

**ІТМО**

# **Системы ввода/вывода**

Лекция №1

Подсистема ввода/вывода

Основные понятия

**Преподаватели**  
Сергей Быковский  
Сергей Табунщик

2025

# Структура курса

- **8** лекционных занятий
- **3 или 4** лабораторных работы (в зависимости от успехов)
- **Зачет**

# Структура лекционной части курса

- 4 теоретические лекции
- 2 рубежные контрольные
- 2 семинарских занятия

Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7	Л8
Т	Т	РК1	С1	Т	Т	РК2	С2

Т – теоретическая лекция

С1, С2 – семинары

РК1, РК2 – рубежные контрольные

## ✓ Базовые темы:

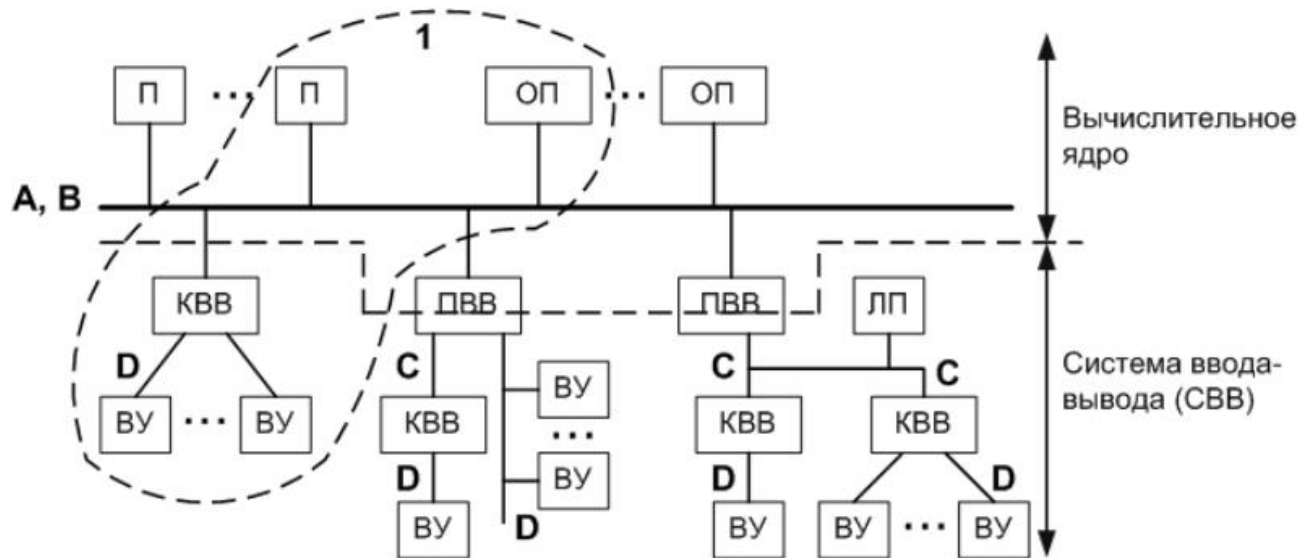
- Подсистема ввода/вывода. Основные понятия
- Аппаратные интерфейсы вычислительных систем
- Проводные линии связи
- Беспроводные линии связи
- Контроллерные сети
- Современные интерфейсы ввода/вывода (семинар 2)

- ✔ Семинар 1. Проектирование интерфейса ввода/вывода
- ✔ Семинар 2. Анализ в формате видеопрезентации одного из современных интерфейсов
- ✔ Оценка за семинар проставляется в качестве оценки за домашнюю работу в БАРС

- Принципы организации ввода/вывода **без операционной системы**
- Основы написания драйверов устройств с **использованием операционной системы (Linux)**
- Изучение протоколов передачи данных между устройствами с использованием простейших последовательных интерфейсов (UART, SPI, I2C)

- **Интерфейсы периферийных устройств. Учебное пособие [А.О. Ключев, Д.Р. Ковязина, Е.В. Петров, А.Е. Платунов, 2010]**
- William Stallings. Computer Organization and Architecture. Tenth Edition. – Pearson. 2015. P. 864.
- Цифровая схемотехника и архитектура компьютера [Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис, 2-е изд, 2013]

# Обобщенная схема вычислительной системы



П – процессор,  
ОП – оперативная память,  
КВВ – контроллер ввода-вывода,  
ПВВ – процессор ввода-вывода,  
ЛП – локальная память,  
ВУ – внешнее устройство,  
А, В, С, D – уровни интерфейсов



**Вычислительная система делится на две части:**

- Вычислительное ядро (то оборудование и программные средства, которые непосредственно участвуют в решении прикладной задачи).
- Система ввода-вывода (элементы, обеспечивающие общение вычислительного ядра с внешней средой, «органы чувств» ВС).

## Процессоры различают:

1. По типу обрабатываемых данных, по назначению:
  - Универсальные (общего назначения)
  - Специализированные (например, для цифровой обработки сигналов)
2. По типу задач:
  - Центральные
  - Периферийные
  - Сервисные
3. По типу управления вычислительным процессом:
  - Непрограммируемые, не программно реализованные.
  - Программируемые и программно реализованные.
  - Непрограммируемые, но программно реализованные.
  - Программируемые, но не программно реализованные.

**Для системы ввода/вывода характерно то, что:**

1. Память проявляется как категория внешних устройств.
2. В составе обеспечивающих устройств, применяется буферная память, чтобы можно было выравнивать скорость работы различных составов системы ввода/вывода.

1. По назначению (для хранения программ, данных и т.п.).
2. По виду физического носителя (технология производства).
3. По организации доступа (произвольный адресный, последовательный, ассоциативный доступ).
4. По возможности записи и перезаписи.
5. По энергозависимости/энергонезависимости.
6. По типу интерфейса.
7. По удалённости и доступности для центрального процессора (первичная, вторичная, третичная память).

**Контроллер** – устройство, управляющее функционированием отдельных блоков вычислительной системы и внешних устройств, например: вводом-выводом информации, доступом к памяти, к накопителям на магнитных дисках, дисплеям.

**Контроллеры ввода-вывода (контроллеры периферийных устройств, КВВ) делятся на:**

1. Устройства сопряжения стандартного интерфейса ВС с интерфейсом ВУ (функция преобразования), которые называются адаптерами;
2. Локальные устройства управления конечным оборудованием ВУ (функция управления).

**Процессор ввода/вывода (ПВВ)** - устройство обработки данных, которое может самостоятельно выбирать команды из памяти, имеет собственную систему команд и ориентировано на выполнение задач взаимодействия ВС с внешними устройствами.

**Необходимость использования ПВВ обусловлена:**

- Процессор ввода-вывода предназначен для работы в рамках системы ввода-вывода с целью увеличения производительности системы.
- Увеличение производительности происходит за счет разгрузки центрального процессора и организации параллельной работы СВВ и основного процессора.

**Примеры ПВВ:**

- акселераторы 2D- и 3D-графики;
- звуковая карта;
- сетевая карта.

**Интерфейс ввода/вывода** - соглашение о взаимодействии объектов: перечень средств взаимодействия, их параметры, в случае аппаратных интерфейсов – параметры сигналов, способы доступа к средствам взаимодействия, правила взаимодействия и т.д.

**Определение интерфейса включает:**

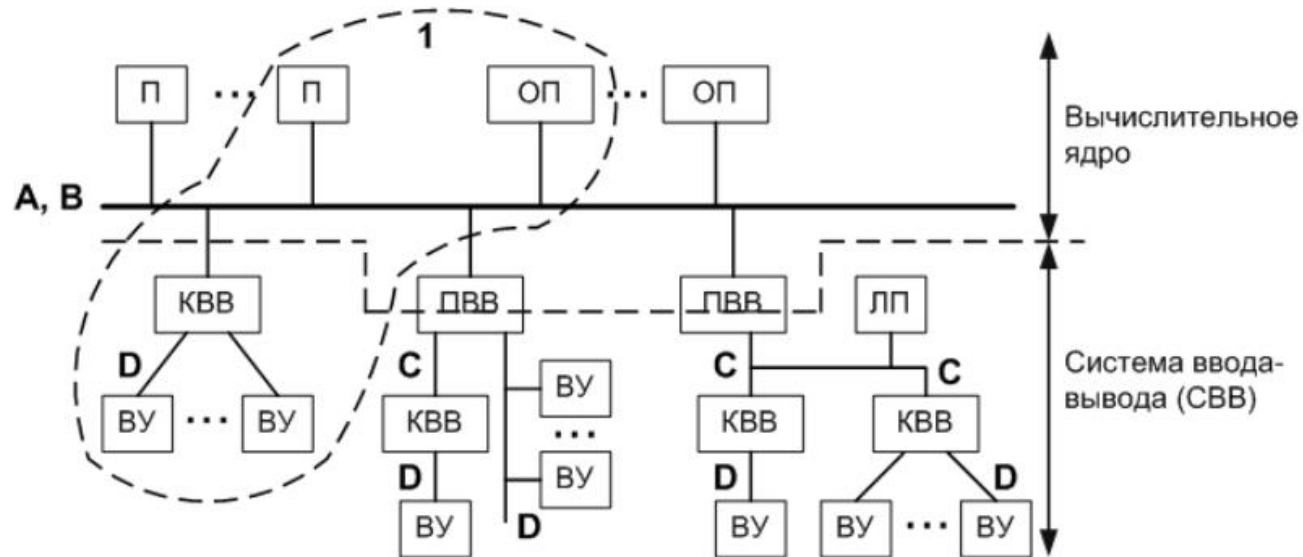
- Описание и параметры портов взаимодействующих устройств
- Описание и параметры канала связи устройств
- Протокол взаимодействия на разных уровнях (физическом, канальном и т.д.)

# Классификация интерфейсов по типу взаимодействующих объектов

- **Аппаратный (устройство-устройство)** – совокупность алгоритмов обмена и технических средств, обеспечивающих обмен между устройствами. Примеры: PCI, RS-232, I2C, Ethernet.
- **Программный** – соглашение о связях в программной среде между программными модулями. Примеры: Win32, POSIX, API любого программного модуля (интерфейс прикладного программирования – набор функций, предоставляемый для использования в прикладных программах).
- **Пользовательский (ВС – пользователь)** – сценарии, по которым строится общение оператора с вычислительной системой, и стиль их реализации. Примеры: интерфейс пользователя в Microsoft Visual Studio.



# Обобщенная схема вычислительной системы



П – процессор,  
ОП – оперативная память,  
КВВ – контроллер ввода-вывода,  
ПВВ – процессор ввода-вывода,  
ЛП – локальная память,  
ВУ – внешнее устройство,  
А, В, С, D – уровни интерфейсов

# Классификация интерфейсов по назначению (1)

- **Внутрисистемный («А»)** – это группа интерфейсов, которая обеспечивает взаимодействие компонент ядра ВС. Интерфейсы этого уровня должны, очевидно, удовлетворять критерию максимальной производительности, например, интерфейс между процессором и памятью (AXI, OCP, Wishbone).
- **Системный («В»)** – группа интерфейсов, сопрягающих как элементы ядра ВС, так и элементы подсистемы ввода-вывода. Служат для развития системы (ISA, PCI, PCI Express), т.е. наращивания характеристик вычислительного ядра. Является компромиссом при создании дешевой вычислительной структуры.

# Классификация интерфейсов по назначению (2)

- **Уровень стандартных интерфейсов ввода-вывода («С»)** – группа интерфейсов, объединяющая контроллеры ввода-вывода с процессорами ввода-вывода. Характеристики этих интерфейсов сильно отличаются от характеристик первых двух групп: критерием является удобство и эффективность управления большим числом периферийных устройств. Примеры: интерфейс SCSI, SAS.
- **Уровень малых периферийных интерфейсов («D»)** - сопрягают контроллеры (процессоры) ввода-вывода непосредственно с внешними устройствами (RS-232, SPI, Centronics, SATA). Для каждого внешнего устройства требуется свой оптимальный интерфейс.

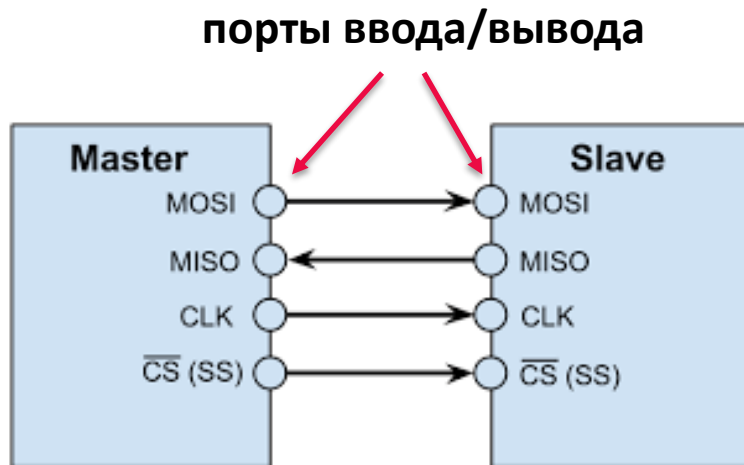
# Способы обмена данными между устройствами

- **Программноуправляемые:**
  - Синхронный обмен
  - Асинхронный с программной проверкой готовности (программный полинг, «по опросу»)
  - Асинхронный с аппаратной проверкой готовности (обмен по прерыванию).
- **В режиме прямого доступа к памяти (ПДП).**

- **Порт ввода/вывода** – точка, через которую осуществляется взаимодействие с каким-либо блоком в системе ввода-вывода
- **Порт ввода/вывода** является логической **адресуемой** единицей системы ввода/вывода, которая характеризуется: адресом, форматом данных и набором операций, которые к этому порту можно применять.
- Взаимодействие может осуществляться как **программным** путем, так и **аппаратным** (порт – разъем устройства).

# Порт ввода/вывода

Через порты устройства взаимодействуют с друг с другом:  
считывают значения входных сигналов и устанавливают значения  
выходных сигналов.



# Классификация портов ввода/вывода

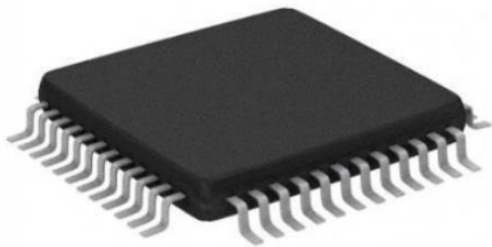
## По типу сигнала

- Аналоговые
- Дискретные

## По направлению передачи сигнала

- Однонаправленные
- Двухнаправленные

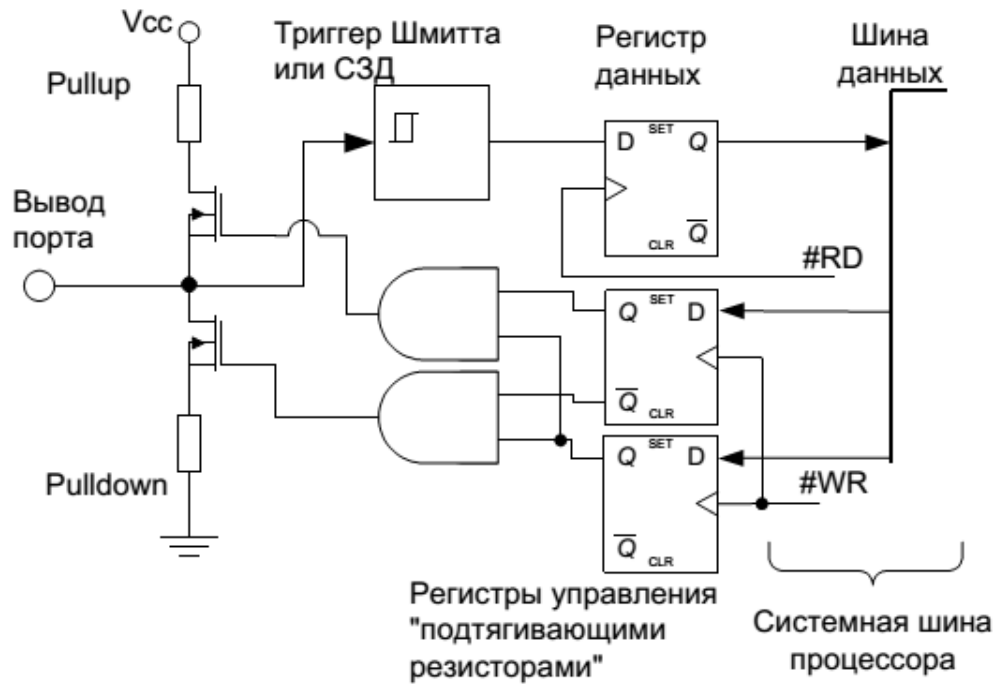
# Аппаратные порты ввода/вывода



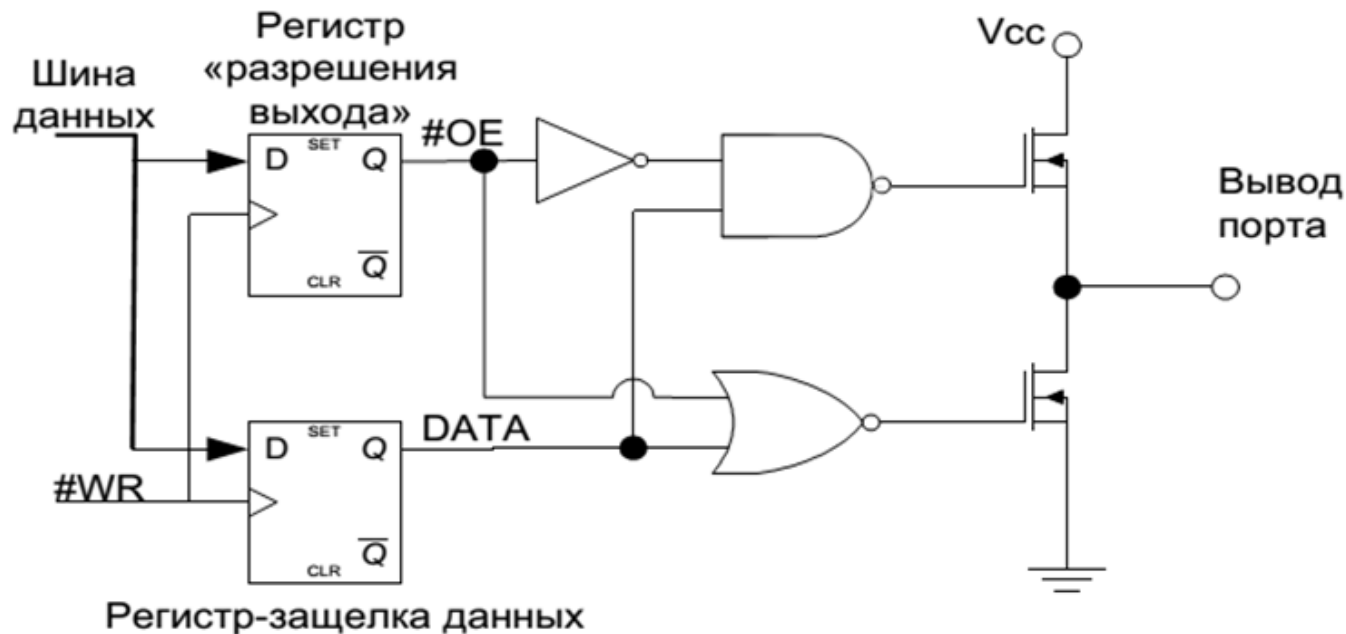


## **Дискретные порты ввода/вывода**

# Однонаправленный порт ввода



# Однонаправленный порт вывода с двухтактной выходной схемой



# Однонаправленный порт вывода с двухтактной выходной схемой

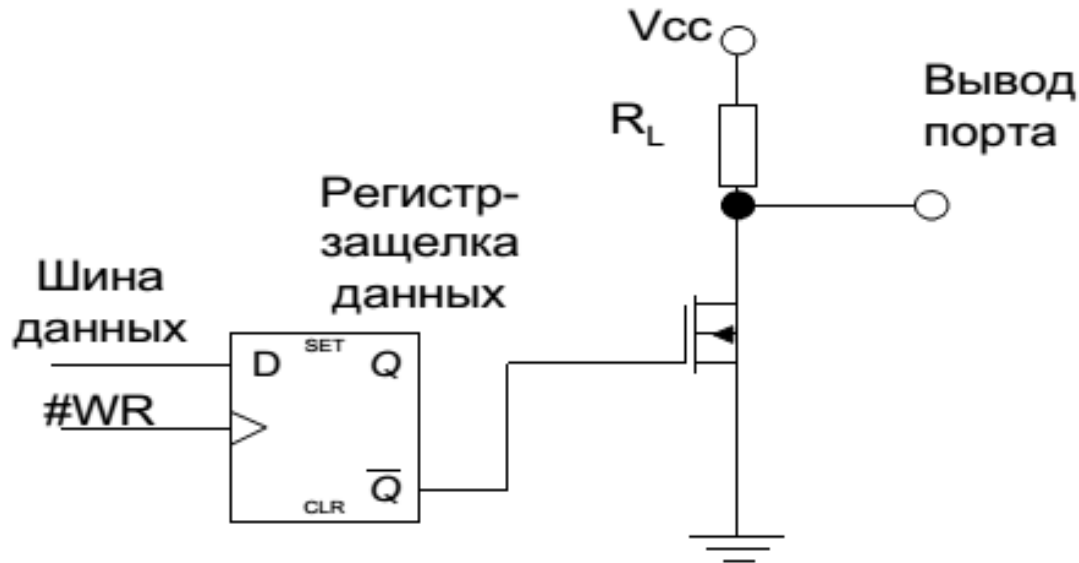
## **Достоинства:**

- Высокая нагрузочная способность выхода (большой выходной ток).
- Возможно управлять мощной нагрузкой: светодиодами, реле, мощным электронным ключом (транзистор, тиристор).

## **Недостатки:**

- Высокое энергопотребление и уровень помех при переключении.
- Сложное внутреннее устройство.

# Однонаправленный порт вывода с однотоктной выходной схемой и внутренней нагрузкой



# Однонаправленный порт вывода с однотактной выходной схемой и внутренней нагрузкой

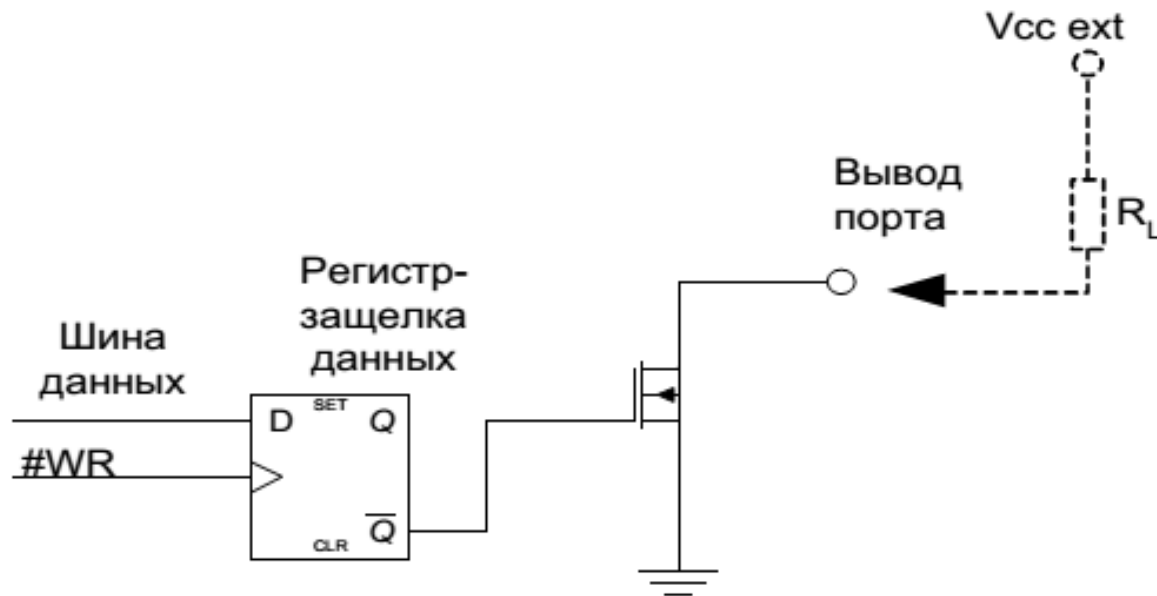
## Достоинства:

- Необходимо управлять только одним регистром.
- Простая схема.

## Недостатки:

- Малый выходной ток (ограничен внутренним резистором)

# Однонаправленный порт вывода с открытым выходом (коллектором или стоком)



# Однонаправленный порт вывода с открытым выходом (коллектором или стоком)

## Достоинства:

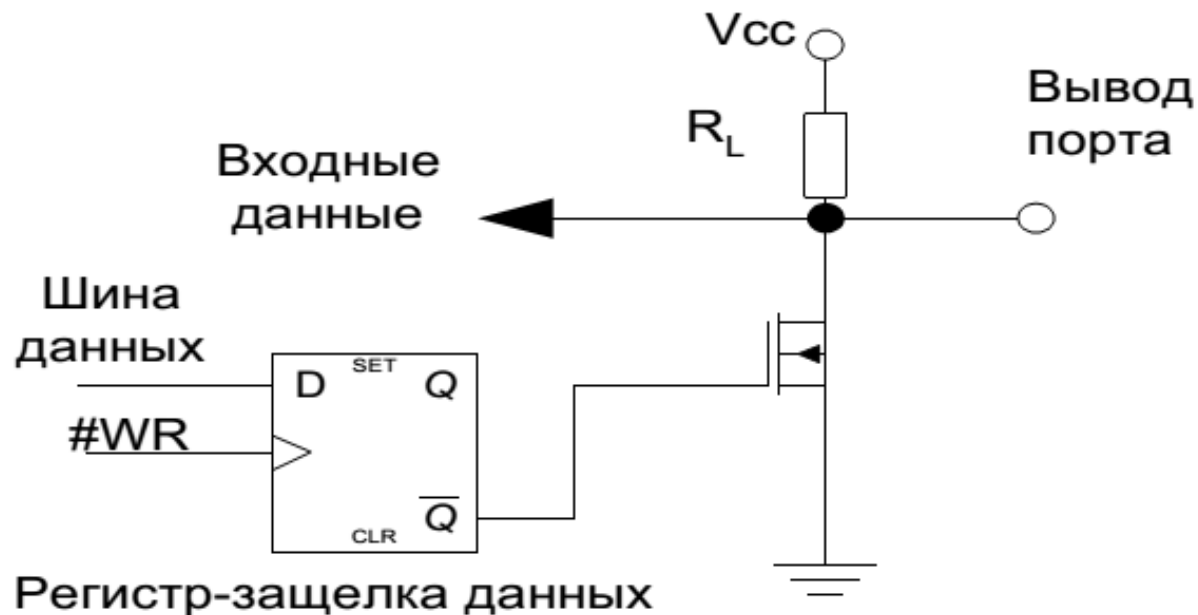
- Внешнее напряжение питания нагрузки  $V_{cc\ ext}$  может быть иным – большим или меньшим, чем питание устройства.
- Необходимо управлять только одним регистром.
- Простая схема.
- Возможность без дополнительных схем организовать подключение на одну внешнюю шину несколько таких выходов.

## Недостатки:

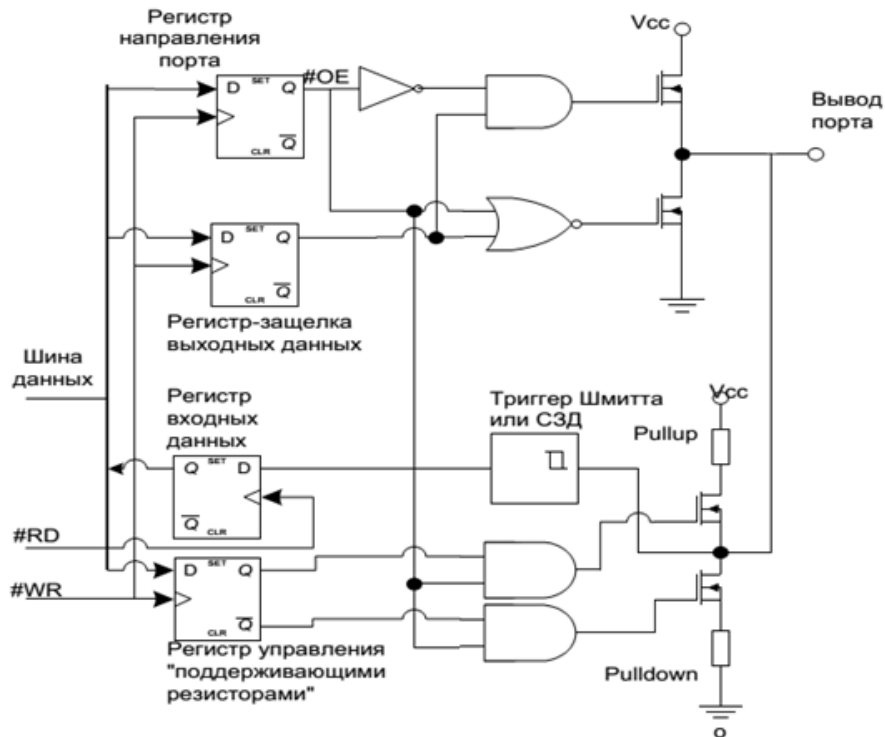
- Требуется внешняя нагрузка.
- Малый вытекающий ток, ограниченный внешним нагрузочным резистором.



# Двухнаправленный одноканальный порт ввода/вывода



# Двухнаправленный порт ввода/вывода с комплементарным выходным каскадом



## **Аналоговые порты ввода/вывода**

Через аналоговые порты вводятся сигналы на вход АЦП или других аналоговых схем и выводятся выходные сигналы ЦАП или других аналоговых схем.

- **АЦП (аналого-цифровой преобразователь)** – устройство, которое предназначено для ввода в процессор аналоговых сигналов с датчиков физических величин и преобразования значения напряжения этих сигналов в двоичный код с целью дальнейшей программной обработки.
- **ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь)** – устройство, которое предназначено для преобразования числа, представленного, как правило, в виде двоичного кода, в напряжение или ток, пропорциональные этому числу.

- **Разрядность АЦП.** Характеризует количество дискретных значений, которые преобразователь может выдать на выходе.
- **Разрешение АЦП.** Минимальное изменение величины аналогового сигнала, которое может быть преобразовано данным АЦП. Обычно измеряется в вольтах, поскольку для большинства АЦП входным сигналом является электрическое напряжение.
- **Частота дискретизации.**
- **Точность.**

- **Разрядность ЦАП.** Характеризует количество дискретных значений, которые преобразователь может выдать на выходе.
- **Динамический диапазон.** Соотношение наибольшего и наименьшего сигналов, которые может воспроизвести ЦАП.
- **Частота дискретизации.**
- **Точность.**

**Спасибо  
за внимание!**

**it's**MO *re than a*  
**UNIVERSITY**