



Методические рекомендации и демонстрационная версия заключительного этапа

НАПРАВЛЕНИЕ «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 согласно принятой в ВШЭ шкале оценок. В сумме участник может набрать до 154 баллов, которые составляют 100% результат. Далее для удобства сумма баллов нормируется до 100.

Рекомендуемые источники информации

Схемотехника

Вопросы отборочного тура касаются особенностей аналоговой и цифровой схемотехники.

Литература для Первого тура:

1. Харрис С.Л., Харрис Д. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера: RISC-V / пер. с англ. В. С. Яценкова, А. Ю. Романова; под ред. А. Ю. Романова. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 810 с.
2. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 4-е изд., доп. – М.: «ДМК-Пресс», 2018. – 636 с.
3. Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника: учеб. пособие для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 816 с.

Базы данных

Вопросы отборочного тура в части баз данных касаются проектирования реляционных баз данных, языка SQL, индексирования и вопросов назначения привилегий для доступа к данным. Для подготовки в качестве учебной литературы рекомендуются следующие источники:

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. 4. "Реляционная алгебра и реляционное исчисление"; гл. 5. "Язык SQL: манипулирование данными").
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> (Разделы 3.1. "Операции реляционной алгебры", 3.5. "Извлечение данных из таблиц", 5.5.2. "Индексирование данных", 8.3.4. "Примеры использования методов оптимизации запросов", глава 9. "Проектирование баз данных").

Высшая лига

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

3. PostgreSQL. Документация. URL: <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. URL: 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. Описание микроархитектуры ядра CPU на сайте wikichip.org (например, [https://en.wikichip.org/wiki/intel/microarchitectures/skylake_\(client\)](https://en.wikichip.org/wiki/intel/microarchitectures/skylake_(client)))

Компьютерные сети

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

1. Олифер В., Олифер Н. - Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы (6-е издание) - 2021. (глава 5)
2. Таненбаум Э., Фимстер Н., Уэзерол Д. Компьютерные сети. (6-е издание) – СПб.: Питер, 2023. (глава 5)

3. 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)
3. Шамышев, Антон Андреевич. Программирование на Python. Решение задач по основам алгоритмизации : Решение задач по основам алгоритмизации : практикум : электронное издание / А. А. Шамышев, О. Н. Шамышева ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых". - Владимир : Изд-во ВлГУ, 2025. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)

Можно использовать другие издания перечисленных книг.

Информация о втором (заключительном) этапе

Продолжительность состязания - 180 минут.

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

«Высшая лига»

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

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:

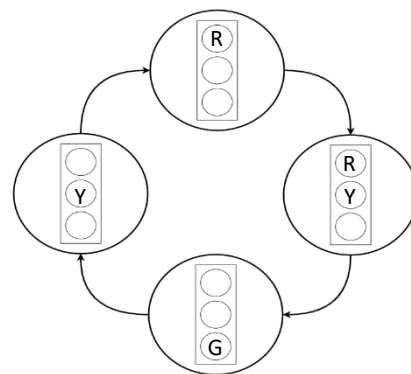
- калькулятор,
- ПО для создания документов - можно использовать Word, LaTeX
- ПО для создания рисунков, диаграмм и схем - можно использовать специальные редакторы, например, Visio (входит в MsOffice).

Черновики работы могут быть предъявлены к проверке по желанию участника.

Демонстрационный вариант второго (заключительного) этапа

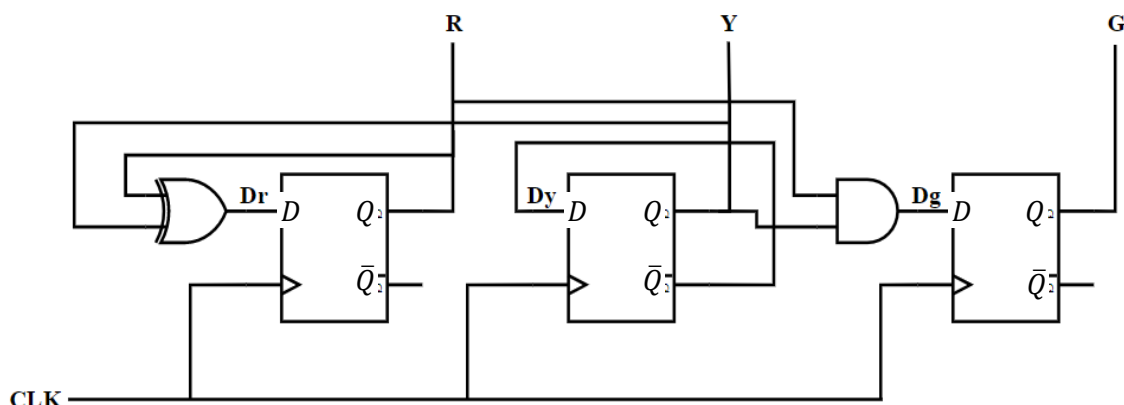
Пример Задания № 1 Схемотехника

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 № 1

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.

Высшая лига

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

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 № 1

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 № 1

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).

<Высшая лига>

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

Пример Задания № 2 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.

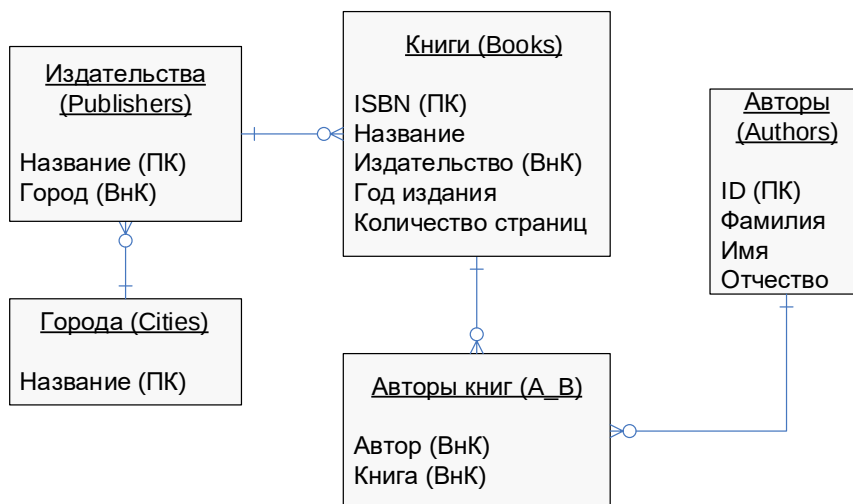
Результат представьте в виде схемы базы данных в одной из общеупотребительных нотаций.

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 № 2

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 № 2

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.

Высшая лига

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

- 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 № 2

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. URL: <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. URL: http://rema44.ru/resurs/study/dblab/lab1_4.pdf

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

Пример Задания № 3 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.

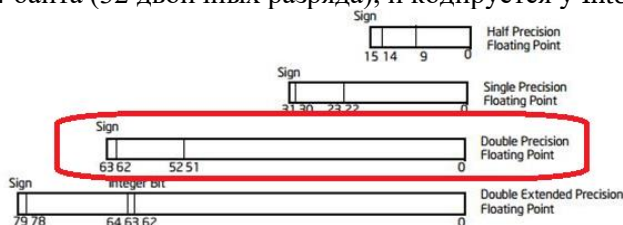
Считайте, что на рисунке отображается дамп памяти вычислительной системы на базе процессора с архитектурой Intel. Запишите ответ в виде $A > B$, $A < B$, $A = B$. Объясните свои выводы и ход решения.

Пример решения задания № 3

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.



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

[illegible]

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 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:

- A = C0 14 04 00 00 00 00 00
или в двоичном представлении 11000000 00010100 00000100 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000,
- B = FF FF FF FB

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ И ВЫПУСКНИКОВ

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:

Экспонента формируется как истинный порядок со смещением (для binary64) на +1023 (11 111 1111). У числа А истинный порядок равен 1000000 0001 – 11 111 1111=10₂ (2₁₀). К дробной части мантииссы и 52 разрядов дописывается целая часть, равная «1». В результате мы получим следующее число ЧПЗ (в двоичной системе):

$$A_{10} = -5.00390625$$

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

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
• 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

< Высшая >

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

^ лига v >

• 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 № 3

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 № 4 Компьютерные сети

Организация имела в своем составе 10 однотипных офисов с локальными сетями, построенными на технологии Fast Ethernet с одинаковыми параметрами QoS. Было принято решение объединить офисы в одном помещении, разместив серверы и рабочие станции в одной сети, построенной на технологии Gigabit Ethernet для увеличения пропускной способности.

Запас пропускной способности в каждой сети до объединения составлял 10% при одинаковом соотношении кадров максимального и минимального размера: 80/20. Какой запас пропускной способности будет в объединенной сети? Поясните свой ответ, предоставив решение, рассуждения, расчеты.

Решение Задания № 4.

Пропускная способность Fast Ethernet:

$$N_{\text{пр}} = 1024 \times 1024 \times 100 = 104\,857\,600 \text{ бит.}$$

Минимальный кадр Fast Ethernet без преамбулы - 64 байт, с преамбулой 72 байта, межкадровый интервал 12 байт, передача одного кадра требует $(72+12) \times 8 = 672$ бит.

Максимальный кадр Fast Ethernet без преамбулы (18(заголовок) + 8(преамбула) + 1500(поле данных)) = 1526 байт. межкадровый интервал 12 байт, передача одного кадра требует $(1526 + 12) \times 8 = 12304$ бит.

Пропускная способность Gigabit Ethernet:

$$N_{\text{пр}} = 1024 \times 1024 \times 1000 = 1\,048\,576\,000 \text{ бит.}$$

Минимальный кадр Gigabit Ethernet без преамбулы - 512 байт, с преамбулой 520 байт, межкадровый интервал 12 байт, передача одного кадра требует $(520+12) \times 8 = 4256$ бит.

Максимальный кадр Gigabit Ethernet без преамбулы (18(заголовок) + 8(преамбула) + 1500(поле данных)) = 1526 байт. межкадровый интервал 12 байт, передача одного кадра требует $(1526 + 12) \times 8 = 12304$ битовых интервала.

Вычисляем количество пакетов максимального и минимального объемов для сетей Fast Ethernet, взяв указанное соотношение 80/20 и запас пропускной способности 10 %.

«Высшая лига»

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

Получим следующее соотношение:

$$12304 * X + 672 * 0,25 * X = 104857600 * (1 - 0,1);$$

$$12472 * X = 94\,371\,840;$$

$X = 7\,566$ - пакетов максимального размера, $X * 0,25 = 1\,891$ – пакетов минимального размера.

После объединения количество пакетов увеличилось в 10 раз

$$N_{\max} = 75\,660;$$

$$N_{\min} = 18\,910;$$

$$V_{\max} = 12304 \text{ бит};$$

$$V_{\min} = 4256 \text{ бит}.$$

Вычисляем производительность:

$$N_{\max} * V_{\max} + N_{\min} * V_{\min} = 75\,660 * 12304 + 18\,910 * 4256 = 930\,920\,640 + 80\,480\,960 = 1\,011\,401\,600 - \text{потребность в пропускной способности новой сети Gigabit Ethernet при том же соотношении пакетов.}$$

Вычисляем коэффициент загрузки новой сети $1\,011\,401\,600 / 1\,048\,576\,000 = 0,96$.

Итого: запас пропускной способности будет: $(1 - 0,96) * 100 = 4 \%$.

ОТВЕТ. При объединении 10 сетей Fast Ethernet с запасом пропускной способности в 10 % каждая, в одну сеть Gigabit Ethernet запас пропускной способности уменьшается до 4%.

Критерии оценивания решения Задания № 4

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. Верно представлены формулы для расчета пропускной способности (+4 балла), минус 1 балл за каждую ошибку
4. Верно описан алгоритм сравнения пропускной способности сетей Fast Ethernet и Gigabit Ethernet (+6 баллов)
5. Верно представлены количественные параметры для расчета пропускной способности сетей Fast Ethernet и Gigabit Ethernet (+ 6 баллов, за каждую ошибку снимается 1 балл)
6. Верно представлены кратности величин измерения количества информации (+4 балла, за ошибку снимается 3 балла)
7. Вычислительные ошибки в расчетах: минус 1 балл за каждую ошибку.

Рекомендованная литература к заданию №4

1. Таненбаум Э., Фимстер Н., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 6-е изд. - СПб.: Питер, 2023. - 992 с.: ил. - (Серия «Классика computer science»). ISBN 978-5-4461-1766-6
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы (учебник для ВУЗ'ов). —СПб.: Питер, 2017. —992 с.
3. Борисов С.П. Сети и телекоммуникации [Электронный ресурс] Учебное пособие / Борисов С.П. – М.: МИРЭА — Российский технологический университет, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Пример Задания № 5 Технологии программирования

Пример задания № 5 Технологии программирования

Составить алгоритм или программу, имеющую наименьшую сложность алгоритма (зависимость времени работы программы от размерности данных) для следующей задачи. Имеется аллея из N деревьев. Необходимо найти количество способов вырубки K деревьев из

«Высшая лига»

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

них так, чтобы группы близстоящих деревьев были одинаковы по количеству, а количество пеньков между ними также должно быть одинаковым. Пеньки по краям аллеи могут быть в любом количестве (в том числе и отсутствовать).

Обозначим «I» дерево, а «.» пенек от срубленного дерева. Например, при $N=5$, $K=2$ вырубку можно сделать четырьмя способами: «..III», «.III.», «III..», «I.I.I».

Решить данную задачу можно несколькими способами, и оценка за выполнение задания будет зависеть от сложности алгоритма. Чем выше сложность алгоритма, тем ниже ваша оценка.

Примечания:

1. Не разрешается пользоваться специализированными библиотеками для перебора вариантов решения!
2. Для реализации алгоритма можно использовать языки программирования: C, C++, Pascal, Basic, Python, алгоритмический язык.

Решение задания № 5 Технологии программирования

Рассмотрим примеры решения задачи с разной асимптотической сложностью алгоритма.

Вариант №1 решения задачи.

Самым простым решением может быть полный перебор вариантов вырубки с выборкой тех, которые подходят под условие.

```
def Combinations(n, k, vect=""): #Подбор способов вырубки
    if n==0: # вектор расстановок уже заполнен
        if k!=0: return 0 # Не все прогалы расставлены
        vect2=vect.strip('.') #Убрать срубы деревьев справа и слева
        Tree='I'
        Space='.'
        while Tree in vect2: #
            Tree+='I'
        Tree=Tree[:-1]
        if Tree=="": Tree='I'
        while Space in vect2: #
            Space+='.'
        Space=Space[:-1]
        if Space=="": Space='.'
        vect2=vect2.replace(Space,'').replace(Tree,'') # Заменяем символы деревьев и прогала
        return not( '.' in vect2 or 'I' in vect2) #Если не осталось символом дерева и прогала
    if k>0:
        return Combinations(n-1,k-1,vect+'.') + Combinations(n-1,k, vect + 'I')
    return Combinations(n-1, k, vect + 'I')
print(Combinatons(5,2))
```

При данном решении сложность алгоритма будет 2^N , т.е. экспоненциальная. Такая сложность затрудняет расчеты при больших размерностях.

Вариант №2 решения задачи.

Попробуем найти менее сложное аналитическое решение. Заметим, что все деревья должны разделяться на группы одинаковой численности, т.е. можно найти делители для количества оставшихся деревьев $(N-K)$. Количество промежутков между группами деревьев – $N-K-1$.

◀ Высшая лига ▶

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

Обозначим за m , количество пеньков между группами близстоящих деревьев. Тогда количество пеньков в промежутках может быть $m \times (N-K-1)$, такие что $m \times (N-K-1) \leq K$. Если же K не кратно $N-K-1$, то оставшиеся вне промежутков деревья могут располагаться с боков всей посадки. Если осталось r пеньков по бокам посадки, то они могут быть расположены $r+1$ способами:

- 1) r пеньков слева, 0 пеньков справа,
- 2) $r-1$ пеньков слева, 1 пеньков справа
- ...
- $r+1$) 0 пеньков слева, r пеньков справа.

В реализации данного решения напишем следующую программу:

```
N=5
K=2
Count=K+1 # Количество комбинаций для одной группы деревьев
for r in range(2,N-K+1):
    if (N-K)%r==0:
        if K>=r-1:
            for s in range(r-1,K+1,r-1):
                Count+=K-s+1
Print(Count)
```

Данная программа решает задачу значительно быстрее. Асимптотическая сложность алгоритма равна $(N-K) \times K$, т.к. в программе два цикла: первый – итерируется $N-K$ раз, второй (в худшем случае) – K раз.

Вариант №3 решения задачи.

Вышеприведенный алгоритм можно и еще улучшить, если применить формулу суммы арифметической прогрессии:

$(a_1 + a_n) \times n / 2$, где a_1 – первый член прогрессии, a_n – n -й член прогрессии, n - количество элементов в прогрессии. Ее можно применить вместо внутреннего цикла по переменной s в предыдущей программе.

```
N=5
K=2
Count=K+1 # Количество комбинаций для одной группы деревьев
for r in range(2,N-K+1):
    if (N-K)%r==0:
        if K>=r-1:
            Count+=((K+1)//(r-1)) * (K+1 - (r-1) + (K+1)%(r-1))//2
```

Асимптотическую сложность данной программы следует оценить как $N-K$, т.к. столько итераций происходит у единственного цикла в программе.

Вариант №4 решения задачи.

Однако и решение №3 также можно улучшить за счет ускорения перебора для нахождения делителей числа $(N-K)$. Дело в том, что для любого делителя D имеется парный для него делитель $DD = T \div D$, где T – число, для которого ищутся делители. Поэтому перебор следует вести до

< Высшая >

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

^ лига v

корня от T . Следует отметить, что у делителя $D = \sqrt{T}$, где $\sqrt{}$ – функция квадратного корня, нет парного делителя, поэтому этот случай в программе необходимо специально обработать.

```

N=5
K=2
Count=K+1 # Количество комбинаций для одной группы деревьев
for r in range(1,int((N-K)**0.5)+1):
    if (N-K)%r==0:
        if K>=r-1 and r!=1:
            Count+=((K+1)//(r-1)) * (K+1 - (r-1) + (K+1)%(r-1))/2
        r2=(N-K)//r
        if K>=r2-1 and r2!=r:
            Count+=((K+1)//(r2-1)) * (K+1 - (r2-1) + (K+1)%(r2-1))/2
print(Count)

```

Сложность данной программы можно оценить как $\sqrt{N-K}$.

Варианты решений №№1-4 данной задачи представлены в порядке уменьшения асимптотической сложности алгоритма и будут оценены соответственно предложенным ниже критериям.

Критерии оценки задания № 5 Технологии программирования

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

Что оценивается	Баллы
А) Верная реализация алгоритма	10
• Алгоритм записан верно	10 баллов
• Грубая логическая ошибка в программе (приводит к неправильному результату работы программы)	–2 балла
• Негрубая логическая ошибка в программе (порождает неправильную работу программы на ограниченном количестве наборов входных данных)	–1 балл
• Синтаксическая ошибка в записи операторов ЯПВУ или конструкции псевдокода	–1 балл
• Программа отсутствует или полностью некорректна	0 баллов
Б) Оптимизация сложности алгоритма решения (в зависимости от сложности предложенного алгоритма участнику может быть начислено от 1 до 6 баллов)	6
Например, возможны следующие оценки: • сложность ниже линейной – 6 баллов (пример решения №4); • линейная сложность – 4 балла (пример решения №3); • квадратичная сложность – 2 балла (пример решения №2); • мелкие улучшения алгоритма, не влияющие на асимптотическую сложность (например, уменьшает время выполнения программы в два раза) – 2 балла; • экспоненциальная сложность – 1 балл (пример решения №1).	
В) Правильная оценка асимптотической сложности алгоритма	4
• Сложность оценена верно, приведены пояснения	4 балла
• Сложность оценена верно, пояснения отсутствуют	3 балла
• Допущена ошибка при вычислении (с верными рассуждениями)	2 балла

«Высшая лига»

ОЛИМПИАДА СТУДЕНТОВ
И ВЫПУСКНИКОВ

• <i>Вычисления ошибочны, комментарии ошибочны или отсутствуют</i>	1 балл
• <i>Сложность не оценена</i>	0 баллов

Список рекомендуемой литературы для подготовки к решению задания № 5

1. Яковлев, Игорь Вячеславович. Комбинаторика для олимпиадников [Текст] : [12+] / И. В. Яковлев. - 2-е изд., доп. - Москва : Изд-во МЦНМО, 2016. - 77 с.
2. Дольников, Владимир Леонидович. Основные алгоритмы на графах [Текст] : текст лекций / В. Л. Дольников, О. П. Якимова ; М-во образования и науки Российской Федерации, Ярославский гос. ун-т им. П. Г. Демидова. - Ярославль : Ярославский гос. ун-т им. П. Г. Демидова, 2011. - 78 с. (Глава 5)
3. Шень А. Программирование: теоремы и задачи. – 2-е изд., испр. и доп. – М. МЦНМО, 2004. – 296 с. Главы 2,3.
4. Липский, Витольд. Комбинаторика для программистов / В. Липский; Пер. с польского В. А. Евстигнеева, О. А. Логиновой; Под ред. А. П. Ершова. - Москва : Мир, 1988. - 213 с.