

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ АВТОМАТОВ С ПАМЯТЬЮ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И СИСТЕМЫ»**

(Электронный ресурс)

Составитель
В.П. ГАЛАС

Владимир 2012

УДК 681.32

Исследование цифровых автоматов с памятью. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Вычислительные машины и системы»/ Сост.: В.П. Галас, 2012. 19 с.

Приведены описания лабораторных работ по дисциплине «Вычислительные машины и системы», в которых изучаются цифровые автоматы с памятью для современных вычислительных машин. Работы выполнены в виде виртуальной электронной лаборатории на персональном компьютере с использованием пакета программ Multisim, позволяющего производить необходимые экспериментальные исследования.

Предназначены для студентов специальности 080801 - прикладная информатика в экономике дневной формы обучения и бакалавров направления 230200 – прикладная информатика

Ил. 19. Библиогр.: 3 назв.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

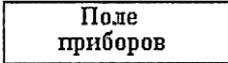
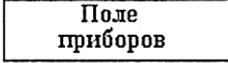
СЧЕТЧИКИ

Цель работы

1. Изучение структуры и исследование работы суммирующих и вычитающих счетчиков.
2. Изучение способов изменения коэффициента пересчета счетчиков.
3. Исследование работы счетчиков с коэффициентом пересчета, отличным от 2^n .

Приборы и элементы

Источник сигнала логическая единица

Генератор слов		Двухпозиционные переключатели		
Логический анализатор		Базовые двухвходовые логические элементы		
Логические пробники		Базовые триггеры RS-, JK- и D-типов		
Источник напряжения +5 В				
Генератор тактовых импульсов				

Краткие сведения из теории

Счетчики. Счетчик — устройство для подсчета числа входных импульсов. Число, представляемое состоянием его выходов по фронту каждого входного импульса, изменяется на единицу. Счетчик можно реализовать на нескольких триггерах. 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 рис. 1 представлен суммирующий двоичный счетчик и диаграммы его работы.

Изменение направления счета. Как уже говорилось ранее, счетчики можно реализовать на триггерах. При этом 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:

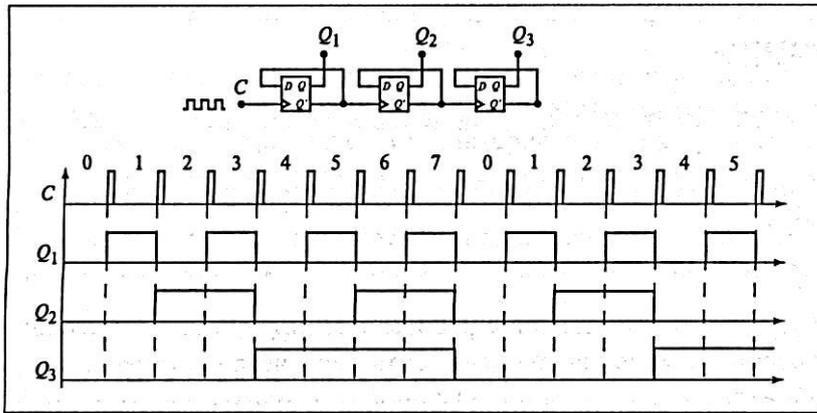


Рис. 1

Таблица 1

Состояние прямых выходов			Число N	Состояние инверсных выходов			Число N
Q_3	Q_2	Q_1		Q_3'	Q_2'	Q_1'	
0	0	0	0	1	1	1	7
0	0	1	1	1	1	0	6
0	1	0	2	1	0	1	5

а) считывать выходные сигналы счетчика не с прямых, а с инверсных выходов триггеров. Число, образуемое состоянием инверсных выходов триггеров счетчика, связано с числом, образованным состоянием прямых выходов триггеров следующим соотношением:

$$N_{\text{пр}} = 2^n - N_{\text{инв}} - 1,$$

где n - разрядность выхода счетчика. В табл. 1 приведен пример связи числа на прямых выходах с числом на инверсных выходах триггеров счетчика;

б) изменить структуру связей в счетчике: подавать на счетный вход следующего триггера сигнал не с инверсного, а с прямого выхода предыдущего, как показано на рис.2. В этом случае изменяется последовательность переключения триггеров.

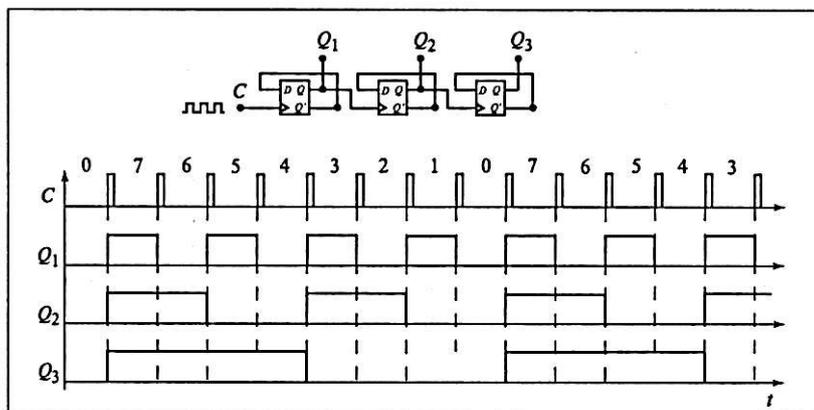


Рис. 2

Изменение коэффициента пересчета. Счетчики характеризуются числом состояний в течение одного периода (цикла). Для схем на рис. 1 и 2 цикл содержит $N = 2^3 = 8$ состояний (от 000 до 111). Часто число состояний называют коэффициентом пересчета $K_{сч}$, который равен отношению числа импульсов N_C на входе к числу импульсов $N_{Qст}$ на выходе старшего разряда за период:

$$K_{сч} = N_C / N_{Qст}.$$

Если на вход счетчика подавать периодическую последовательность импульсов с частотой f_c , то частота f_Q на выходе старшего разряда счетчика будет меньше в $K_{сч}$ раз:

$$K_{сч} = f_c / f_Q,$$

поэтому счетчики также называют делителями частоты, а $K_{сч}$ — коэффициентом деления. Для увеличения $K_{сч}$ приходится увеличивать число триггеров в цепочке.

Каждый дополнительный триггер удваивает число состояний счетчика. Для уменьшения коэффициента $K_{сч}$ можно в качестве выхода счетчика рассматривать выходы триггеров промежуточных каскадов. Например, для счетчика на трех триггерах $= 8$, если взять выход второго триггера, то $K_{сч} = 4$. При этом $K_{сч}$ является целой степенью числа 2: 2, 4, 8, 16 и т.д.

Можно реализовать счетчик, для которого $K_{сч}$ — любое целое число. Например, для счетчика на трех триггерах можно сделать $K_{сч} = 2—7$, но при этом один или два триггера могут быть лишними. При использовании всех трех триггеров можно получить $K_{сч} = 5—7$: $2^2 < K_{сч} < 2^3$. Счетчик с $K_{сч} = 5$ должен иметь пять состояний, которые в простейшем случае образуют последовательность: {0, 1, 2, 3, 4}. Циклическое повторение этой последовательности означает, что коэффициент деления счетчика $K_{сч} = 5$.

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 повлечь за собой последующую выработку сигнала, который перевел бы счетчик в состояние 000. Рассмотрим этот способ более детально.

Нерабочее состояние счетчика описывается логическим уравнением

$$F = (101) \vee (110) \vee (111) = Q_3 \cdot \bar{Q}_2 \cdot Q_1 \vee Q_3 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_1 \vee Q_3 \cdot Q_2 \cdot Q_1 = Q_3 \cdot Q_1 \vee Q_3 \cdot Q_2.$$

Состояния 110 и 111 также являются нерабочими и поэтому учтены при составлении уравнения. Если на выходе эквивалентной логической схемы $F = 0$, значит, счетчик находится в одном из рабочих состояний: $0 \vee 1 \vee 2 \vee 3 \vee 4$. Как только он попадает в одно из нерабочих состояний $5 \vee 6 \vee 7$, формируется сигнал $F = 1$. Появление сигнала $F = 1$ должно переводить счетчик в начальное состояние 000, следовательно, этот сигнал нужно использовать для воздействия на установочные входы триггеров счетчика, которые осуществляли бы сброс счетчика в состояние $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 0$. При реализации счетчика на триггерах со входами установки логическим нулем для сброса триггеров требуется подать на входы сброса R сигнал равный нулю. Для обнаружения нерабочего состояния используем схему, реализующую функцию F и выполненную на элементах И—НЕ. Для этого преобразуем выражение для функции:

$$F = \overline{Q_3 \cdot Q_1 \vee Q_3 \cdot Q_2} = Q_3 \cdot (\overline{Q_1 \vee Q_2}).$$

Соответствующая схемная реализация приведена на рис. 3.

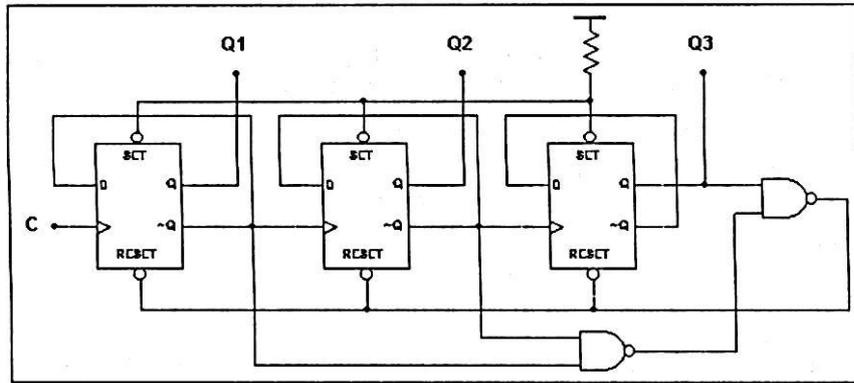


Рис. 3

Счетчик будет работать следующим образом: при счете от 0 до 4 все происходит, как в обычном суммирующем счетчике с $K_{сч} = 8$. Установочные сигналы равны единице и естественному порядку счета не препятствуют. Счет происходит по фронту импульса на счетном входе С. В тот момент, когда счетчик находится в состоянии 4 (100), следующий тактовый импульс сначала переводит счетчик в состояние 5 (101), что немедленно (задолго до прихода следующего тактового импульса) приводит к формированию сигнала сброса, который поступает на установочные входы сброса триггеров. В результате счетчик сбрасывается в нуль и ждет прихода следующего тактового импульса на счетный вход. Один цикл счета закончился, счетчик готов к началу следующего цикла.

Применяя такие схемы с обратной связью для сброса счетчика, нужно иметь в виду, что операция сброса занимает конечное время, поэтому непосредственно перед сбросом счетчика в нуль на выходе первого триггера появляются кратковременные импульсы, или «иголки». Это не имеет значения при подключении счетчика напрямую к индикатору, но при использовании этого выхода счетчика в качестве источника тактовых импульсов могут возникнуть определенные проблемы. Схема, в которой это явление устранено, приведена на рис. 4. Важным отличием является то, что схема обнаруживает не попадание в нерабочее состояние 101, а попадание в состояние 100 и в следующем такте вырабатывает сигнал сброса.

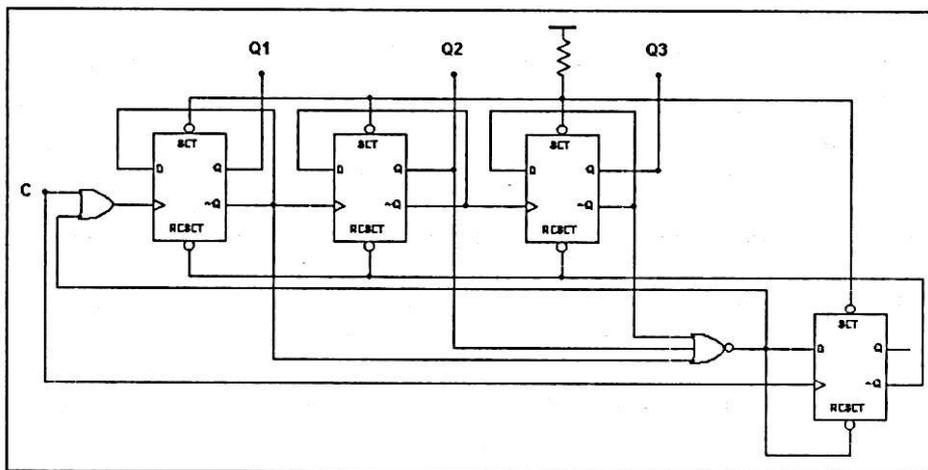


Рис. 4

Порядок проведения экспериментов

Эксперимент 1.

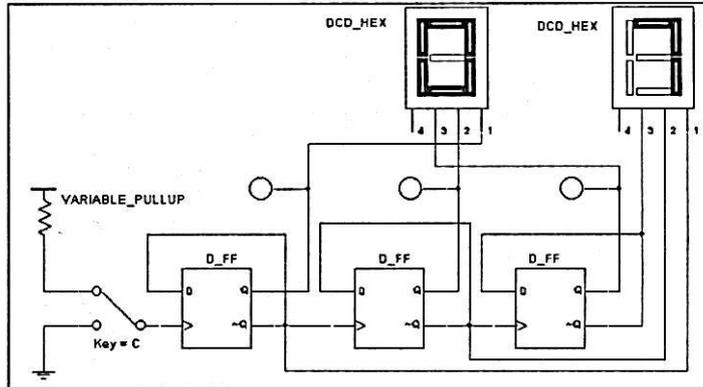


Рис. 5

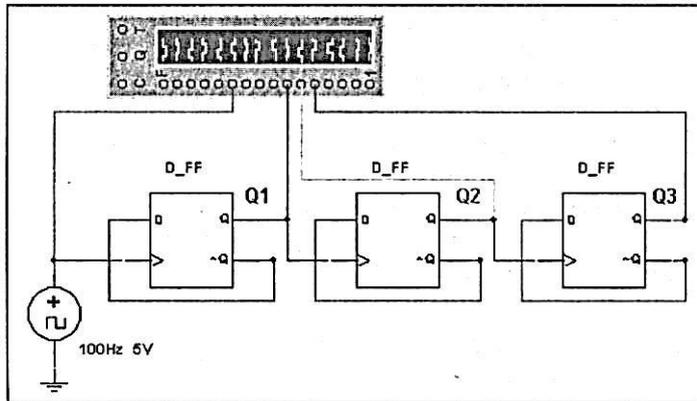


Рис. 6

Исследование суммирующего счетчика

Откройте файл c15_06 со схемой, изображенной на рис.5. Включите схему. Подавая на вход схемы тактовые импульсы с помощью ключа С и наблюдая состояние выходов счетчика с помощью логических пробников, составьте временные диаграммы работы суммирующего счетчика. Определите коэффициент пересчета счетчика. Результаты занесите в раздел «Результаты экспериментов». Обратите внимание на числа, формируемые состояниями инверсных выходов счетчика.

Эксперимент 2. Исследование вычитающего счетчика:

а) откройте файл c15_07 со схемой, изображенной на рис.6. Включите схему. Зарисуйте временные диаграммы работы вычитающего счетчика в раздел «Результаты экспериментов» на компакт-диске.

б) в схеме на рис. 6 входы логического анализатора подключите к инверсным входам триггеров. Включите схему. Зарисуйте полученные временные диаграммы в раздел «Результаты экспериментов» и сравните их с диаграммами, полученными в эксперименте 1.

Эксперимент 3. Исследование счетчика с измененным коэффициентом пересчета:

а) откройте файл c15_08 со схемой, изображенной на рис.7. Включите схему. Подавая на вход схемы тактовые импульсы с помощью ключа С и наблюдая состояние

выходов счетчика с помощью логических пробников, составьте временные диаграммы работы счетчика и определите коэффициент пересчета. Результаты занесите в раздел «Результаты экспериментов».

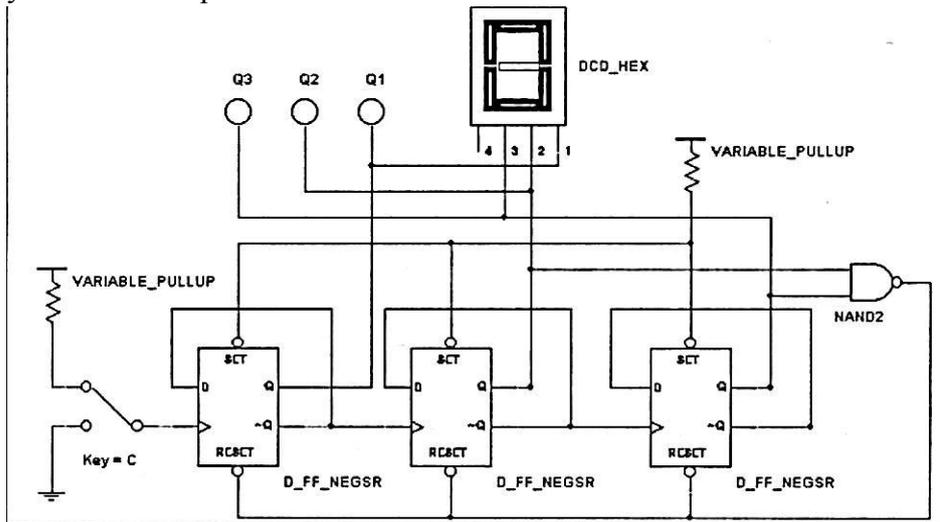


Рис. 7

б) измените структуру комбинационной части счетчика в соответствии со схемой на рис. 3. Подавая на вход схемы тактовые импульсы с помощью ключа С и наблюдая состояние выходов счетчика с помощью логических пробников, составьте временные диаграммы работы счетчика с коэффициентом пересчета $K_{сч} = 5$. Результаты занесите в раздел «Результаты экспериментов».

Эксперимент 4. Исследование регистра Джонсона

Откройте файл c15_09 со схемой, изображенной на рис.8. Счетное устройство, приведенное на рисунке, получило название регистра Джонсона или регистра с перекрестными связями. Включите схему. Постройте временные диаграммы сигналов на выходах триггеров. Определите коэффициент пересчета регистра Джонсона. Результаты занесите в раздел «Результаты экспериментов».

Эксперимент 5. Исследование регистра Джонсона, реализованного на JK-триггерах:

а) откройте файл с 15_10 со схемой, изображенной на рис.9. Установите ключ S в верхнее положение (на вход S второго триггера подается сигнал логической единицы). Включите схему. Постройте временные диаграммы работы схемы и занесите их в

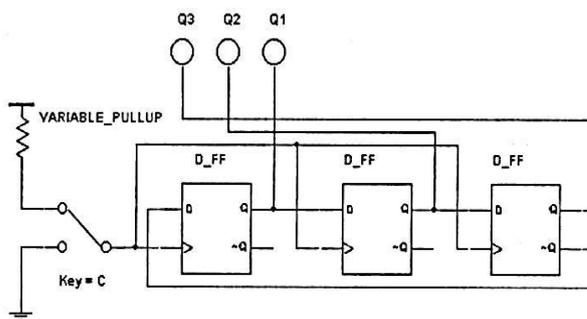
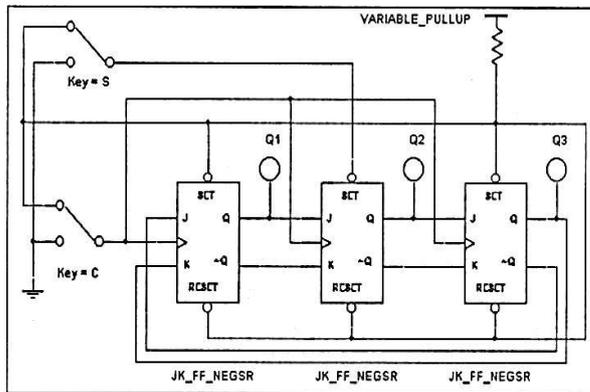


Рис. 8

раздел «Результаты экспериментов». Сравните полученные диаграммы с результатами эксперимента 4.б) установите схему в состояние 000. Подайте с помощью ключа S кратковременный импульс на вход S второго триггера. При этом схема должна установиться в состояние 010. Подавая на вход С схемы тактовые импульсы с помощью соответствующего ключа



и наблюдая состояние выходов схемы с помощью логических пробников, составьте временные диаграммы работы устройства. Определите коэффициент пересчета схемы. Результаты занесите в раздел «Результаты экспериментов».

Указание. Вернуть схему в прежнее состояние можно подачей кратковременного импульса на вход S второго триггера

в момент, когда схема находится в состоянии 101.

Вопросы

1. Почему при подключении счетных входов триггеров к инверсным выходам предыдущих каскадов счетчик на D-триггерах работает как суммирующий, а при подключении к прямым — как вычитающий?

2. В каком режиме будет работать счетчик на JAT-триггерах при подключении счетных входов триггеров к прямым выходам предыдущих каскадов? Как изменится режим работы счетчика при подключении счетных входов триггеров к инверсным выходам?

3. Какой коэффициент пересчета имеет регистр Джонсона?

4. Какими способами можно изменить коэффициент пересчета счетчика?

5. Сколько триггеров должен содержать счетчик с коэффициентами пересчета $K_{сч} = \{3, 5, 7, 9, 10, 12, 14, 15, 24, 30\}$?

6. В двоичном счетчике коэффициент пересчета равен 8, число триггеров 3. При поступлении тактовых импульсов на счетный вход счетчик изменяет свое состояние в следующей последовательности: 000—001—010—011—100—101—110—111—000. Сколько триггеров в счетчике изменяют свое состояние одновременно на каждом из переходов? Действительно ли триггеры изменяют свое состояние одновременно? Как происходит переход счетчика из состояния 111 в состояние 000? Какой из триггеров первым изменит свое состояние? Что послужит причиной переключения второго триггера? Как развивается процесс изменения состояния триггеров при переходе счетчика из состояния 011 в состояние 100?

7. Цифровые часы в метро реализованы на основе счетчиков. Иногда можно заметить, что четное число секунд на табло часов сохраняется заметно дольше, чем нечетное (возможна и обратная закономерность). Почему это происходит?

8. Какую разрядность должен иметь счетчик, отсчитывающий секунды и десятки секунд при наличии генератора импульсов частотой 10 кГц?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

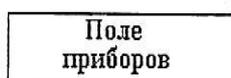
ОПЕРАЦИИ С РЕГИСТРАМИ

Цель работы

1. Изучение принципа действия регистра.
2. Ознакомление с разновидностями и классами регистров.
3. Обучение операциям с использованием регистров.

Приборы и элементы

Генератор слов



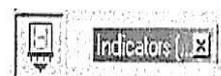
Источники сигнала
логическая
единица



Ключи,
управляемые с
клавиатуры



Индикатор
логического
уровня



D-триггер



Четырехразрядный
сдвиговый регистр



Краткие сведения из теории

Регистр хранения информации. Регистр представляет собой совокупность элементов памяти (триггеров) с

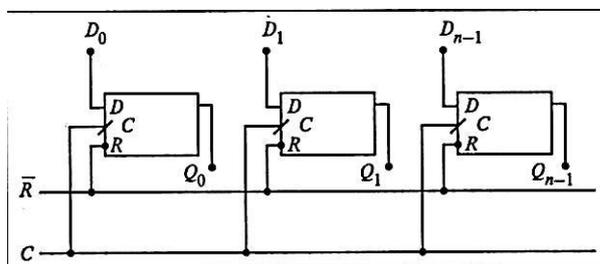


Рис. 10

возможностью одновременной (параллельной или последовательной) записи и хранения информации. На рис. 10 регистр хранения содержит n триггеров ($0, \dots, n - 1$) и может хранить n бит информации.

Регистр имеет входы данных D_0, D_1, \dots, D_{n-1} ; вход сброса (общий) R для обнуления всех выходов и тактовый C (общий); выходы триггеров Q_0, Q_1, \dots, Q_{n-1}

служат выходами регистра. Для хранения слова данных следует установить значения D на входах, затем подачей сигнала C (положительным перепадом, фронтом) записать данные в регистр. Для сброса данных (обнуления регистра) следует подать на вход сброса сигнал $R = 0$.

Диаграммы сигналов при записи в регистр информации представлены на рис. 11 для двух разрядов: D_0, D_1 .

Представленный на рис. 10 регистр обладает свойством записи и хранения информации при ее одновременном (параллельном) вводе в каждый из триггеров регистра. Функционирование регистра-памяти при параллельном вводе описывается уравнением для каждого разряда:

$$Q_{1,t+1} = D_{1,t}$$

$$Q_{2,t+1} = D_{2,t}$$

.....

$$Q_{i,t+1} = D_{i,t}$$

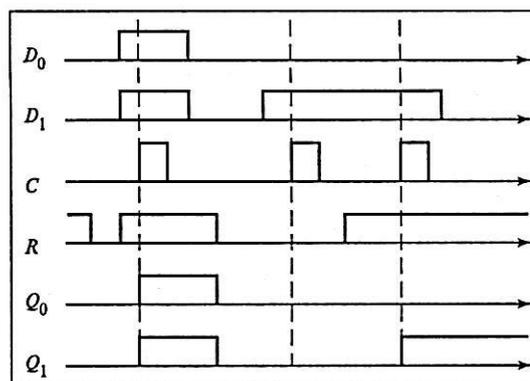


Рис. 11

Здесь $Q_{i,t+1}$ - выход i -го триггера на $t + 1$ -м такте; $D_{i,t}$ - входной сигнал этого триггера на предшествующем такте.

Регистр сдвига. Для выполнения умножения, деления чисел и некоторых логических операций широко используются регистры сдвига. Рис. 15.28 роко используются регистры сдвига. Пусть имеем регистр, в котором связи организованы в соответствии с рис. 15.29.

Пусть в некоторый момент (такт t) сигналы на выходах триггеров соответствуют (табл. 2): $Q_0 = 1$ (младший бит — МБ); $Q_1 = 1$, $Q_2 = 0$, $Q_3 = 0$ (старший бит — СБ).

Двоичное число, содержащееся в регистре, равно $0011 = 3$.

При изображенных на рис. 12 связях между входами и выходами триггеров сигналы D_0 , D_1 , D_2 , D_3 образуют слово (число) 1100, поэтому при переходе к следующему такту $t + 1$ происходит сдвиг числа на один разряд; значения битов и двоичное число в регистре приведены в табл. 2.

Сдвиг числа влево (в направлении старшего бита) на один разряд соответствует умножению числа на два. Если в результате сдвига старший бит выходит за пределы разрядной сетки, он утрачивается. Аналогично сдвиг вправо уменьшает число вдвое. Если в результате сдвига младший бит выходит за пределы разрядной сетки, он утрачивается. Если изменить связи выходов и входов триггеров, можно обеспечить сдвиг слова в противоположном направлении.

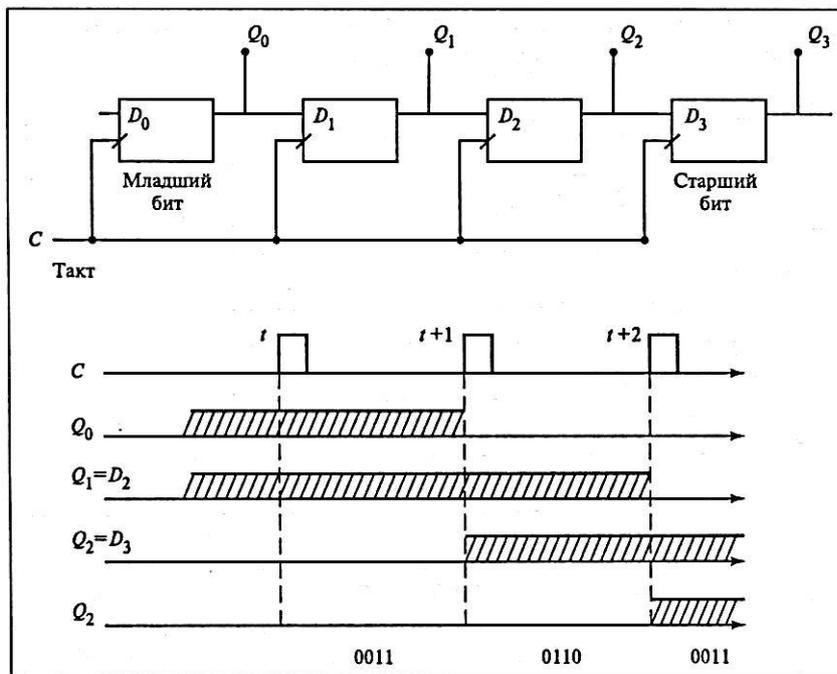


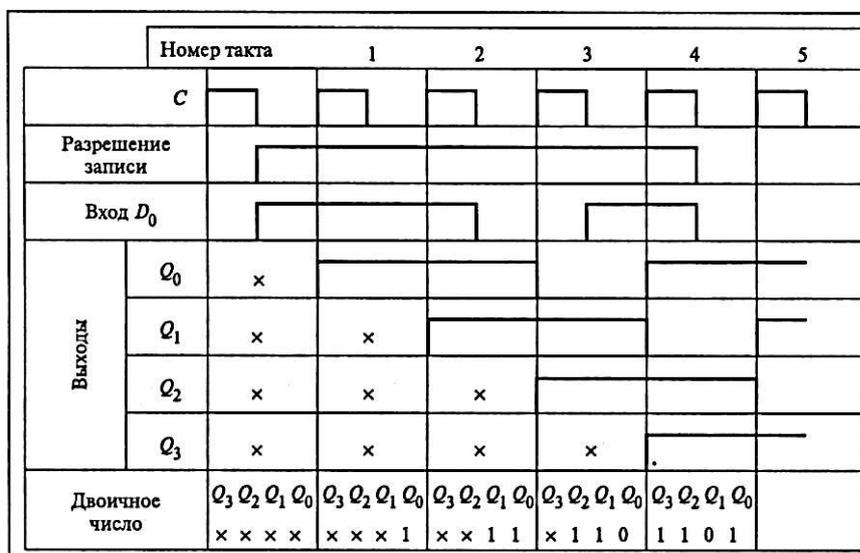
Рис. 12

Табл. 2

Такт	Входы и выходы				Двоичное число в регистре				Десятичное число
	МБ		СБ						
t	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3					
	1	1	0	0	0	0	1	1	3
	Входы								
$t+1$	D_0	D_1	D_2	D_3					
	0	1	1	0					—
	Выходы								
$t+1$	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3					
	0	1	1	0	0	1	1	0	6
	Входы								
$t+1$	D_0	D_1	D_2	D_3					
	0	0	1	1					—
	Выходы								

Последовательный ввод информации. Сдвиг информации в регистре дает возможность последовательной записи путем поочередного ввода каждого бита на следующем такте. Информация в k -разрядный регистр может быть введена за k тактов. Каждый новый бит вводится в момент фронта тактового сигнала C , а все записанные биты сдвигаются в следующий (по старшинству) разряд (рис. 15.30).

В реальных сдвиговых регистрах обычно имеется вход разрешения записи, который отсутствует в простейшей схеме рис. 15.29. Запись в регистр может осуществляться только при разрешающем сигнале на этом входе, что отражено на диаграммах рис. 15.30.



x — ноль (0) или единица (1)

Рис. 13

Связь входов, выходов и тактовых сигналов в общем виде для приведенного регистра сдвига записывается уравнениями:

$D_{i+1,t} = Q_{i,t}$; вход $(i+1)$ -го триггера всегда совпадает с выходом i -го (жесткая связь); $Q_{i+1,t+1} = Q_{i,t}$; выход i -го триггера на следующем такте записывается в $(i + 1)$ -й триггер;

$Q_{i+1,t+1} = D_{i+1,t}$; входной сигнал любого триггера становится его выходным сигналом на следующем такте.

Порядок проведения экспериментов

Эксперимент 1. Запись слова в регистр:

а) откройте файл c15_11 со схемой, приведенной на рис. 14. Установите код (любое слово от 0000 до 1111) ключами 1, 2, 3, 4. Прочтите слово в регистре. Обнулите регистр. Запишите установленное слово. Обратите внимание на то, что в регистре сохраняется (запоминается) входное слово в момент положительного перепада тактового сигнала;

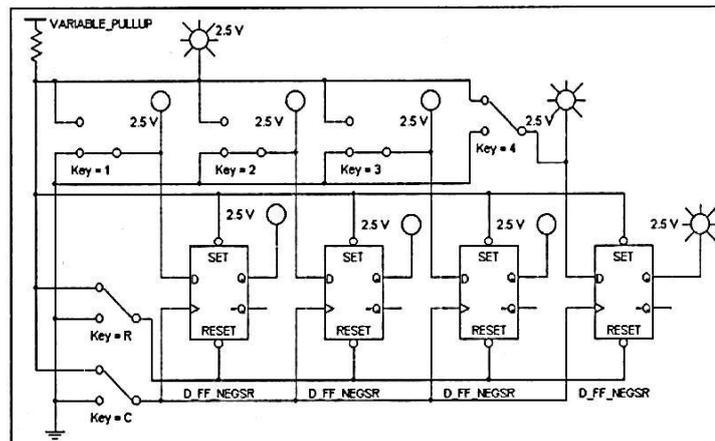


Рис. 14

б) откройте файл c15_12 со схемой, приведенной на рис. 15. Младший байт генератора слов заполните кодом двоичного счетчика: от 0000 до 1111. В старшем байте один из битов пусть выполняет функции сброса (R), а другой бит — функции сигнала тактирования (C). Определите экспериментально состояния индикаторов, подключенных к выходам триггеров, для последовательности входных слов, взятой из таблицы, приведенной в соответствующем пункте раздела «Результаты экспериментов». Результаты занесите в столбец 1.

Как изменится результат, если

- 1) весь столбец R будет нулевым (результат занесите в столбец результатов 2);
- 2) весь столбец R будет единичным (результат занесите в столбец результатов 3);
- 3) единица в столбце тактирования (C) будет в строке 5 (результат занесите в столбец результатов 4);
- 4) единица в столбце тактирования (C) будет в строке 8 (результат занесите в столбец результатов 5);
- 5) единица в столбце тактирования (C) будет в строке 12 (результат занесите в столбец результатов 6);
- 6) единица в столбце тактирования (C) будет в строке 15 (результат занесите в столбец результатов 7);
- 7) единица в столбцах тактирования (C) будет в строках 3 и 5 (результат занесите в столбец результатов 8);

8) единица в столбцах тактирования (C) будет в строках 5, 8 и 12 (результат занесите в столбец результатов 9).

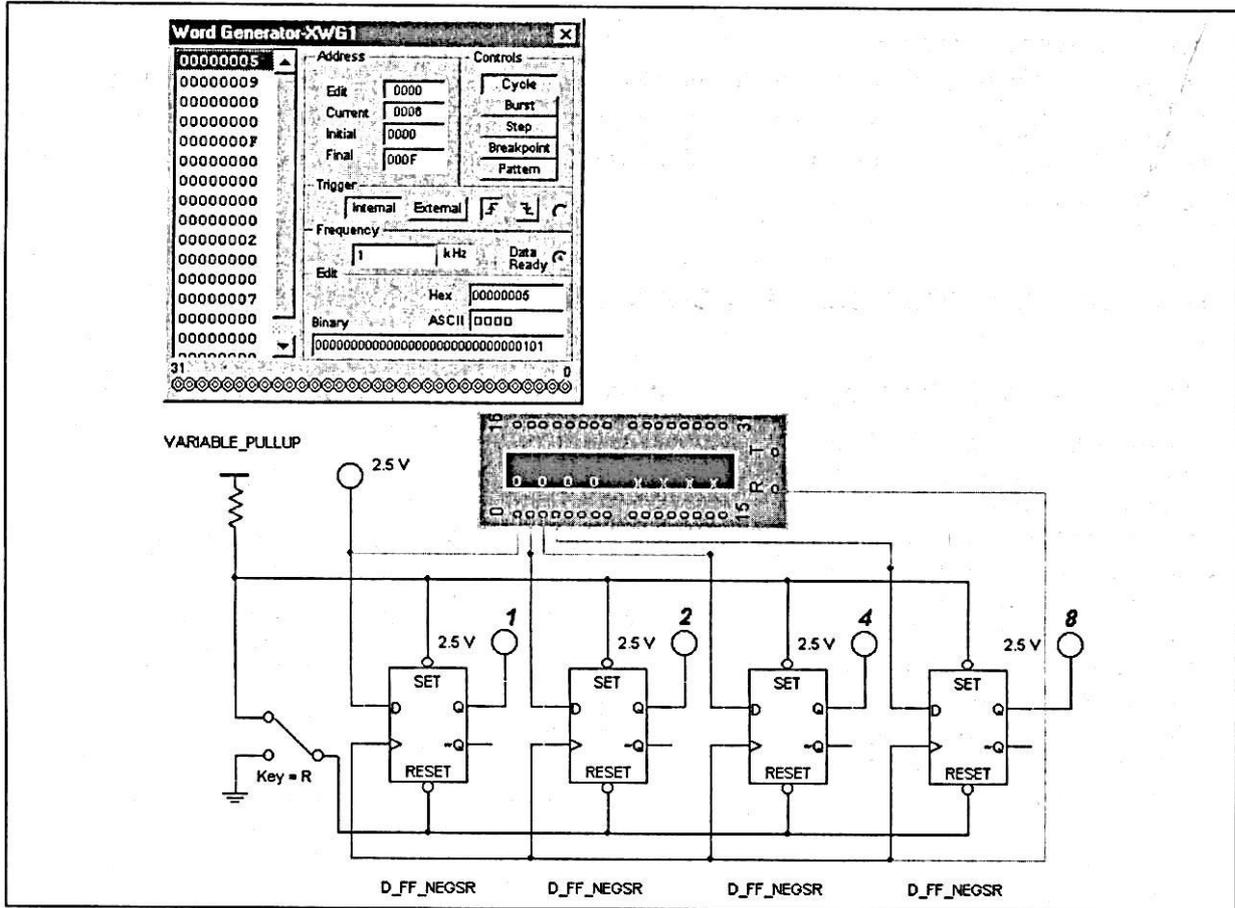


Рис. 15

Эксперимент 2. Исследование регистра сдвига

Откройте файл с 15_13 со схемой, приведенной на рис 16. С помощью ключа *R* установите нулевые значения всех битов регистра. Подав сигнал $D = 1$ положительным перепадом сигнала *C* запишем единицу в крайний левый триггер. Его состояние фиксируется индикатором логического уровня. Установите $D = 0$. Если теперь манипулировать ключом *C*, то на каждом такте при положительном перепаде *C* изменяется состояние индикатора до тех пор, пока записанная единица не покинет регистр вовсе. Убедитесь, что запись вводимого бита (ноль или единица) производится в крайний левый триггер, состояние которого соответствует биту младшего разряда.

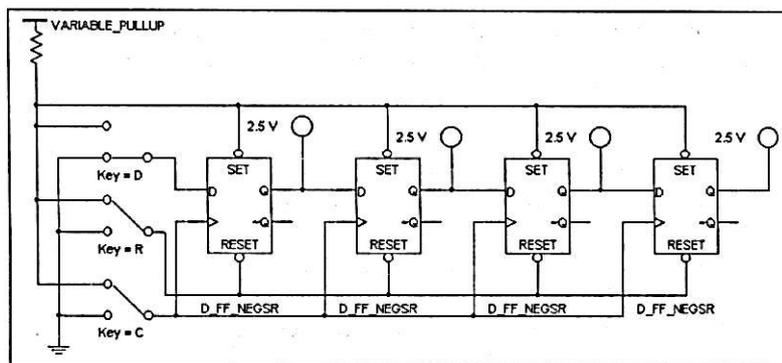


Рис. 16

Убедитесь, что запись вводимого бита (ноль или единица) производится в крайний левый триггер, состояние которого соответствует биту младшего разряда.

В таблице раздела «Результаты экспериментов» записано состояние регистра на первых двух тактах. Проверьте эту запись и продолжите таблицу для последующих трех тактов.

В таблице раздела «Результаты экспериментов» записаны состояния регистра при последовательном введении слова 0101. Проверьте экспериментально правильность записи.

Сдвиньте слово влево и запишите сигналы индикаторов в таблице.

Введите самостоятельно число 0110 = 6 и запишите состояния индикаторов и регистра в таблице.

Эксперимент 3. Исследование кольцевого регистра сдвига

Откройте файл c15_14 со схемой, приведенной на рис 17. Запишите в регистр код 0001. Состояния регистра при подаче последовательности сигналов С представлены в таблице раздела «Результаты экспериментов» на компакт-диске. Проверьте этот результат экспериментально и объясните его. Получите экспериментально последовательности состояний кольцевого регистра в тех случаях, когда первоначально записаны коды 0011, 0111, 0101, 1010 и запишите результаты в таблице.

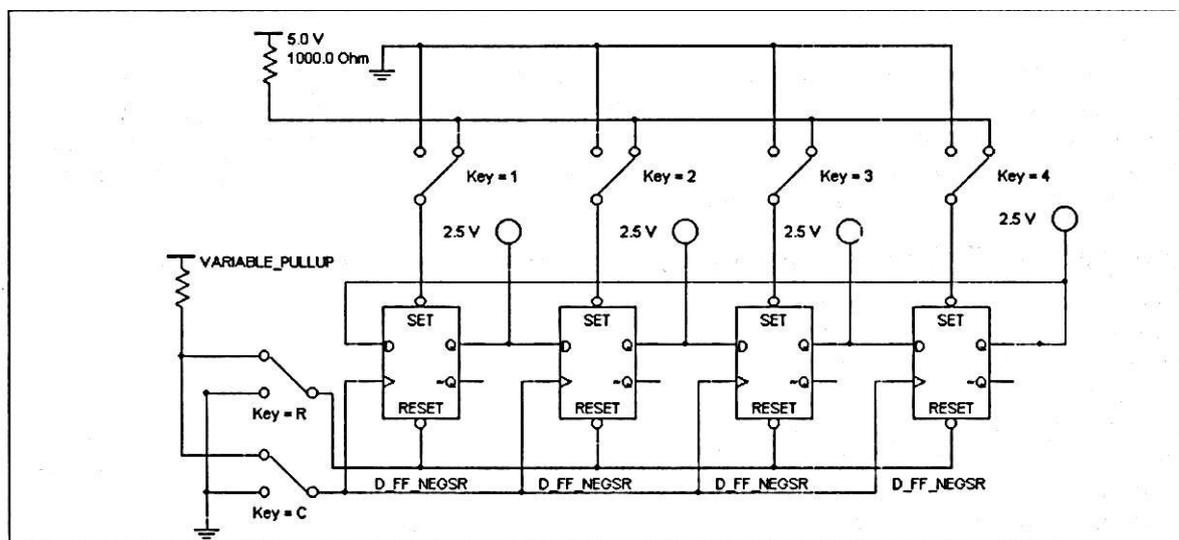


Рис. 17

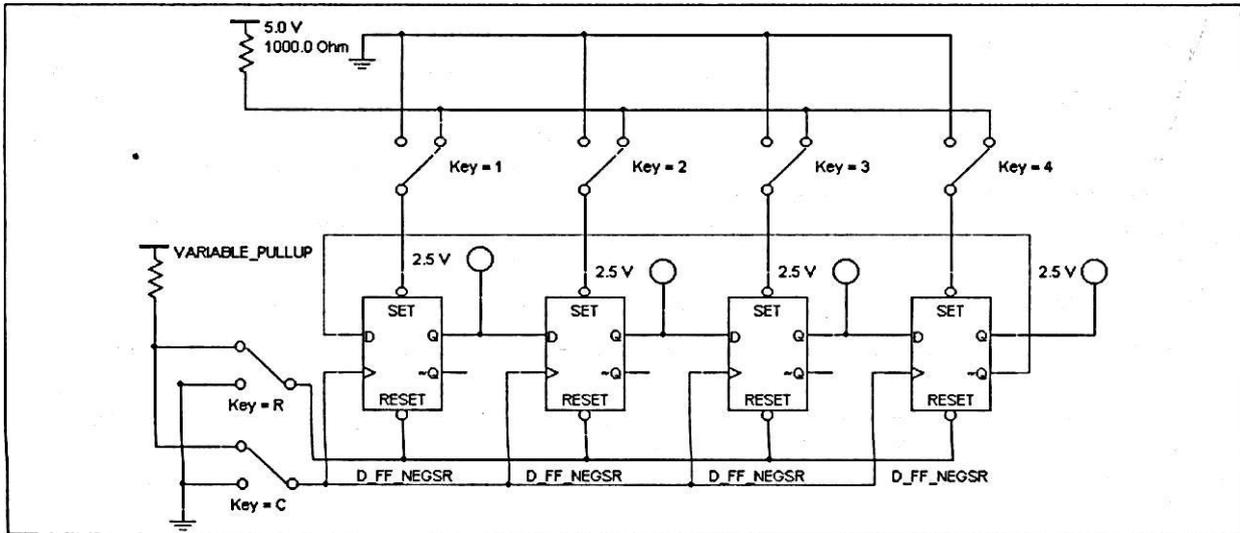
Что произойдет с циклической последовательностью слов при начальной записи 0001, если в результате случайного однократного сбоя в одном (любом) триггере вместо единицы окажется записан нуль? Вместо нуля — единица?

Проверьте указанные ситуации экспериментально и запишите последовательность слов в таблицу раздела «Результаты экспериментов».

Эксперимент 4. Исследование регистра «скрученное кольцо»

Откройте файл c15_15 со схемой, приведенной на рис 18. Установите все четыре триггера в нулевое состояние с помощью ключа сброса R. Затем установите ключи R, 1, 2, 3, 4 в состояние единица. После этого все изменения состояния триггеров будут происходить только под действием тактовых сигналов С и сигналов на входах D-триггеров. Для начального состояния 0000 регистра сигнал $\sim Q = 1$ четвертого триггера поступает на вход D первого триггера. Получите экспериментально последовательность состояний регистра и занесите результаты эксперимента в

таблицу раздела «Результаты экспериментов». Повторите эксперимент, установив в регистре начальные состояния 0101, 1010, 1101 и занесите полученные результаты в таблицу.



Эксперимент 5. Исследование четырехразрядного регистра сдвига

В современной интегральной схемотехнике регистры с узлами управления и тактирования выполняются не из отдельных триггеров и логических схем, а в виде специализированных интегральных схем средней степени интеграции:

а) исследование режима хранения. Откройте файл c15_16 со схемой, приведенной на рис 19. Запишите в регистр число 1101. Занесите в таблицу раздела «Результаты экспериментов» значения сигналов, которые должны быть поданы на входы *CLR, SR, SL, A, B, C, D, CLK, S1, S0*.

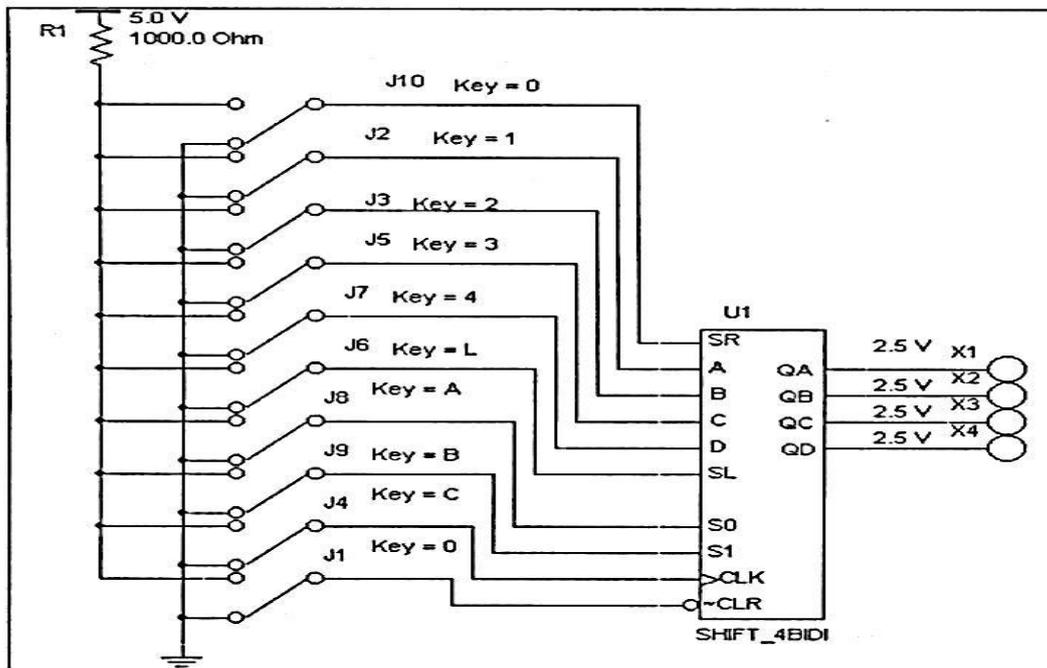


Рис. 19

По состоянию индикаторов на выходах QA , QB , QC , QD убедитесь, что при этих значениях происходит запись требуемого числа.

Запишите число 1000. Проверьте экспериментально и занесите в таблицу раздела «Результаты экспериментов» значения сигналов на входах SR , SL , A , B , C , D , при которых записанное число сохраняется;

б) *исследование операции параллельной записи.* Занесите в таблицу раздела «Результаты экспериментов» значения сигналов, которые должны быть поданы на входы CLR , SR , SL , A , B , C , D , чтобы записать любое число QA , QB , QC , QD при условии, что было записано другое число QA_0 , QB_0 , QC_0 , QD_0 . Запишите манипуляции, которые должны быть проделаны с сигналом CLK . Значения сигналов, не влияющих на решение задачи, обозначьте символом x (ноль или единица);

в) *исследование операций сдвига вправо и влево.* Занесите в таблицу раздела «Результаты экспериментов» значения сигналов, которые должны быть поданы на входы CLR , SR , SL , A , B , C , D , чтобы осуществить сдвиг вправо числа 0110 (должно получиться 0011) и сдвиг влево числа 0011 (должно получиться 0110). Запишите манипуляции, которые должны быть проделаны с сигналом CLK . Значения сигналов, не влияющих на решение задачи, обозначьте символом x (ноль или единица);

г) *исследование операций последовательной записи.* Занесите в таблицу раздела «Результаты экспериментов» значения сигналов, которые должны быть поданы на входы.

Вопросы

1. Сколько различных состояний k может быть у регистра с числом разрядов $N = 4$?
2. Как организовать циклический регистр с числом разрядов $N = 3$ и числом состояний $k = 6$?
3. Какие состояния возможны у регистра циклического сдвига типа «скрученное кольцо»?
4. На входы регистра хранения поступает последовательность случайных кодов. Как зафиксировать в регистре заданное число в случае его появления в последовательности?
5. Какое число будет записано в регистре, если на входы данных поступают коды со счетчика на сложение (вычитание), а сигналы синхронизации подаются с выхода дешифратора некоторого заданного числа?
6. Как организовать регистр сдвига, в котором записанное число сдвигается каждым тактовым сигналом на два разряда вправо? Влево?
7. Как организовать регистр сдвига, в котором единственная записанная единица перемещалась бы циклически влево-вправо между крайними положениями?
8. Как будет изменяться число в регистре предыдущей задачи, если в него записать число, содержащее единственный ноль, все остальные биты единицы?
9. Какое число окажется записанным в регистр, если на его входы поданы сигналы с выходов счетчика (N разрядов), а запись производится в случайный момент (нажатием кнопки)?
10. Как в кольцевом регистре сдвига с единственной начально записанной единицей обнаружить сбой (ошибочная запись двух единиц и более, исчезновение единицы)?

11. Как автоматически восстановить нормальную работу регистра предыдущей задачи, если обнаружена какая-либо ошибка?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вычислительные машины, сети и телекоммуникационные системы: учебное пособие/ А. П. Пятибратов, Л. П. Гудыно, А. П. Кириченко. - М.: МЭСИ, 2007. - 292 с.
2. Бройдо В.Л., Ильина О.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. СПб.: Питер, 2008 г.
3. Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение. - М.: Солон-Р, 1999. - 512 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1. СЧЕТЧИКИ.....	3
Лабораторная работа № 2. ОПЕРАЦИИ С РЕГИСТРАМИ.....	10
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	19