



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«МИРЭА – Российский технологический университет»

**РТУ МИРЭА**

---

## **ЛЕКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**по дисциплине**

**Цифровые устройства и микропроцессоры**

**Часть 1 (5 семестр)**

**Лекция 8**

## Основные темы лекции

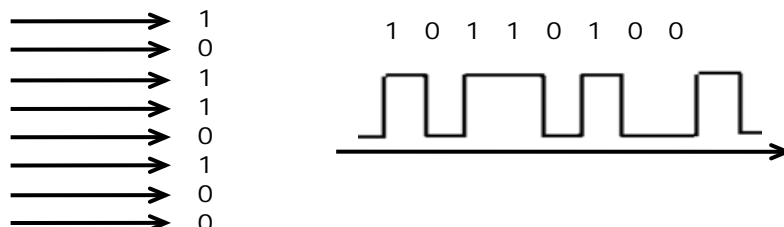
Регистры

Счетчики. Классификация.

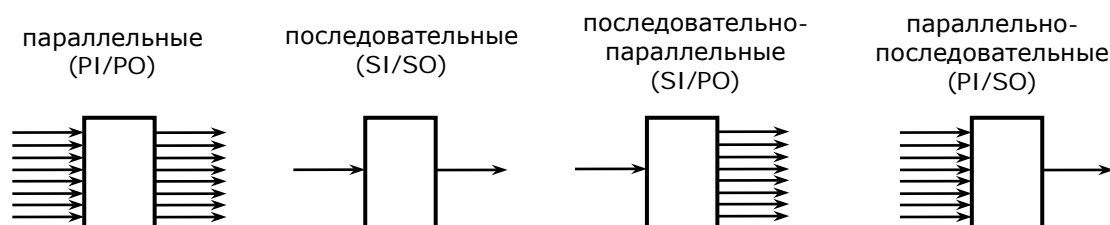
### Регистры

*Регистр* – устройство, осуществляющее прием, хранение, возможное преобразование (сдвиг) и выдачу многоразрядного двоичного кода.

Многоразрядный код может быть *параллельным* и *последовательным*.



Соответственно регистры делят на:



Регистр может быть также универсальным — иметь все варианты входов/выходов — как параллельных, так и последовательных.

Работа с последовательным кодом требует операций сдвига (влево/вправо), соответствующие регистры называют *сдвиговыми* или регистрами сдвига (хотя и в чисто параллельном регистре такая обработка может присутствовать). *Реверсивный* регистр позволяет сдвигать код в обоих направлениях. Если направление специально не оговорено, обычно подразумевается сдвиг от младших к старшим разрядам (логический/арифметический сдвиг влево).

Регистры имеют:

- информационные входы (в количестве от 1 до N, N – разрядность);
- информационные выходы (в количестве от 1 до N);
- сигнал записи / приема / ввода;
- сигнал чтения / передачи / вывода.

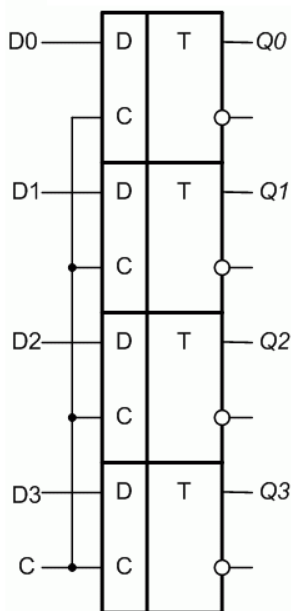
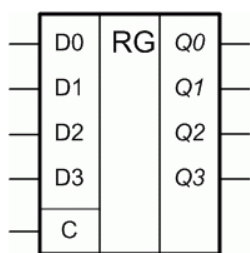
Последние два сигнала могут быть объединены в один, а при работе с последовательным кодом — выполнять и функцию сдвига.

Дополнительные сигналы:

- сброс регистра в нулевое состояние;
- реверс направления сдвига (или отдельные сигналы записи/чтения для каждого направления);
- разрешение выходных сигналов (при наличии 3-го состояния);
- переключатель типа входного/выходного кода и др.

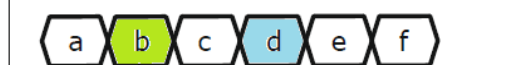
### Параллельный регистр

Состоит из синхронно работающих триггеров (с общим сигналом синхронизации). Как и в триггере, по входу записи возможно статическое или динамическое управление. Таблицы/диаграммы переключения такие же, как и для соответствующих триггеров.



Пример диаграммы работы:  
выборка из входной  
последовательности  
определенных кодов

Входные данные D0...D3



Сигнал синхронизации C (по фронту)

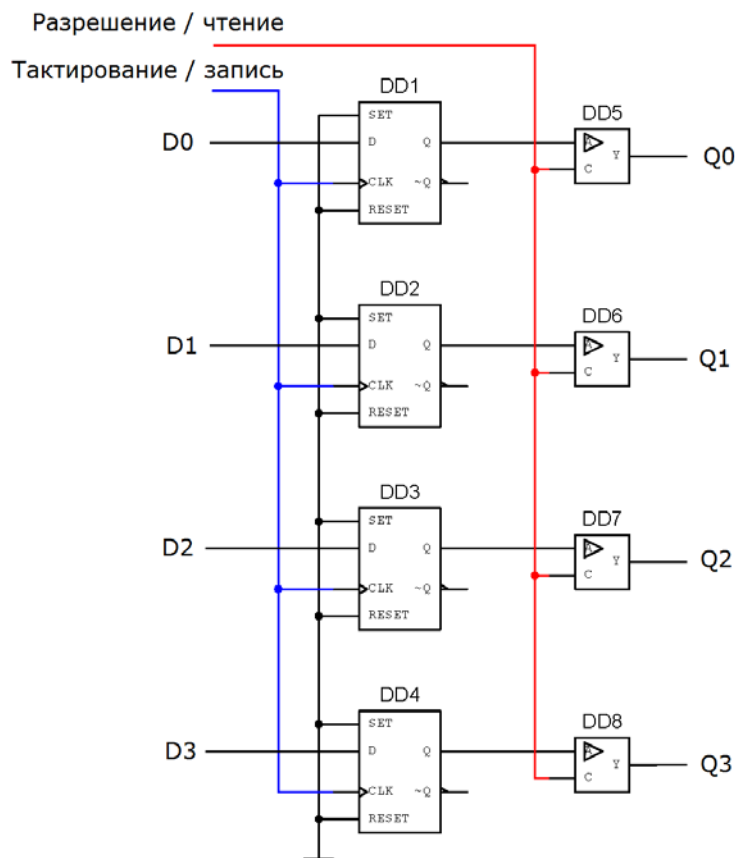


Выходные данные Q0...Q3

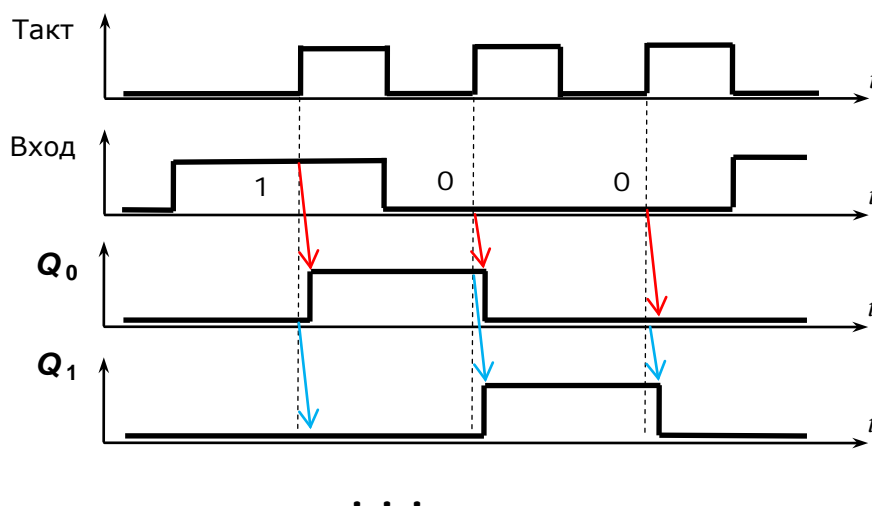
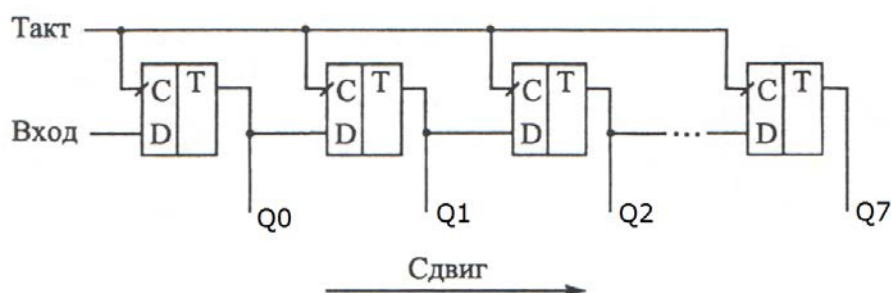


Задание на **самостоятельную** работу: составить схему распараллеливания последовательности кодов на 2 и 4 потока (идущих с меньшей скоростью).

Вариант регистра с сигналом разрешения выходов (сигналом чтения) исследуется в лабораторной работе 3 (на выходах триггеров установлены буферные элементы — повторители с Z-состоянием):



## Последовательно-параллельный регистр



В приведенной схеме сдвиг происходит **влево** — от младшего к старшему разряду. Сигнал тактирования последовательных данных — динамический (в данном случае по фронту). По возрастающему фронту тактового сигнала каждый триггер захватывает входной сигнал, который на выходе данного триггера появляется с некоторой задержкой. Этот выходной сигнал передается в триггер более старшего разряда на следующем фронте.

Сдвиговый регистр может использоваться для задержки данных на заданное число тактов.

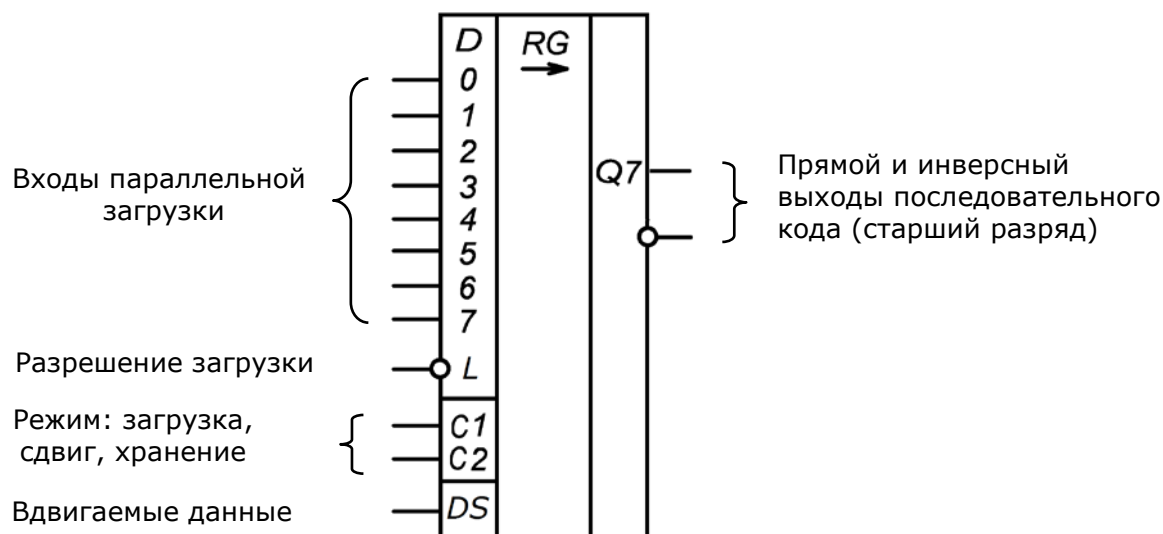
### Пример реальной микросхемы 74164 (ИР8)



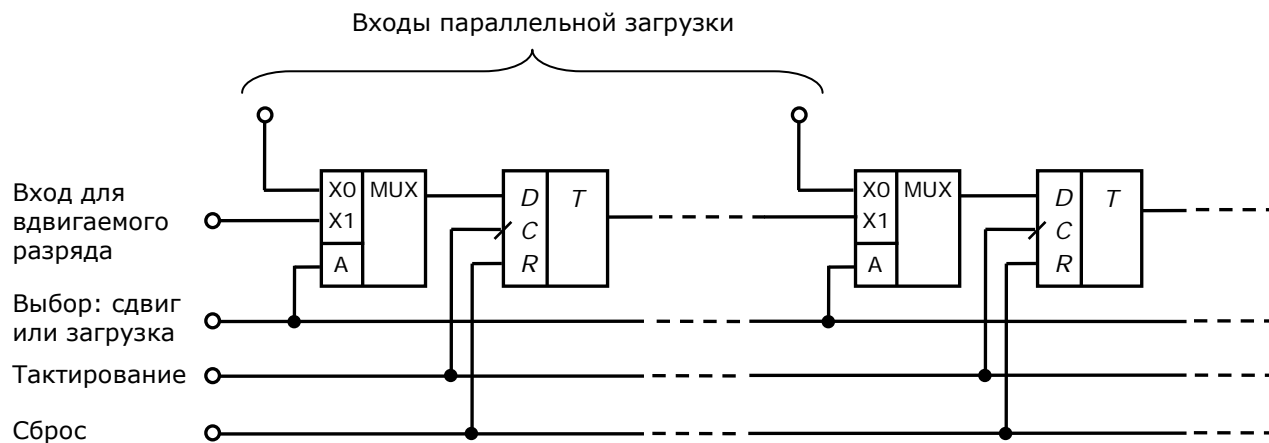
Микросхема осуществляет сдвиг от младших разрядов к старшим, при этом в младший разряд вдвигаются биты с одного из входов данных D1 или D2 (на втором входе при этом должна быть лог. 1). Соединение одного из входов данных со старшим выходным разрядом позволяет получить *кольцевой* регистр для реализации циклического сдвига.

## Параллельно-последовательные регистры

Пример обозначения одного из таких регистров (микросхема 74165, ИР9):



Внутри такие регистры содержат цепочку триггеров (как и на ранее показанной схеме для последовательно-параллельного регистра). Задача состоит в одновременной загрузке всех триггеров внешним двоичным кодом. Удобно для этой цели использовать D- и JK-триггеры с установочными входами R, S. Пример построения и функционирования подобного параллельно-последовательного регистра на JK-триггерах рассматривается на практических занятиях. Ниже представлено еще одно решение:

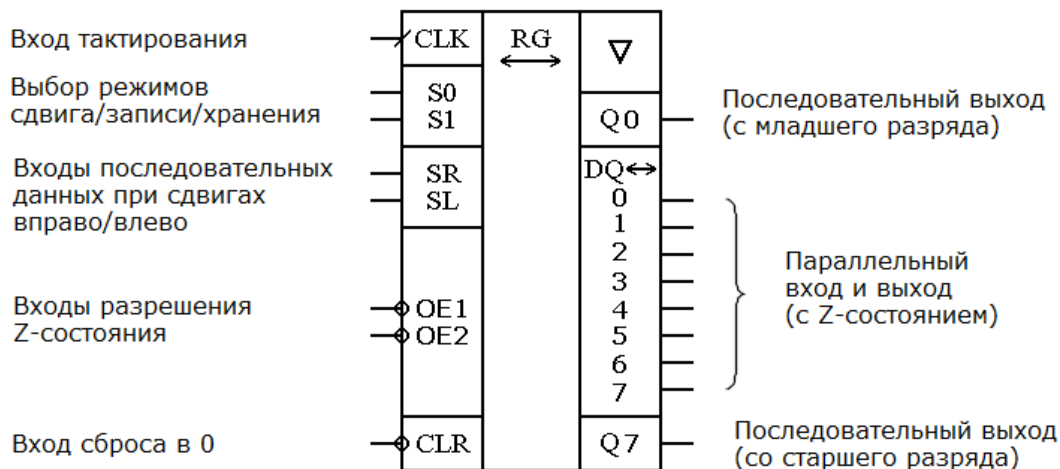


С помощью мультиплексоров коммутируется информационный вход D-триггеров, конфигурируя устройство либо как обычный параллельный регистр, принимающий данные с внешних входов, либо как сдвиговый. Сигнал тактирования используется как для загрузки, так и для сдвига. Выходной сигнал в принципе можно взять с выхода любого триггера, обычно задействуется старший.

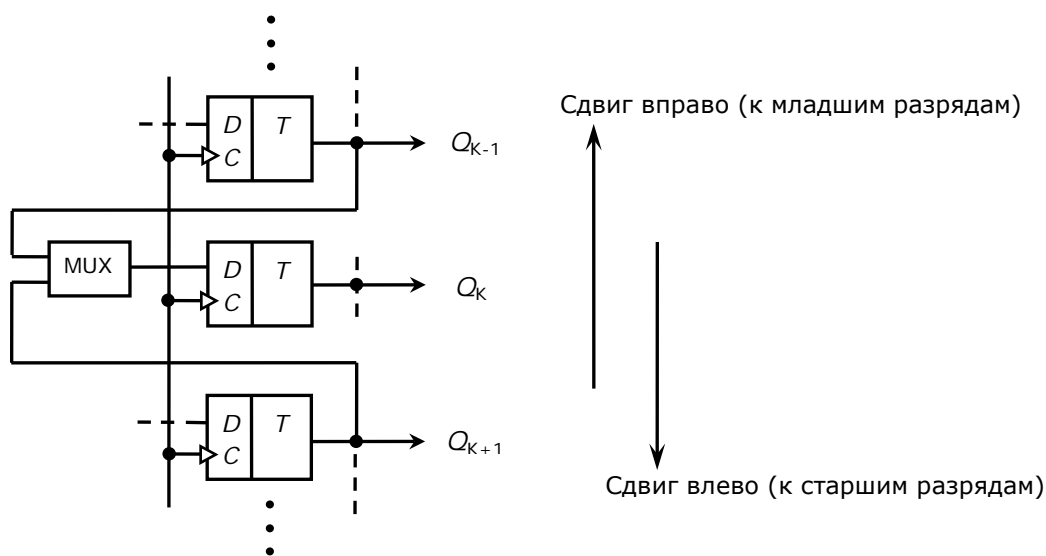
Рекомендуется **самостоятельно** построить временные диаграммы всех сигналов и для всех режимов работы.

## Универсальные регистры

### Пример реальной микросхемы 74299 (ИР24)



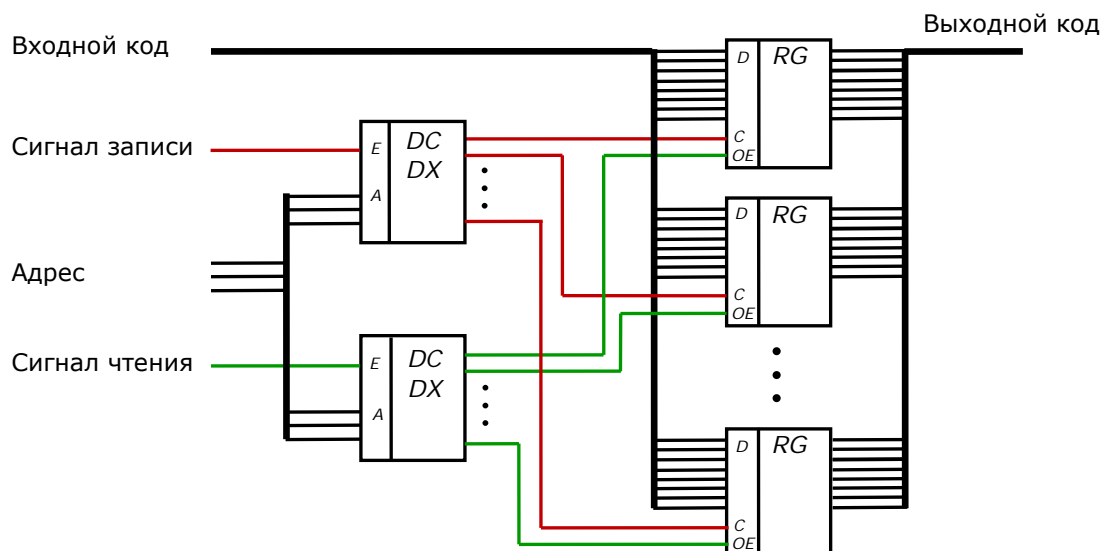
Один из вариантов осуществления реверса сдвига (показан ниже): на входе данных каждого триггера устанавливается мультиплексор, подключающий этот вход либо к выходу предыдущего младшего разряда (для сдвига влево), либо к выходу следующего старшего разряда (для сдвига вправо). Полную схему предлагается составить **самостоятельно**.



### Регистровый блок (файл)

Обычно регистровый блок/файл определяют как процессорную память относительно небольшого объема, состоящую из специальных регистров (управления, конфигурирования, состояния и др.), причем не обязательно одинаковой разрядности. Рассмотрим принцип объединения нескольких регистров в одно устройство.

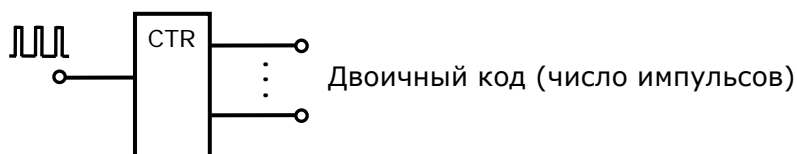
Для обращения более чем к одному регистру необходима адресация. Отдельно взятые регистры не содержат никаких адресных входов, а большинство регистров не имеют даже общего сигнала разрешения работы. Поэтому при объединении регистров задействуются сигналы записи и чтения (разрешения выходов). Выходы при отсутствии разрешения должны переходить в 3-е состояние. Функциональная схема такого устройства приведена ниже. Для выбора регистров используются дешифраторы, фактически это демультиплексоры, передающие сигналы чтения-записи только одному регистру, выбранному посредством адресного кода.



В рамках **самостоятельной** работы предлагается раскрыть структуру и составить схемы для всех микросхем регистров, рассмотренных на занятии (74164, 74165, 74299).

## Счетчики

Счетчик – устройство, предназначенное для счета поступающих на вход импульсов и фиксации этого числа в виде N-разрядного двоичного кода.



Счетчики строятся на триггерах, при отсутствии импульсов или при наличии запрещающего сигнала — хранят последнее значение. Счетчики работают циклически. Максимальное число входных импульсов, соответствующее разным состояниям счетчика, называется **модулем счета** или **коэффициентом пересчета**. Например, 8-разрядный двоичный счетчик имеет модуль счета  $K = 256$ , т.е. считает от исходного состояния 0 до максимального 255, а 256-й импульс вызывает переполнение и переход счетчика снова в состояние 0. Вычитающий счетчик считает в обратном направлении (например: 255, 254, ..., 0, 255, ...).

### Классификация

По коэффициенту пересчета различают:

- двоичные счетчики, в которых модуль счета  $K = 2N$  ( $N$  – разрядность);
- двоично-десятичные или просто десятичные —  $K = 10, 100, \dots$ ;
- с произвольным модулем счета.

По последовательности счета: суммирующие, вычитающие, реверсивные.

По способу организации переноса и переключения триггеров:

- с последовательным переносом (асинхронные): строго последовательное переключение триггеров, от младшего к старшему разряду;
- с ускоренным или сквозным переносом (асинхронные) – последовательное переключение с меньшими задержками;
- с параллельным переносом (синхронные) — одновременное переключение всех триггеров.

Кроме основного сигнала счета и выходного кода (показаны на рисунке выше), счетчики могут иметь следующие входные и выходные сигналы:

- разрешения счета;
- сброса в состояние 0;
- направления счета, вместо него может использоваться отдельный сигнал для обратного счета;
- входной код для предустановки счетчика в заданное состояние;
- сигнал записи кода предустановки;
- выходные сигналы переполнения счетчика (перехода на новый цикл счета в прямом и обратном направлениях) — используются для каскадирования.