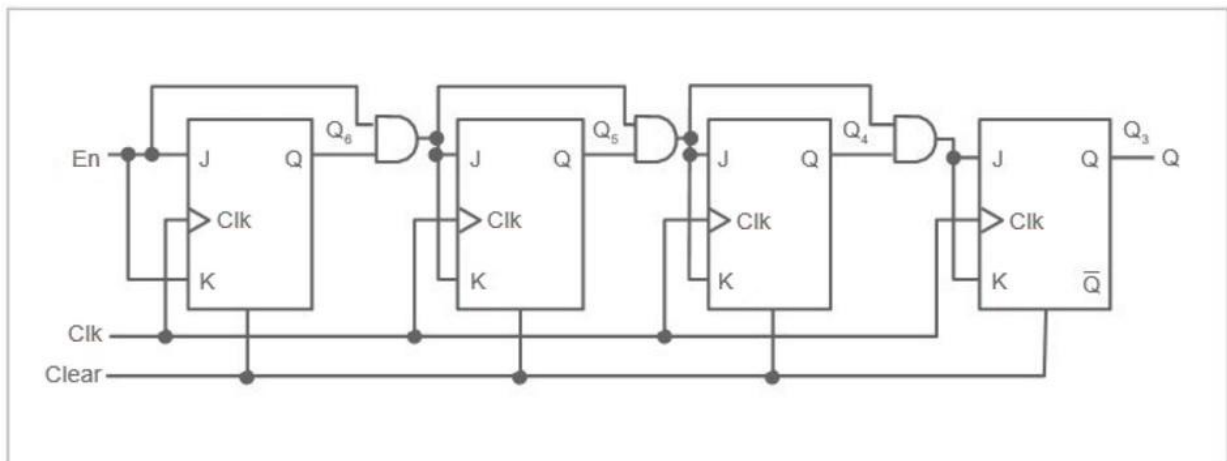


Рисунок 1-4 Входы разрешения и сброса

1-1 Каково назначение входов Enable и Clear, и как они влияют на работу счетчика?

- Нарисуйте принципиальную схему трехразрядного счетчика с последовательным переносом, используя только логические элементы. Приложите эту схему к отчету.

1.2 Моделирование трехразрядного двоичного счетчика с последовательным переносом

- Запустите Multisim
- Соберите из Т-триггеров показанный ниже счетчик с последовательным переносом:

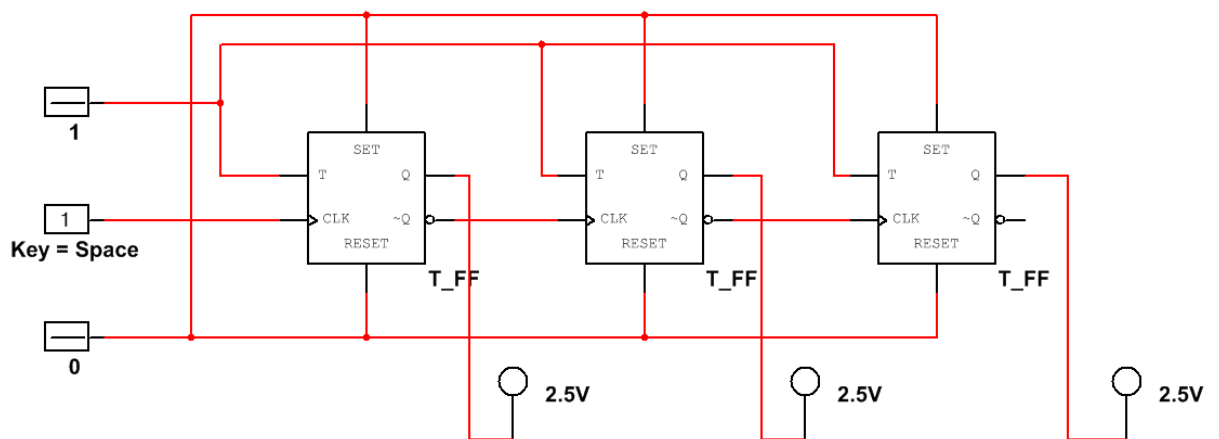


Рисунок 1-5 Принципиальная схема

- Запустите моделирование
- Изменяйте входные переменные и наблюдайте за пробниками

1-2 Каково назначение цифровых констант?

1-3 Когда код в счетчике увеличивается?

1-4 Своими словами опишите, как синхросигнал проходит через триггеры и как это влияет на счетчик.

1-5 Какое максимальное число импульсов может быть подсчитано этим счетчиком?

- Когда закончите эксперимент, **остановите** моделирование.

1.3 Моделирование четырехразрядного суммирующего счетчика

- Запустите Multisim
- Соберите следующую схему:

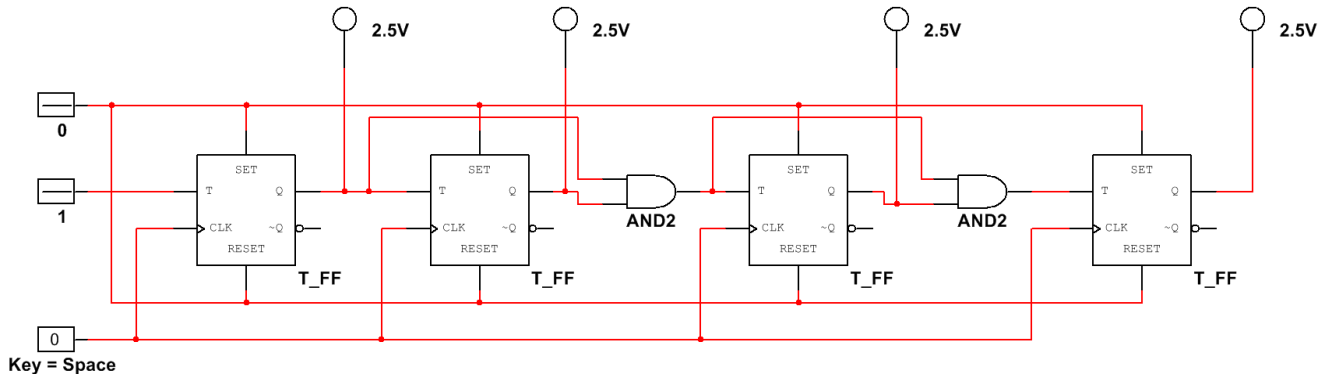


Рисунок 1-6 Принципиальная схема

- Запустите моделирование
- Изменяйте входные переменные и наблюдайте за пробниками

1-6 Когда код в счетчике увеличивается?

1-7 Своими словами опишите, как синхросигнал проходит через триггеры и как это влияет на счетчик.

1-8 Какое максимальное число импульсов может быть подсчитано этим счетчиком?

1-9 Сравните эту схему счетчика с предыдущей.

- Когда закончите эксперимент, **остановите** моделирование.

1.4 Моделирование четырехразрядного суммирующего счетчика со входами сброса и разрешения

- Запустите Multisim
- Соберите следующую схему:

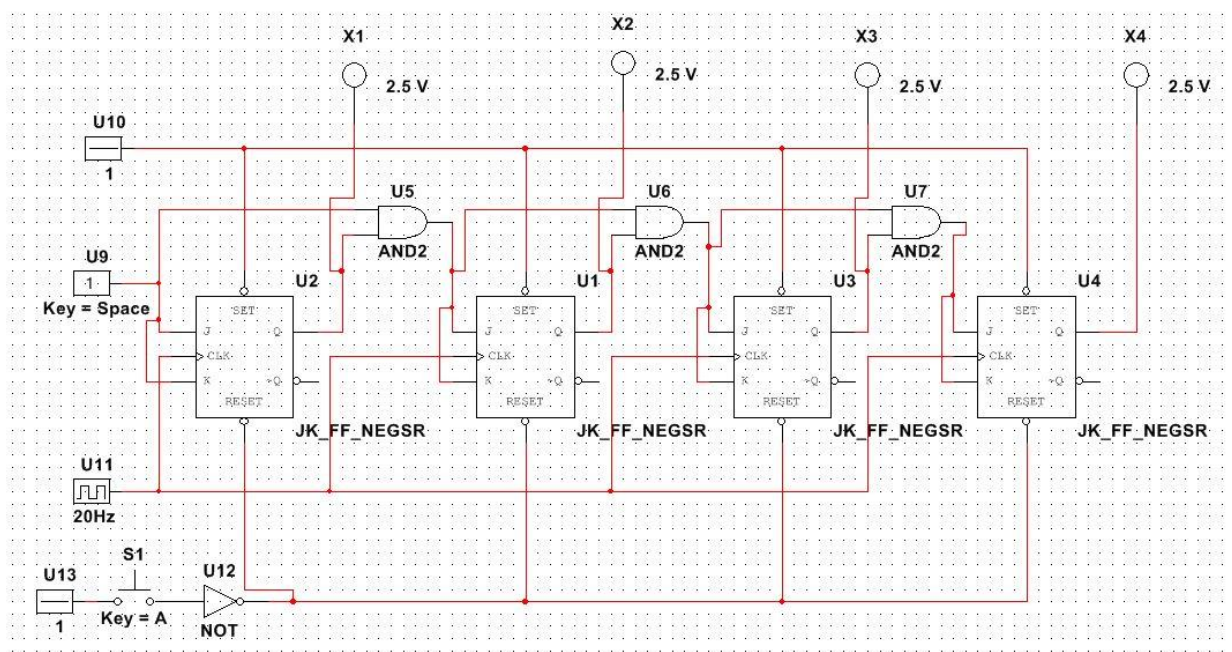


Рисунок 1-7 Принципиальная схема

Вход Enable счетчика подключен к интерактивной цифровой константе. При высоком логическом уровне на этом входе код в счетчике будет инкрементироваться. Вход Clear подключен к интерактивной кнопке через инвертор, поскольку вход Clear триггеров активируется низким уровнем.

- **Запустите** моделирование
- Изменяйте входные переменные и наблюдайте за пробниками

1-10 Что происходит со счетчиком?

- Щелкните по интерактивной кнопке или нажмите клавишу **A** на клавиатуре для активации входа Clear и наблюдайте за пробниками.

1-11 Что происходит со счетчиком?

- Когда закончите эксперимент, **остановите** моделирование.

1.5 Заключение

1-12 Изучив суммирующий счетчик (вторая схема), можете ли вы предсказать, как будет работать вычитающий счетчик?

1-13 Счетчики больше похожи на триггеры-защелки или на сумматоры? Объясните, почему.

1-14 Что определяет максимальное КОЛИЧЕСТВО импульсов, которое может быть подсчитано счетчиком? Что необходимо сделать, чтобы увеличить это значение?

1-15 В асинхронных счетчиках:

- A. Сигнал синхронизации одного триггера на половину импульса отстает от сигнала синхронизации соседнего триггера.
- B. Сигнал синхронизации одного триггера на половину импульса опережает сигнала синхронизации соседнего триггера.
- C. Выход одного триггера подключен ко входу синхронизации следующего триггера.
- D. Сигнал синхронизации подключен ко входам синхронизации всех триггеров.

1-16 В синхронных счетчиках:

- A. Сигнал синхронизации одного триггера совпадает по фазе с сигналом синхронизации соседнего триггера.
- B. Выход одного триггера подключен ко входу синхронизации следующего триггера.
- C. Сигнал синхронизации подключен ко входам синхронизации всех триггеров.
- D. Ничего из вышеперечисленного

1-17 В чем заключается самый большой недостаток асинхронных счетчиков?

- A. Задержка сигнала между триггерами
- B. Они не работают на низких частотах
- C. Они не могут быть реализованы на T-триггерах
- D. Все вышеперечисленное

1-18 Каково назначение входа разрешения (Enable) счетчика?

- A. Удерживает на выходе всех триггеров низкий уровень независимо от значений входных переменных
- B. Удерживает на выходе всех триггеров высокий уровень независимо от значений входных переменных
- C. Запрещает счет независимо от сигнала синхронизации
- D. Запрещает счет, когда сигнал синхронизации установлен в 0

1-19 Какие логические элементы используются между триггерами в синхронных суммирующих счетчиках?

- A. NAND
- B. XNOR
- C. NOT
- D. Ничего из перечисленного выше