

Практическое занятие
Моделирование работы цифрового функционального узла
«Счетчик»

Цель работы: изучить принцип работы одного из основных цифровых функциональных узлов вычислительной техники и систем автоматизированного управления – «Счетчик».

Учебное оборудование: Моделирование работы функционального узла проводится в программной среде электронной лаборатории Electronics Workbench / Multisim.

Используются следующие виртуальные элементы и измерительные инструменты Electronics Workbench / Multisim:

	Название элемента	Элемент EWB	Библиотека EWB
1.	D-триггер	D Flip-Flop	Digital
2.	микросхема 74160 – декадный двоично-десятичный счетчик с функцией сброса	Sync 4-bit Decade Counter (clr)	Digital ICs
3.	Базовые логические элементы	Logic Gates	Logic Gates
4.	Генератор тактовых импульсов Clock	Function Generator	Instruments
5.	Осциллограф	Oscilloscope	Instruments
6.	Логический анализатор	Logic Analyzer	Instruments
7.	Источник питания цифровых схем +5В	+ Vcc Voltage Source	Sources
8.	Переключатель	Switch	Basic
9.	Светодиодный индикатор («пробник»)	Red Probe	Indicators
10	Цифровой семисегментный индикатор	Decoded Seven-Segment Display	Indicators

В работе используются также файлы с готовыми схемами – счетчик2.ewb, дес.счетчик74160.ewb, дес.счетчик на 24.ewb.

Краткие теоретические сведения

Счетчик (более точно, двоичный счетчик, англ. *counter*) является одним из основных логических (цифровых) функциональных узлов ЦСАУ и компьютерной вычислительной техники в целом.

Функция двоичного счетчика заключается в подсчете поступающих на его вход тактовых импульсов и выдачей результата счета в виде двоичного (или двоично-десятичного) кода. По достижению максимального значения счета (определяемого его разрядностью) счетчик обнуляется, после чего возобновляется новый цикл счета. По достижению максимального значения двоичный код может быть сохранен в буферном регистре для дальнейшего использования в системе.

Счетчики применяются в различных цифровых системах автоматизированного и автоматического контроля и управления, а также в измерительно-вычислительных комплексах. Кроме того, счетчики применяются в различных цифровых электронных схемах в качестве делителей частоты.

Задание

1. Моделирование работы 4-разрядного двоичного счетчика с помощью последовательного соединения четырех D-триггеров.

1.1. Соберите схему, представленную на рисунке ниже.

На схеме рис. 1 представлен 4-разрядный двоичный счетчик, собранный на четырех последовательно соединенных D-триггерах.

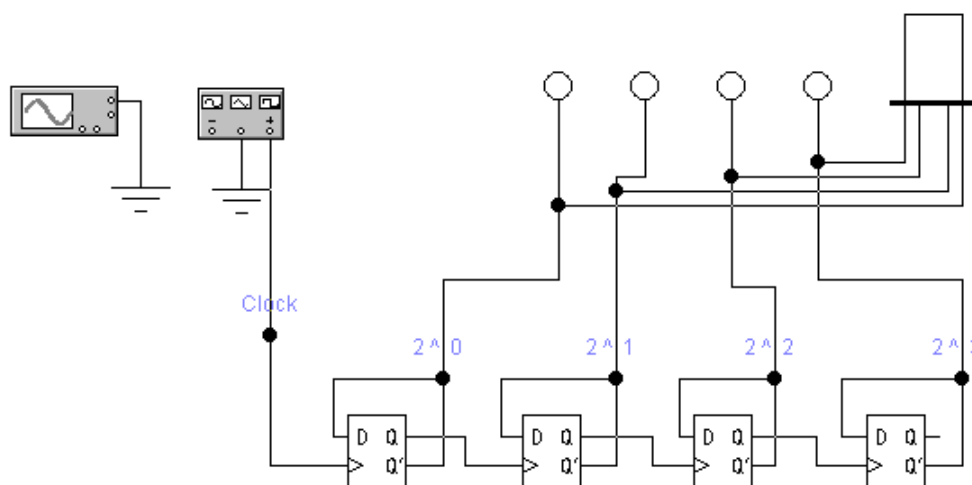


Рис.1. Схема 4-разрядного двоичного счетчика, собранного на четырех последовательно соединенных D-триггерах

Примечание. D-триггер (D – сокращение от англ. *delay*) – триггер задержки. Триггеры (англ. flip-flop, дословно – «резкий скачок») – класс электронных (цифровых) устройств, имеющих свойство неограниченно долго находиться в одном из двух резко различающихся устойчивых состояний и переходить из одного состояния в другое в результате воздействия внешнего сигнала. В частности, триггеры служат основной ячейкой электронной памяти компьютерной вычислительной техники.

В цифровой технике различают различные виды триггеров – RS-триггеры, JK-триггеры, D-триггеры и др. В D-триггере информация на выходе задерживается на один такт по отношению к входной информации. D-триггер имеет 4 вывода – 2 входа (вход D и вход для тактового импульса Clock) и 2 выхода (выход Q и выход для его инверсного значения Q').

Информация – в данном случае это тактовые импульсы Clock – поступают на вход первого D-триггера (элемент D Flip-Flop из библиотеки EWB Digital). Данные с инверсных выходов Q' каждого из четырех D-триггеров образуют 4-битный двоичный код, значение которого равно значению поступивших на данный момент тактовых импульсов. Это значение отображается двумя способами – с помощью светодиодных индикаторов и с помощью цифрового семисегментного индикатора.

Тактовые импульсы Clock формируются генератором сигналов Function Generator (библиотека EWB Instruments). Настройка генератора сигналов: тип сигнала – прямоугольный; амплитуда (Amplitude) – 5 В. Остальные данные по умолчанию.

Осциллограф (Oscilloscope, библиотека EWB Instruments) служит для просмотра одновременно двух сигналов, что помогает лучше понять работу схемы в целом. Обратите внимание, что в целях наглядности в настройках осциллографа для отображения первого сигнала – Channel A, опция Y position – произведено смещение отображения сигнала на одну единицу (одно деление шкалы дисплея) вверх, а в настройках для отображения второго сигнала – Channel B, опция Y position – произведено смещение отображения сигнала на две единицы (деления) вниз.

Итак, на рис. 2 показаны два сигнала – один это входной сигнал Clock, второй – сигнал с инверсного выхода первого D-триггера (который как видно по светодиодам образует младший бит 4-битного кода счетчика).

Из осциллограмм видно, что в результате работы D-триггера происходит деление частоты следования импульсов. При этом на цифровом индикаторе отображается число 6. Это число поступивших импульсов (см. верхнюю осциллограмму на рис. 2).

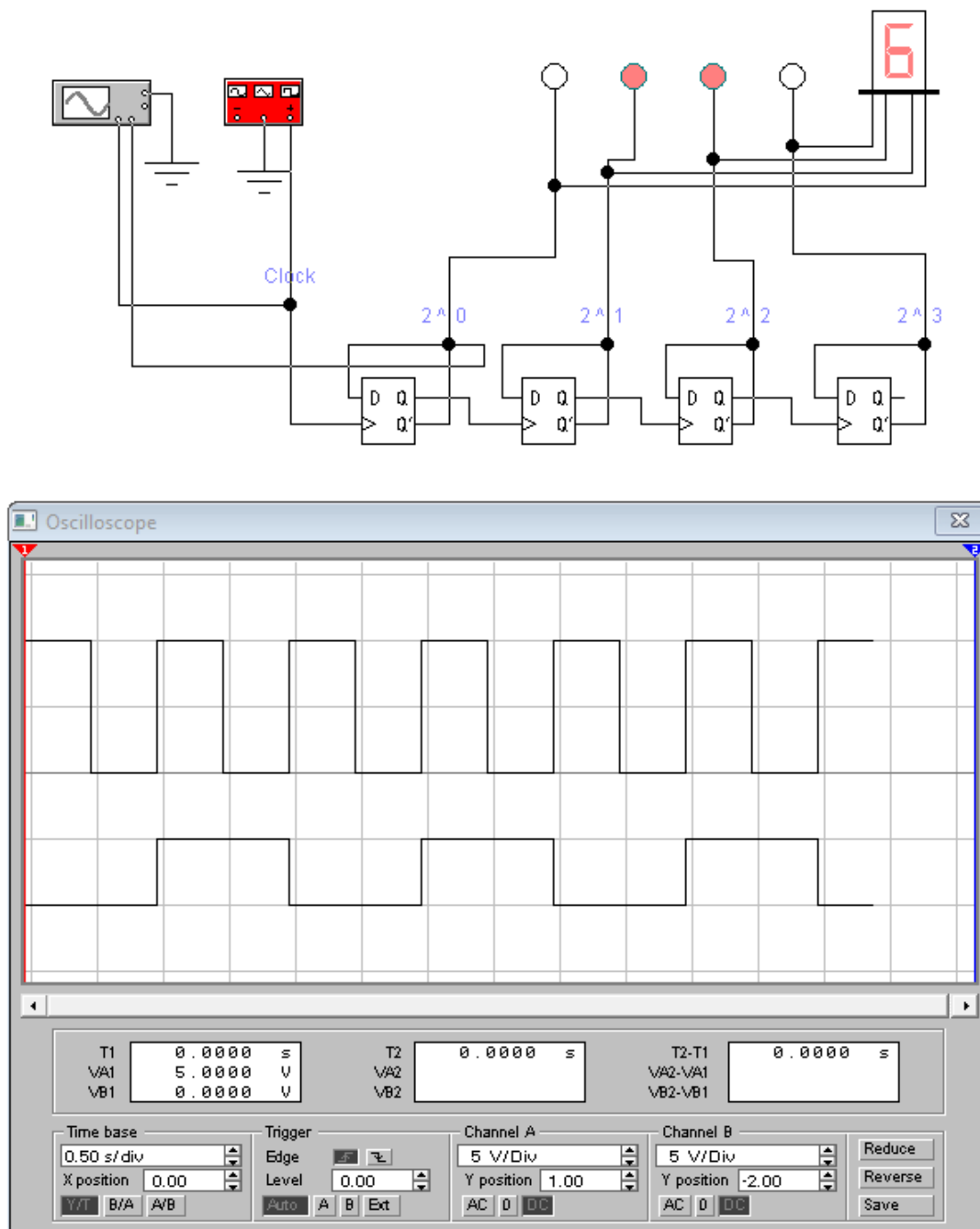


Рис.2. Пример подсчета счетчиком шести импульсов и осциллограммы двух сигналов

1.2. Проведите моделирование работы схемы. Проведите подсчет импульсов. Задокументируйте результаты (скриншот) в отчете.

2. Моделирование работы 8-разрядного двоичного счетчика с помощью последовательного соединения восьми D-триггеров.

2.1. Соберите или откройте готовый файл (счетчик2.ewb) со схемой, представленной на рис. 3.

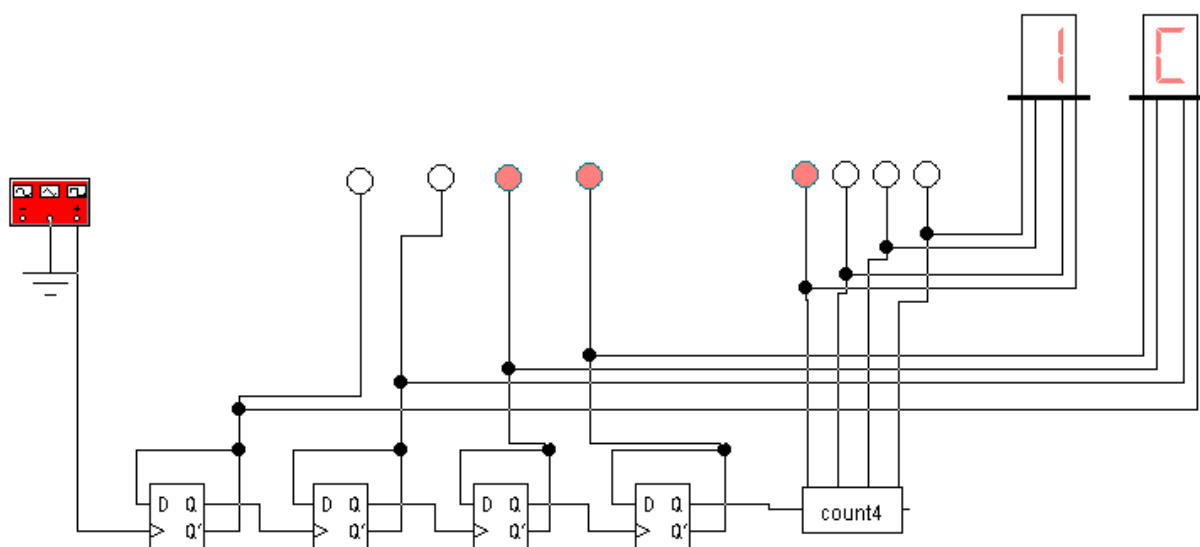


Рис. 3. Последовательное соединение двух 4-разрядных счетчиков для подсчета импульсов в диапазоне до 8-битного числа

Данная схема представляет собой последовательное соединение двух 4-разрядных счетчиков. При этом второй счетчик собран в подсхему count4 (двойной щелчок мышью по подсхеме позволяет раскрыть содержимое подсхемы). Вместе они образуют один 8-разрядный счетчик.

На рис. 3 приведен момент работы счетчика с количеством подсчитанных импульсов, равным 1С (отображение на цифровом индикаторе в шестнадцатеричном представлении), или 00111000 (отображение в двоичном представлении с помощью светодиодов).

2.2. Проведите моделирование работы схемы. Проведите подсчет импульсов до значения (20 + номер по списку в журнале). Задокументируйте результаты (скриншот) в отчете.

3. Моделирование работы 4-разрядного двоичного счетчика с помощью микросхемы 74160.

3.1. Соберите или откройте готовый файл (дес.счетчик74160.ewb) со схемой, представленной на рисунке ниже.

Микросхема 74160 – это декадный двоично-десятичный счетчик с функцией сброса (см. элемент Sync 4-bit Decade Counter (clr) из библиотеки EWB Digital ICs). Микросхема имеет 16 нумерованных выводов (см. рис. 4). Часть выводов являются входными, часть – выходными. Конкретное назначение выводов микросхемы описывается по ходу пояснения работы микросхемы, которое приводится ниже.

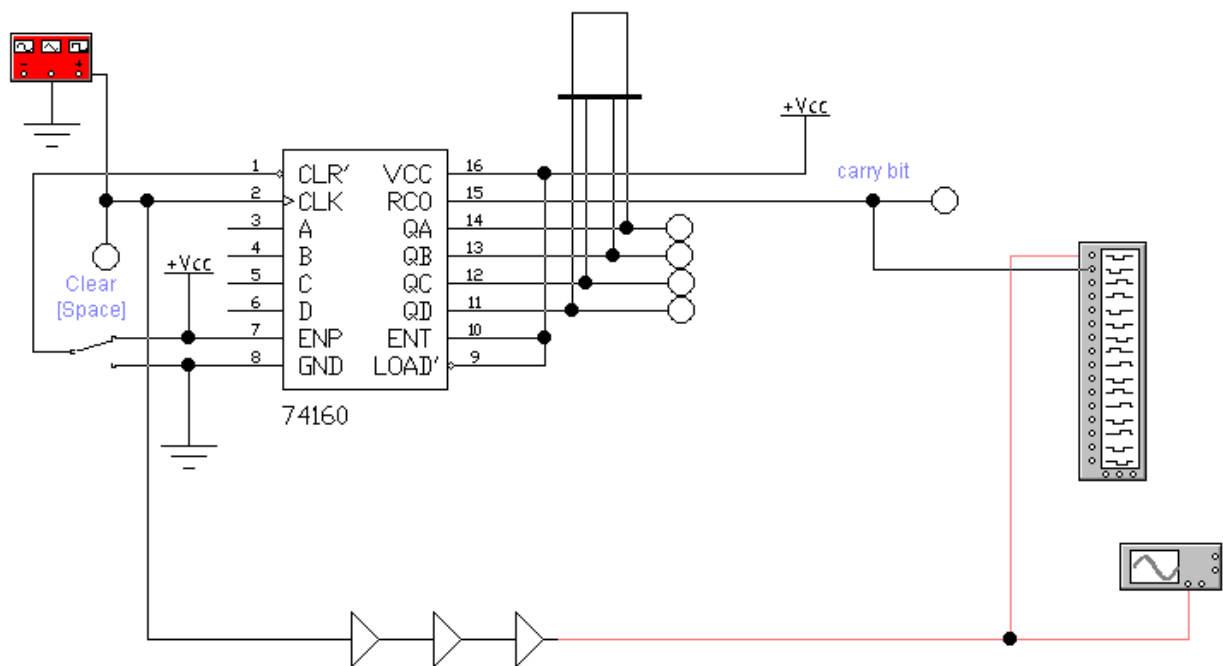


Рис. 4. Моделирование работы 4-разрядного двоичного счетчика с помощью микросхемы 74160

Микросхема позволяет проводить подсчет импульсов, которые подаются на вход CLK (номер вывода 2) с выдачей результата счета в двоично-десятичном представлении на четырех выходах QA, QB, QC, QD (номера выводов, соответственно, 14, 13, 12, 11), т.е. проводить подсчет в диапазоне от 0 до 9 (одна декада).

По достижению максимального значения 9 счетчик обнуляется, при этом с выхода микросхемы RCO (расшифровывается как *ripple counter overflow*, в переводе с английского, дословно, «переполнение подсчета импульсов») формируется специальный сигнал – перенос десятичного разряда (см. номер вывода 15, на схеме обозначен, как *carry bit*, т.е. «бит переноса»). Проанализировать процесс формирования бита переноса можно с помощью измерительного прибора «Логический анализатор» (см. рис. 4).

Сигнал "*carry bit*" с выхода RCO может быть подан на следующий каскад счетчика, а именно на вход CLK второй микросхемы 74160. Таким образом, суммарный счетчик в этом случае будет состоять из двух каскадов декадных счетчиков 74160. Назначение второго каскада – подсчет количества декад. В результате этого будет происходить подсчет импульсов уже в диапазоне от 0 до 99 (в этом случае схему можно назвать – двузначный декадный счетчик «0÷99»).

Микросхема 74160 позволяет также осуществлять принудительный сброс счетчика (*clear*) подачей логического 0 на инверсный вход CLR' (номер вывода 1). Использование этой функции будет задействовано в задании п.4 (см. рис. 5).

ЗадOCUMENTИРУЙТЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ (СКРИНШОТЫ) В ОТЧЕТЕ.

4.1. Соберите или откройте готовый файл (дес.счетчик на 24.ewb) со схемой, представленной на рис. 5.



Данная схема двузначного декадного счетчика собрана на двух каскадах микросхемы 74160. Дополнительные логические элементы предназначены для формирования сигнала сброса (обнуления) счетчика по достижению значения 24 (данный сигнал одновременно подается на инверсные входы CLR' обеих микросхем). Таким способом можно проводить подсчет количества часов в цифровом *таймере* (аналогично можно подсчитывать количество минут и секунд, в этом случае сброс должен производиться, соответственно, по достижению значения 60).

4.2. Проведите моделирование работы схемы, приведенной на рис. 5. Убедитесь, что происходит подсчет импульсов от 0 до 24, при этом по достижению максимального значения формируется сигнал переноса. Задokumentируйте результаты (скриншот) в отчете.

4.3. Проанализируйте работу собранной схемы и объясните назначение трех логических элементов «И» в левой части схемы.

Измените точки соединения логических элементов к выводным линиям цифровых индикаторов так, чтобы производился сброс счетчика по достижению не 24, а другого значения (*конкретное значение выберите в соответствии с номером студента по списку в журнале с добавлением 10; т.е. например, если номер равен 1, то выберите значение 11, если 2, то 12 и т.д.*).

5. Подготовьте отчет о проделанной работе.

Отчет должен содержать скриншоты (копии экрана монитора) с результатами проведенного моделирования и сформулированные выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите, какие функции выполняет функциональный блок цифровых систем – «счетчик»? Что именно подсчитывает счетчик?

2. Укажите, до какого значения производится подсчет входных импульсов?

3. Поясните, что означает функция «деление частоты»?

4. Назовите, на каких логических функциональных элементах цифровой техники строятся двоичные счетчики?

5. Что означает термины «инверсный вход», «инверсный выход» микросхемы? В чем их отличие от обычных входов и выходов?

6. Назовите количество выводов микросхемы 74160. Кратко поясните назначение основных выводов микросхемы.

7. Объясните, какую функцию у микросхемы 74160 выполняет выход RCO (ripple counter overflow)? На какой из входов второго каскада счетчика «0÷99» должен быть подан сигнал переноса с выхода первой микросхемы?

8. Объясните, какую функцию у микросхемы 74160 выполняет вход CLR (Clear)?

9. На рис. 5 приведен двухкаскадный счетчик «0÷99». Укажите, какая из приведенных на схеме микросхем 74160 выполняет функцию первого каскада, а какая – второго?

10. Поясните, как производится индикация результатов работы электронных цифровых схем?

11. Поясните работу измерительного прибора «Логический анализатор» (Logic Analyzer). В чем состоит сходство и отличие логического анализатора от осциллографа?

12. На логический анализатор на схеме рис. 4 подается два сигнала – входные импульсы и сигнал

13. Перечислите все логические элементы, приведенные на схеме рис. 5.

14. Проанализируйте работу схемы на рис. 5. Объясните, в чем назначение трех логических элементов «И» в левой части схемы? Что надо изменить в схеме, чтобы производился сброс счетчика по достижению не 24, а другого значения?