



Методические рекомендации и демонстрационная версия заключительного этапа по направлению «Компьютерные системы и сети»

Общая информация о направлении

Олимпиада по направлению «Компьютерные системы и сети» ориентирована на поиск талантливых студентов, способных продемонстрировать умение решать задачи в сфере информационных технологий, владение базовыми инструментами указанных ниже предметных областей.

Тематика заданий

Алгоритмизация вычислений, информатика, программирование, технологии программирования, схемотехника, базы данных, вычислительные системы, компьютерные сети.

Информация о первом (отборочном) этапе

Продолжительность состязания – 100 минут.

Задание первого (отборочного) этапа включает 20 тестовых вопросов с автоматической проверкой ответов. Правильный ответ на каждый вопрос оценивается в 6-10 баллов. В сумме участник может набрать до 154 баллов, сумма баллов нормируется до 100.

Рекомендуемые источники информации

Программирование

Вопросы отборочного тура в части программирования на языке высокого уровня касаются основ алгоритмизации, алгоритмических структур, использования стандартных алгоритмов и применения указателей при работе с данными.

1. Керниган Б., Ритчи Д. Язык программирования Си. Пер. с англ., 3-е изд., испр. — СПб.: «Невский Диалект», 2001 (Главы 2-5)
2. Прата С. Язык программирования С. Лекции и упражнения, 6-е изд. : Пер. с англ. — М : ООО «И.Д. Вильямс», 2015 (Главы 8, 9, 10)

Можно использовать другие издания перечисленных книг.

Схемотехника

Вопросы отборочного тура касаются особенностей аналоговой схемотехники.

1. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 4-е изд., доп. – М.: «ДМК-Пресс», 2018. – 636 с. (Глава 1 и Глава 2).
2. Гаврилов С.А., Барташ А.И. Схемотехника. От азов до создания практических устройств. – СПб – Издательство «Наука и Техника СПб», 2020. – 528 с. (Глава 7).

Базы данных

Вопросы отборочного тура в части баз данных касаются проектирования реляционных баз данных, операций реляционной алгебры, языка SQL и вопросов защиты данных от несанкционированного доступа.

1. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных: проектирование, реализация, сопровождение. Теория и практика, 3-е изд.: Пер. с англ.: Уч. пос.– М.: Изд. дом «Вильямс», 2017. – 1439 с. (Раздел 6.6. «Управление доступом к данным», гл. 5. «Язык SQL: манипулирование данными», гл.15. «Методология логического проектирования баз данных»)
2. Карпова И.П. Базы данных. Курс лекций и материалы для практических занятий. – Учебное пособие. – Издательство «Питер», 2013. – 240 с. URL: <https://publications.hse.ru/books/79801962> (Раздел 3.1. «Операции реляционной алгебры», раздел 3.5. «Извлечение данных из таблиц», раздел 7.3. «Защита от несанкционированного доступа», глава 9. «Проектирование баз данных»).
3. PostgreSQL. Документация: <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/9.6/sql-grant>, <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/9.6/queries-table-expressions>
4. Изучение основ языка SQL [электронное издание]. – Метод. указания к лабораторным работам 1–4 по курсу «Базы данных» // Сост.: Карпова И.П., Вендин А.С. – Московский институт электроники и математики им. Тихонова НИУ ВШЭ. – М.: 2020. – 34 с. http://rema44.ru/resurs/study/dblab/lab1_4.pdf

Вычислительные системы

Вопросы отборочного тура касаются микроархитектуры процессора и основных типов запоминающих устройств.

1. Д. М. Харрис и С. Л. Харрис Цифровая схемотехника и архитектура компьютера <https://microelectronica.pro/wp-content/uploads/books/digital-design-and-computer-architecture-russian-translation.pdf> (Разделы 5.5 Матрицы памяти, 7.5 Конвейерный процессор)
2. Анатомия RAM. <https://habr.com/ru/post/506470/>
3. Принципы функционирования SRAM. <http://citforum.ru/book/optimize/sdram.shtml>
4. HDD vs SSD. <https://blog.eldorado.ru/publications/bitva-za-pamyat-hdd-vs-ssd-kakaya-raznitsa-i-chto-luchshe-dlya-pk-i-noutbuka-20421>
5. SSD: устройство, компоненты и принципы работы. <https://dtf.ru/hard/46510-ssd-ustroystvo-komponenty-i-principy-raboty>
6. Apple M1 Pro и M1 Max. <https://habr.com/ru/company/selectel/blog/584246/>

Компьютерные сети

Вопросы отборочного тура касаются физического и сетевого уровня, вопросов маршрутизации и модели OSI.

1. Олифер В. и др. Компьютерные сети. – 2010. (глава 5)
2. Таненбаум Э. С. Компьютерные сети. – Питер, 2010. (глава 5)



Информация о втором (заключительном) этапе

Продолжительность состязания – 180 минут.

Задания второго (заключительного) этапа состоят только из инвариантной части.

В инвариантной части участнику предлагается решить 5 задач по темам: технологии программирования, схемотехника, базы данных, вычислительные системы, компьютерные сети (максимальная оценка за задачу – 20 баллов). Язык изложения – русский.

При выполнении задания участникам разрешено пользоваться дополнительными средствами:

- калькулятор,
- ПО для создания документов - можно использовать Word, LaTeX
- ПО для создания рисунков, диаграмм и схем – можно использовать специальные редакторы, например, Visio (входит в MsOffice).

Черновики работы могут быть предъявлены к проверке по желанию участника.

Демонстрационный вариант второго (заключительного) этапа

Пример Задания № 1 Технологии программирования

Крупная компания «N» занимается разработкой программного обеспечения. Руководством компании было принято решение премировать программистов в конце отчетного года на основе выполнения показателей эффективности KPI: 1) количество успешно завершенных проектов; 2) количество написанных строк кода; 3) количество ошибок на 1000 строк кода. Показатели эффективности принимаются равным «1» при их выполнении или нулевыми в противном случае.

Необходимо представить в виде алгоритма моделирование искусственной нейронной сети, принимающей решение о назначении премии тем программистам, которые выполнили либо 1-й показатель, либо 2-й и 3-й показатели. Сеть должна включать 2 ассоциативных элемента (нейроны скрытого слоя) и 1 реагирующий (выходной нейрон) и использовать для принятия решения сигмоидную функцию нейрона. Предложить алгоритм обучения нейронной сети, выдающей результат с максимальной погрешностью до 10% и способ регулирования оценки качества обучения.

Решение

В качестве нейронной сети в этой задаче подойдет однослойный персептрон, которой самым очевидным образом позволяет решить задачу принятия одноклассного решения (да/нет). Поскольку второй скрытый слой содержит два нейрона, то от каждого нейрона входного слоя требуется получить по 2 сигнала для ассоциативных элементов скрытого слоя с разным весом. На основании количества показателей KPI входной слой

Высшая лига

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

нейронов содержит 3 элемента. На вход сети поступают двоичные сигналы. На каждый ассоциативный элемент второго слоя должно приходиться по 3 сигнала с разным весом, соответствующие информации о выполнении/не выполнении показателей. Выходной нейрон должен принимать однобитовое решение. Коэффициенты весов сигналов от нейронов расставим произвольным образом. При обучении веса будут скорректированы.

Рассмотрим пример. Пусть на вход нейронной сети поступают следующие сигналы:

- 1) количество успешно завершённых проектов = 0, т.е. показатель не выполняется;
- 2) количество написанных строк кода = 1, т.е. показатель выполняется;
- 3) количество ошибок на 1000 строк кода = 0 т.е. показатель не выполняется.

0 слой: входные сигналы

1 слой: скрытый

2 слой: выходной нейрон

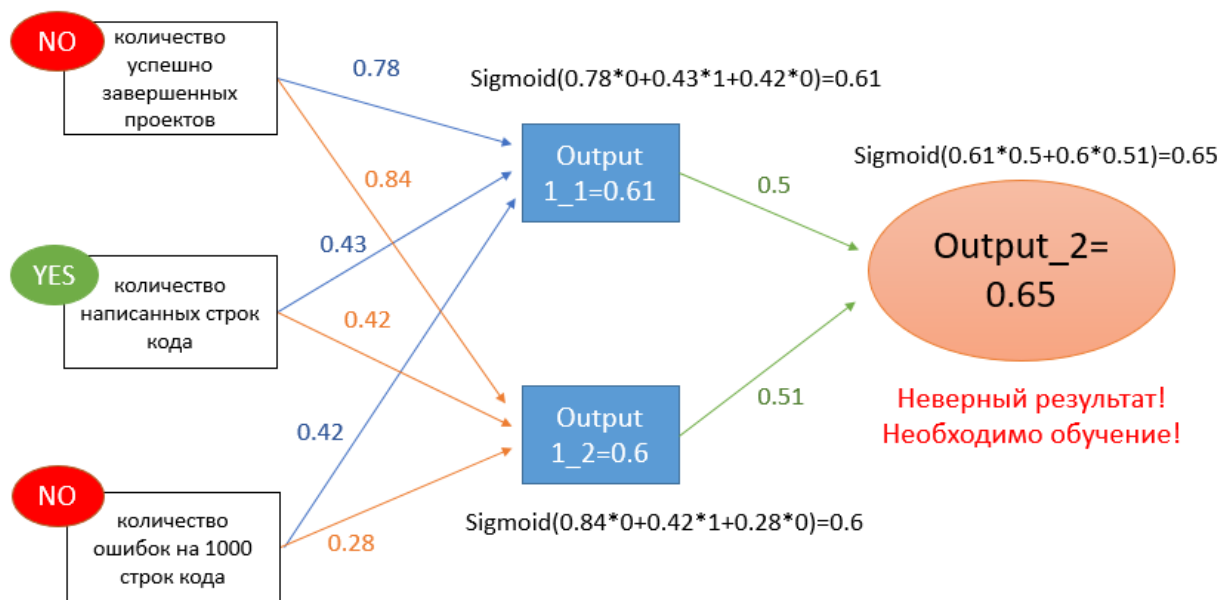


Рисунок 1 – Моделирование нейронной сети

Начало Алгоритма

1. Моделирование нейронной сети (см рис. 1)

1.1 Инициализация входных сигналов $\text{inputs} := [0, 1, 0]$

1.2 Инициализация весов от трех входных сигналов к первому слою из двух нейронов произвольными значениями от 0 до 1

$\text{weight}_{1_11} := 0.78$

$\text{weight}_{1_12} := 0.43$

$\text{weight}_{1_13} := 0.42$

$\text{weight}_{1_21} := 0.84$

$\text{weight}_{1_22} := 0.42$

$\text{weight}_{1_23} := 0.28$

1.3 Инициализация весов от первого слоя ко второму произвольными значениями от 0 до 1

$\text{weight}_{2_1} := 0.5$

$\text{weight}_{2_2} := 0.51$

Высшая лига

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

1.4 Задание функции активации выходного нейрона:

Согласно заданию необходимо реализовать функцию сигмоид, которая даёт положительное значение на выходе (давать премию), если её значение больше и равно 0,5 и имеет следующую формулу

Выход := Sigmoid(x) := $1/(1+\exp(-x))$.

1.5 Расчет нейронов скрытого слоя

Для каждого j-го нейрона скрытого слоя входной сигнал определяется как взвешенная сумма входных сигналов inputs[i] с учётом их весов (weight_1_ji) от входного слоя к скрытому

```
input_1_1_11 := weight_1_11*inputs[1]
input_1_1_12 := weight_1_12* inputs[2]
input_1_1_13 := weight_1_13* inputs[3]
input_1_1 := input_1_1_11 + input_1_1_12 + input_1_1_13
input_1_1_21 := weight_1_21* inputs[1]
input_1_1_22 := weight_1_22* inputs[2]
input_1_1_23 := weight_1_23* inputs[3]
input_1_2 := input_1_1_21 + input_1_1_22 + input_1_1_23
output_1_1 := Sigmoid(input_1_1)
output_1_2 := Sigmoid(input_1_2)
```

1.6 Расчет выходного нейрона

На два входа выходного нейрона поступает взвешенная сумма сигналов от скрытого слоя к выходному (output_1_1, output_1_2) с учётом их весов (weight_2_1, weight_2_2)

```
inputs_2_1 := output_1_1* weight_2_1
inputs_2_2 := output_1_2* weight_2_2
inputs_2 := inputs_2_1 + inputs_2_2
```

Выходной сигнал выходного нейрона формируется согласно сигмоидной функции

```
output_2 := Sigmoid(input_2)
```

2. Обучение

Для обучения нейронной сети предлагается использовать алгоритмом обратного распространения ошибки (см рис. 2), который включает несколько итераций, повторяющихся пока не будет достигнута ожидаемая точность результата при выбранном методе оценки качества.

2.1 Инициализация скорости обучения:

Обучение начинается с конца схемы. Первое, мы задаем погрешность обучения – необходимую разницу между полученным и ожидаемым результатом. Эта величина должна стремиться к 0, если принципиальным является точность результата.

```
learning rate := 0,1
```

2.2 Корректировка весов от выходного нейрона к скрытому слою.

Ошибка выходного нейрона на очередном i-ом шаге обучения вычисляется как разница актуального выходного значения (Output_2) и ожидаемого результата (в нашем примере это «0»):

```
error_2:= Output_2 – 0
```

Высшая лига

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

Согласно алгоритму машинного обучения для дальнейшей корректировки весов необходимо

а) рассчитать производную функции выходного нейрона $F'(x)$:

$$\text{Sigmoid}(x)dx_2 := \text{output}_2 * (1 - \text{output}_2)$$

б) величину сдвига весов от выходного нейрона к скрытому слою:

$$\text{weights_delta}_2 := \text{error}_2 * \text{Sigmoid}'(x) = \text{error}_2 * \text{Sigmoid}(x)dx_2$$

Теперь проведем корректировку весов:

$$\text{Weight_new_2_1} := \text{weight_2_1} - \text{output_1_1} * \text{weights_delta}_2 * \text{learning rate}$$

$$\text{Weight_new_2_2} := \text{weight_2_2} - \text{output_1_2} * \text{weights_delta}_2 * \text{learning rate}$$

Пример расчётов и коррекции для первого нейрона скрытого слоя показан на рисунке 2.

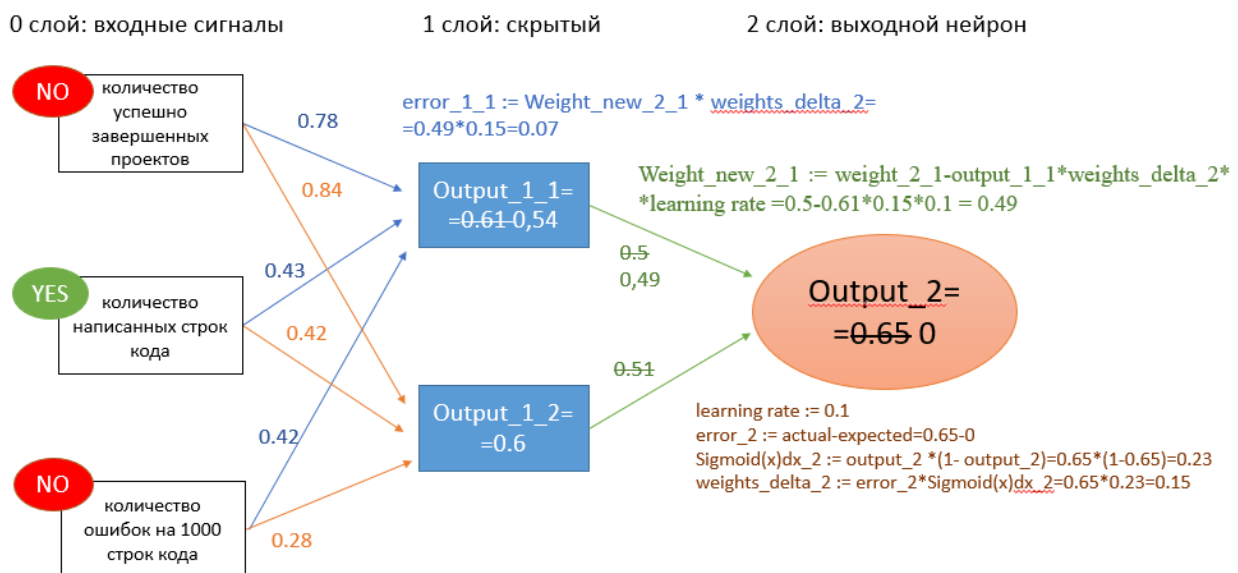


Рисунок 2 – Реализация алгоритма обратного распространения ошибки (от выходного нейрона к скрытому слою)

2.3 Корректировка весов от скрытого слоя к входным сигналам

Расчет ошибки первого нейрона скрытого слоя проведем аналогично:

$$\text{error_1_1} := \text{Weight_new_2_1} * \text{weights_delta}_2$$

Производная сигмоидной функции первого нейрона скрытого слоя:

$$\text{Sigmoid}(x)dx_{1_1} := \text{output}_{1_1} * (1 - \text{output}_{1_1})$$

Расчет величины сдвига весов от первого нейрона скрытого слоя к входным сигналам:

$$\text{weights_delta}_{1_1} := \text{error_1_1} * \text{Sigmoid}(x)dx_{1_1}$$

Корректировка весов от первого нейрона скрытого слоя к входным сигналам:

$$\text{Weight_new_1_11} := \text{weight_1_11} - \text{inputs}[1] * \text{weights_delta}_{1_1} * \text{learning rate}$$

$$\text{Weight_new_1_12} := \text{weight_1_12} - \text{inputs}[2] * \text{weights_delta}_{1_1} * \text{learning rate}$$

$$\text{Weight_new_1_13} := \text{weight_1_13} - \text{inputs}[3] * \text{weights_delta}_{1_1} * \text{learning rate}$$

Расчет ошибки второго нейрона скрытого слоя:

$$\text{error_1_2} := \text{Weight_new_2_2} * \text{weights_delta}_2$$

Высшая лига

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

Производная сигмоидной функции первого нейрона скрытого слоя:

$$\text{Sigmoid}(x)dx_{1_2} := \text{output}_{1_2} * (1 - \text{output}_{1_2})$$

Расчет величины сдвига весов от второго нейрона скрытого слоя к входным сигналам:

$$\text{Weights_delta}_{1_2} := \text{error}_{1_2} * \text{Sigmoid}(x)dx_{1_2}$$

Корректировка весов от второго нейрона скрытого слоя к входным сигналам:

$$\text{Weight_new}_{1_21} := \text{weight}_{1_21} - \text{inputs}[1] * \text{weights_delta}_{1_2} * \text{learning rate}$$

$$\text{Weight_new}_{1_22} := \text{weight}_{1_22} - \text{inputs}[2] * \text{weights_delta}_{1_2} * \text{learning rate}$$

$$\text{Weight_new}_{1_23} := \text{weight}_{1_23} - \text{inputs}[3] * \text{weights_delta}_{1_2} * \text{learning rate}$$

3. Тренировка нейронной сети

3.1. Задание верной тренировочной выборки

Верной будет считаться выборка, содержащая верные входные сигналы для получения положительного выходного сигнала.

$\text{Train} := [([0,0,0],0),([0,0,1],0),([0,1,0],0),([0,1,1],1),([1,0,0],0),([1,0,1],1),([1,1,0],1),([1,1,1],1)]$

3.2 Введение метода оценки качества

Обозначим ожидаемые результат из выборки Train Y1, а полученный результат Y2.

Тогда

$$Y2 := \text{Output}_2$$

Выберем для оценки качества метод среднеквадратичной ошибки (Min Squared Error)

$$\text{MSE} := (Y1 - Y2)^2$$

3.3 Выбор числа тренировочных итераций

Выберем этот показатель равным 1000 итераций, что является достаточным для уточнения весовых коэффициентов.

3.4 Проверка результата тренировки с помощью метода оценки качества

Конец Алгоритма

Критерии оценивания решения Задания № 1

За полностью верное решение дается 20 баллов, которые начисляются по следующему правилу.

1. Ответ не представлен (0 баллов)
2. Ответ неверный, но предприняты попытки решения задачи (+1 балл)
3. Частично построены рисунки (+1 балл)
4. Верно построены рисунки (+2 балл)
5. Верно смоделирована искусственная нейронная сеть (+4 балла, за каждую ошибку снимается по 1 баллу)
6. Верно выбрана тренировочная выборка (+2 балл, за ошибку снимается 1 балл)
7. Верно реализован алгоритм обратного распространения ошибки от выходного нейрона к скрытому слою (+4 балла, за каждую ошибку снимается по 1 баллу)
8. Верно реализован алгоритм обратного распространения ошибки от скрытого слоя к входным сигналам (+4 балла, за каждую ошибку снимается по 1 баллу)
9. Верно структурирован алгоритм обратного распространения ошибки (+2 баллов, за ошибку снимается 1 балл)

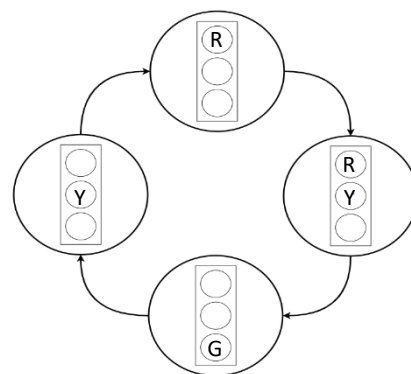
10. Верно выбран метод оценки качества тренировки (+2 балл, за ошибку снимается 1 балл)

Список рекомендуемой литературы для подготовки к решению задания № 1

Michael Nielsen - Neural Networks and Deep Learning, chapter 2, 2015

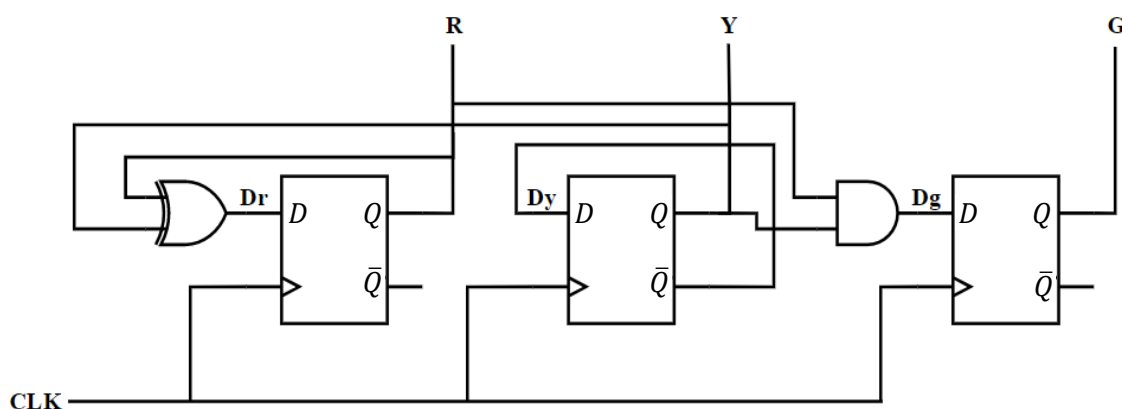
Пример Задания № 2 Схемотехника

На рисунке представлена схема переключения состояний сегментов светофора, состоящего из трех светодиодов: красного (R), желтого (YG) и зеленого (G). Стрелками обозначен порядок переключения. Составьте схему управления светофором на основе логических элементов и/или триггеров, символами R, Y и G обозначены выходы к соответствующим светодиодам. В качестве входного сигнала используется тактовый сигнал в форме меандра. Начальное состояние выходов R, Y и G принять как "0". На схеме каждый логический элемент или триггер должен быть обозначен соответствующим символом.



Пример решения задания № 2

Ответ:



Пояснения

1. Изучить все состояния светофора, выявить закономерности и понять логику переключения.

Основная закономерность переключения сегментов светофора – это чередование желтого сигнала светофора. Это означает, что на его переключение влияет только его состояние, далее на схеме это будет разобрано подробнее.

Красный свет, выключается только, когда на предыдущем состоянии был только желтый светофор, а при наличии двух одинаковых значений на желтом и красном фонаре, переключение не наступает, соответственно управляющий элемент для красного сигнала – «исключающее ИЛИ» (XOR).

Переключение зеленого сигнала завязано на одновременной работе красного и желтого сигналов, значит, на вход триггера зеленого сигнала будет подан результат выполнения логического умножения (AND), между желтым и красным светофором.

2. Составить схему управления светофора.

На рисунке выше представлена схема управления светофора, состоящая из триггеров (D_r , D_y , D_g). Символами R, Y, G обозначены выходные сигналы на светофоре (светодиоды).

Рассмотрим работу схемы подробнее, CLK – тактовый сигнал схемы, данные микросхемы D-триггеров работают на передний фронт тактового сигнала, соответственно все переключения будут происходить при нажатии на кнопку, подключенную к источнику входного сигнала.

Триггер D_y замкнут на инвертированный выход $\bar{Q}$, это означает что при каждом сигнале синхронизации, значение триггера будет меняться на обратное от текущего.

Сигнал триггера D_r – «исключающее ИЛИ» для сигналов R и Y. Это определяет, что "1" на нем будет достигнута в случаях "1" на одном из выходов, и "0" при одинаковых значениях.

D_g является выходом логического И, от сигналов R и Y, значит "1" на G можно получить только при входных "1" на обоих входах.

Критерии оценивания решения Задания № 2

Максимальная оценка за задание – 20 баллов.

- 1) 5 баллов – собранная схема реализует два последовательных состояния.
- 2) 7 баллов – собранная схема реализует два последовательных состояния и приведено пояснения принципа работы схемы.
- 3) 10 баллов – собранная схема реализует три последовательных состояния.
- 4) 13 баллов – собранная схема реализует три последовательных состояния и приведено пояснения принципа работы схемы.
- 5) 15 баллов – собранная схема реализует все четыре последовательных состояния.
- 6) 20 баллов – собранная схема реализует все четыре последовательных состояния и приведено пояснения принципа работы схемы.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к решению задания № 2

1. Харрис Д.М., Харрис С.Л. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера – М.: «ДМК-Пресс», 2018. – 792 с. (Глава 2 и Глава 3).

2. Гаврилов С.А., Барташ А.И. Схемотехника. От азов до создания практических устройств.
– СПб – Издательство «Наука и Техника СПб», 2020. – 528 с. (Глава 18).

Пример Задания № 3 Базы данных

Приведите к третьей нормальной форме отношение «Книги», включающее следующие атрибуты: ISBN (первичный ключ), Название, Авторы (ФИО), Издательство, Город, Год издания, Количество страниц.

Особенности предметной области:

- каждое издательство расположено в одном городе, в одном городе может быть несколько издательств;
- каждый автор может написать несколько книг;
- каждую книгу могут написать несколько авторов.

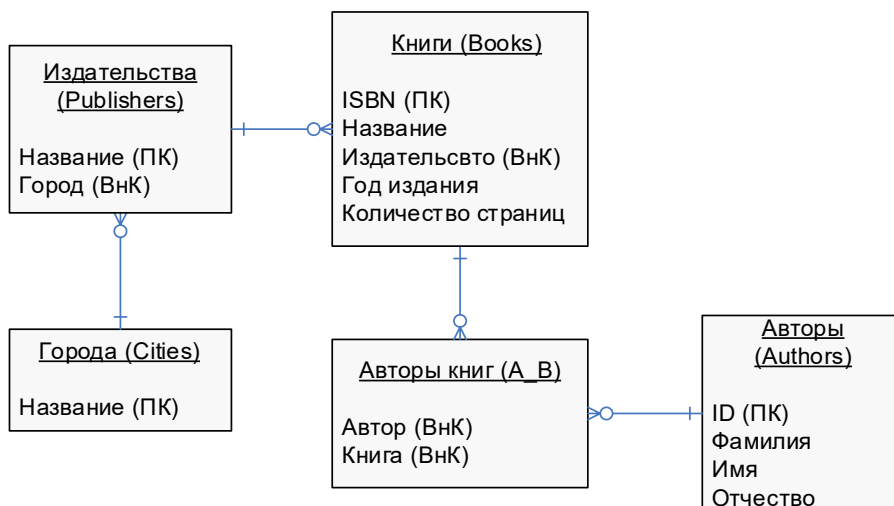
Результат представьте в виде схемы базы данных в одной из общепотребительных нотаций.

Напишите на SQL следующие запросы:

- 1) Авторы, которые написали единственную книгу.
- 2) Книги, у которых нет авторов (например, у справочников нет авторов, только составители).

Пример решения задания № 3

Схема БД:



Запросы:

- 1) Авторы, которые написали единственную книгу:

```
select a.*
from Authors a, A_B b
where a.ID = b.Автор
group by a.ID, Фамилия, Имя, Отчество
having count(*)=1;
```

2) Книги, у которых нет авторов:

```
select *  
from Books  
where ISBN not in (select Книга from A_B);
```

Критерии оценивания решения Задания № 3

Задание в части баз данных касается проектирования баз данных, реляционной модели данных и языка SQL. За полностью верное решение дается 20 баллов. Наличие нижеперечисленных ошибок в ответе снижает оценку следующим образом.

- 1) Неверное определение первичных ключей: снижение оценки на 2 балла за каждую ошибку.
- 2) Неверное определение внешних ключей: снижение оценки на 2 балла за каждую ошибку.
- 3) Отсутствие указания атрибутов, которые являются первичными и внешними ключами: снижение оценки на 1 балл за каждую ошибку.
- 4) Отсутствие указания обязательности/необязательности связей: снижение оценки на 2 балла.
- 5) Отсутствие указания кардинальности связей: снижение оценки на 2 балла.
- 6) Объединение любых двух связанных отношений в одно, нарушающее вторую или третью нормальные формы: снижение оценки на 2 балла за каждую ошибку.
- 7) Необоснованное разбиение любого из отношений на два, разрывающее функциональную зависимость 1:1: снижение оценки на 2 балла за каждую ошибку.
- 8) Неверное распределение атрибутов по отношениям: снижение оценки на 1 балл за каждую ошибку.
- 9) Оставление одного или всех составных атрибутов без изменений: снижение оценки на 2 балла.
- 10) Неверные SQL-запросы (не решающие поставленные задачи или содержащие ошибки): снижение оценки до 4-х баллов за каждый запрос в зависимости от характера ошибок:
 - a. Неверная логика – 4 балла.
 - b. Неправильные условия соединения таблиц или их отсутствие – 2 балла.
 - c. Нарушение условий группирования – 2 балла.
 - d. Использование неверных операторов сравнения или предикатов – 1 балл.
 - e. Другие синтаксические ошибки – 1 балл.

Схема БД: максимальная оценка 12 баллов.

Запросы: максимальная оценка 8 баллов.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к решению задания № 3

1. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных: проектирование, реализация, сопровождение. Теория и практика, 3-е изд.: Пер. с англ.: Уч. пос.– М.: Изд. дом «Вильямс», 2017. – 1439 с. (гл. 5. «Язык SQL: манипулирование данными», гл.14. «Методология концептуального проектирования баз данных», гл.15. «Методология логического проектирования баз данных»)
2. Карпова И.П. Базы данных. Курс лекций и материалы для практических занятий. – Учебное пособие. – Издательство «Питер», 2013. – 240 с. URL: <https://publications.hse.ru/books/79801962> (Раздел 3.5. «Извлечение данных из таблиц», глава 9. «Проектирование баз данных»)
3. Карпова И. П. Проектирование реляционной базы данных: Методические указания к домашнему заданию по курсу «Базы данных» // М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2017. – 33 с. <https://publications.hse.ru/books/212747333>
4. Изучение основ языка SQL [электронное издание]. – Метод. указания к лабораторным работам 1–4 по курсу «Базы данных» / / Сост.: Карпова И.П., Вендин А.С. – Московский институт электроники и математики им. Тихонова НИУ ВШЭ. – М.: 2020. – 34 с. http://rema44.ru/resurs/study/dblab/lab1_4.pdf

Пример Задания № 4 Вычислительные системы

Сравнить в десятичной системе счисления два числа А (double precision floating point) и В (long signed integer), представленных HEX-кодами и расположенных по адресам (см. рис.):

А по адресу 0x00403025,

В по адресу 0x00403009.

Address	Hex	dump
00403000	DC 00 14 00	F0 E5 E7 F3 EB FB FF FF FF 20 EF F0
00403010	EE E3 F0 E0	EC EC FB 00 F7 E8 F1 EB EE 20 CC C5
00403020	CC 31 20 EA	F8 00 00 00 00 00 04 14 C0 32 00 F7
00403030	E8 F1 EB EE	20 CC C5 CC 31 20 ED E5 20 EA F0 E0
00403040	F2 ED EE 20	CC C5 CC 32 00 00 00 00 00 00 00 00
00403050	00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

Считайте, что на рисунке отображается дамп памяти вычислительной системы на базе процессора с архитектурой Intel. Запишите ответ в виде $A > B$, $A < B$, $A = B$. Объясните свои выводы и ход решения.

Пример решения задания № 4

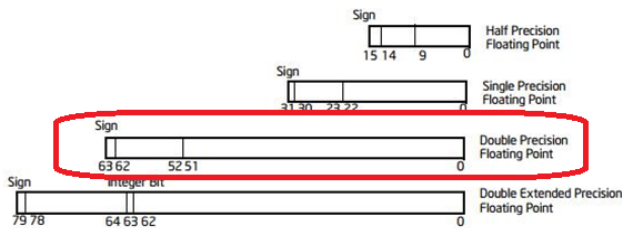
Правильный ответ: $A < B$

Объяснение.

Формат long signed integer предполагает, что число целое со знаком (старший бит), имеет размер 4 байта (32 двоичных разряда), и кодируется у Intel в дополнительном коде.

Высшая лига

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ



Type	Approximate Size in Bits	Minimal Range
signed long int	32	0 to 4,294,967,295

Формат double precision floating point (или стандартизированный binary64) предполагает, что число действительное, со знаком (старший бит), имеет размер 8 Байт (64 двоичных разряда) и кодируется согласно стандарту представления дробных чисел в прямом коде.

Адреса байтов

Address	Hex dump	Число В	Число А
00403000	DC 00 14 00		
00403001	F0 E5 E7 F3		
00403002	EB FB FF FF		
00403003	F7 E8 F1 EB		
...	20 CC C5		
00403025	00 00 00 00 04 14 C0 32		
00403009	00 00 00 00		
00403020	00 00 00 00		
00403030	00 00 00 00		
00403040	00 00 00 00		
00403050	00 00 00 00		

На рисунке в задании представлен 16-ричный код байтов памяти, где пары 16-ричных цифр задают содержимое одного байта. Тогда согласно заданию надо сравнить числа со следующими кодами

- А по адресу 00403025 – 00 00 00 00 00 04 14 C0
- В по адресу 00403009 – FB FF FF FF.

Согласно архитектуре процессоров Интел они используют «Little Endian» принцип размещения многобайтовых величин, что означает расположения числа, начиная с младших его байтов и адресом числа является адрес его младшего байта. Т.е. правильная привычная нам запись шестнадцатеричных кодов заданных чисел будет следующая:

- А = C0 14 04 00 00 00 00 00
или в двоичном представлении 11000000 00010100 00000100 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000,
- В = FF FF FF FB
или в двоичном представлении 11111111 11111111 11111111 11111011.

Структура формата ЧПЗ (число А) предполагает, что первым слева (старшим) разрядом числа является его знак: («+» кодируется двоичным нулём, «-» кодируется двоичной единицей). Первая двоичная цифра числа «1», значит число А отрицательное. Формат binary64 предполагает следующую структуру разрядов:

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

Экспонента формируется как истинный порядок со смещением (для binary64) на +1023 (11 1111 1111). У числа А истинный порядок равен 1000000 0001 – 11 1111 1111 = 10₂ (2₁₀). В результате мы получим следующее число ЧПЗ (в двоичной системе):
 $(A = -1,0100\ 00000100\ 00000000\ 00000000\ 00000000\ 00000000 \times 2^{10})_2 = -101,00\ 000001 = 2^2 + 2^0 + 2^{-8} = 5,00390625.$

$$A_{10} = -5,00390625$$

31	30	0
Знак числа	Дополнительный код	
1	11111111 11111111 11111111 11111011	

$$B = -5.$$

Сравнивая два числа, получим, что $A(-5,00390625) < B(-5)$.

Оценивается знание архитектуры компьютера (память и система команд); понятность изложения хода решения, полнота ответов. За полностью верное решение дается 20 баллов.

Что оценивается	Баллы
А) Поиск числа в памяти по указанному адресу	4
• Все числа найдены верно	4 балла
• Есть ошибка в определении адреса одного числа	−1 балл
• Есть одна ошибка в определении длины кода числа	−1 балл
• Все числа найдены неверно	0
Б) Запись байтов числа из памяти согласно архитектуре процессора	3
• Числа представлены верно	2 балла
• Допущена ошибка при определении порядка байтов в одном числе	−1 балл
• Представление чисел не выполнено	0
В) Представление чисел согласно формату представления разных типов данных	5

< В ы с т и а я л и г а >

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

• Числа представлены верно	5 баллов
• Допущена ошибка при представлении ЧПЗ	–2 балла
• Допущена ошибка при представлении целого числа	–2 балла
• Перевод чисел не выполнен	0
Г) Вычисление десятичного значения чисел согласно стандарту представления данных	4
• Числа представлены верно	4
• В одном из чисел допущена ошибка при переводе в десятичную СС	–1 балл
• Допущена ошибка при вычислении десятичного значения согласно формату данных в одном числе	–1 балл
• Перевод чисел не выполнен	0
Д) Вычисление значений согласно правилам машинной арифметики	4
• Вычисление выполнено верно	4
• Допущена одна вычислительная ошибка	–1 балл
• Вычисление не выполнено	0

Список рекомендуемой литературы для подготовки к решению задания № 4

1. IEEE 754 (2008/2019) – IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic
http://ali.ayad.free.fr/IEEE_2008.pdf
2. Little endian and Big endian Concept with programming Examples.
<https://aticleworld.com/little-and-big-endian-importance/>
3. Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual/Volume 1: Basic Architecture (1.3.1 Bit and Byte Order; Chapter 4 Data Types)
<https://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/64-ia-32-architectures-software-developer-vol-1-manual.html>

Пример Задания № 5

Оцените, какую мощность должен иметь передатчик, чтобы разогнать канал тональной частоты до скорости 1 Мбит/сек, если абсолютный уровень шума в канале равен –42 dBm. Возможно ли достичь такой скорости на практике?

Пример решения задания № 5

Эта задача на теорему Шеннона-Хартли.

Но сначала отметим, что абсолютная шкала мощности вводит соответствие

$$E = 0 \text{ dBm (децибел мощности)} = 1 \text{ mW (милливатт)}$$

Кроме того,

$$C = 1\,000\,000 \text{ бит/с}$$

Высшая лига

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

$B = 3100$ Гц

$A = -45$ дБм (dBm)

Из теоремы Шеннона-Хартли $C = B \log_2(1 + \frac{S}{N})$, где $\frac{S}{N} \gg 1$, получим

$$\frac{S}{N} = 2^{\frac{C}{B}}$$

$$\frac{N}{E} = 10^{\frac{A}{10}}, \text{ из } A = 10 \lg \frac{S}{N}$$

$$S = 2^{\frac{C}{B}} N = 2^{\frac{C}{B}} 10^{\frac{A}{10}} E \text{ (мВт)}$$

$$S = 10^{(\frac{C}{B} \lg 2 + \frac{A}{10} - 3)} \text{ (Вт)}$$

Переходя к численным значениям

$$S = 10^{(\frac{1000000}{3100} * 0,3 - 4,5 - 3)} \approx 10^{89} \text{ Вт} = 10^{84} \text{ МВт}$$

Это число многократно превышает всю имеющуюся на Земле электрическую мощность, созданную человеком, для сравнения – самая мощная на Земле электростанция – Три ущелья имеет мощность 22,5 ГВт (гигаватт).

Канал тональной частоты передается по витой паре с диаметром жил 0,4 мм, поэтому при присоединении такой мощности провода просто испарятся.

Критерии оценивания решения Задания № 5

Оценивается знание теоретических основ компьютерных сетей и умение применять эти знания на практике. Ниже приведен список действий, которые оцениваются. Как правило, указанные ниже действия должны выполняться последовательно, каждый последующий шаг невозможно сделать, если не выполнен предыдущий. Баллы за выполнение действий суммируются, так получается итоговый результат. Этот результат позволяет оценить даже не до конца выполненное задание.

Общая сумма баллов за задачу – 20.

Виды действий и баллы за их выполнение:

1. Правильно определены основные теоремы, но не приведена их математическая форма (2 балла)
2. Дополнительно записана математическая форма теорем, использующиеся при решении задачи (плюс 2 балла)
3. Часть величин из этих теорем идентифицирована и записаны их значения (плюс 2 балла)
4. Все величины из этих теорем идентифицированы и записаны их значения (плюс 2 балла)
5. Проведены упрощения математических выражений из теорем, отброшены малые слагаемые (плюс 2 балла)
6. Получено выражение для основной переменной, исходя из системы первоначальных уравнений (плюс 1 балл)
7. Получены все выражения для основных переменных, исходя из системы первоначальных уравнений (плюс 2 балла)
8. Получено итоговое выражение - аналитический ответ (плюс 3 балла)

«Высшая лига»

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

9. Проведены численные расчеты (плюс 2 балла)
10. Сделан анализ следствий полученного ответа (плюс 2 балла)

Список рекомендуемой литературы для подготовки к решению задания № 5

1. Олифер В. и др. Компьютерные сети. – 2010. (глава 5)
2. Таненбаум Э. С. Компьютерные сети. – Питер, 2010. (глава 5)