



*Богомолова Ольга Борисовна,  
Усенков Дмитрий Юрьевич*

## ПОГОВОРИМ О МАСКИРОВКЕ, ИЛИ МАСКИ НЕ ТОЛЬКО ОТ COVID

Одна из разновидностей задач ЕГЭ по информатике посвящена основам функционирования компьютерных сетей Интернет, и, в частности, – принципам работы протоколов ТСП/IP. Это – задачи об IP-масках.

Такие задачи поначалу вызывали у учащихся существенные трудности уже потому, что в них требуется применение побитовых логических операций, о которых ни в одном учебнике информатики не упоминалось. Позже, с появлением различных пособий и «решебников», актуальность этой проблемы несколько поуменилась, но в нынешнем году появились принципиально новые задачи с IP-масками, которые потребовалось учиться решать заново.

Для начала – немного теории.

**IP-адрес** – уникальный (не повторяющийся) цифровой индивидуальный номер компьютера в сети. IP-адрес может быть закреплён за данным компьютером постоянно (выделенный IP-адрес) или выдаваться компьютеру временно из некоторого имеющегося набора только на время данного сеанса работы в сети.

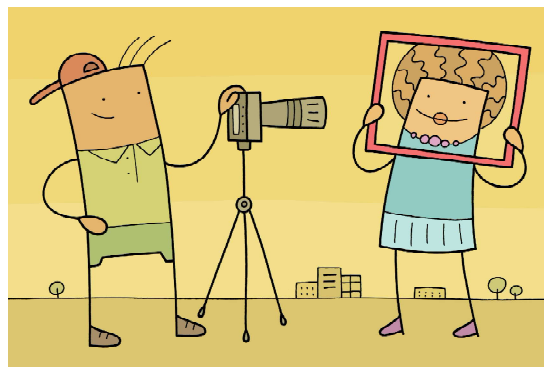
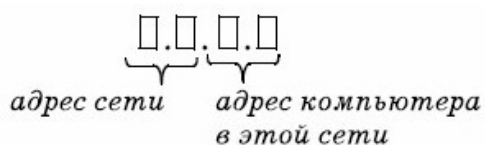
В стандарте IP v.4 (рассматриваемом в задачах ЕГЭ) IP-адрес представляет собой запись из четырех разделенных точками чисел, каждое из которых соответствует одному байту и имеет значение от 0 до 255. *Пример: 168.154.0.177*

**Служебные IP-адреса** – адреса, зарезервированные в компьютерной сети для определенных целей, так что ни один обычный компьютер сети не может иметь такие адреса:

- адрес сети, в котором один или несколько крайних справа байтов равны нулю (например, **168.154.15.0**, **168.154.0.0**);
- широковещательный адрес, в котором один или несколько крайних справа байтов равны 255 (например, **168.154.15.255**, **168.154.255.255**).

**Адрес сети и адрес компьютера в сети.** Если компьютер находится в составе локальной сети, которая, в свою очередь, подключена к сети Интернет, то возникает задача – определить IP-адрес всей локальной сети в целом (например, чтобы разослать пакет информации на *все* компьютеры данной локальной сети) и адрес конкретного компьютера внутри этой локальной сети.

Адрес сети и адрес компьютера в этой сети — это две условно выделяемые части единого IP-адреса данного компьютера, под которым он числится в Интернете:

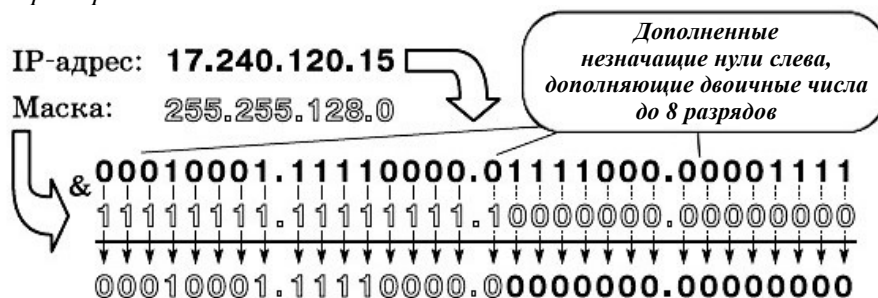


**Маска IP-адреса** – используется для разделения единого IP-адреса на адрес локальной сети и адрес компьютера в этой сети, имеет такой же вид, как IP-адрес (четыре числа-байта, записанных через точку) и выполняет функцию фильтра.

**Определение адреса сети по полному IP-адресу и маске:**

- 1) исходный IP-адрес записывается в двоичной форме (каждое число – байт переводится в восьмиразрядное двоичное число отдельно и по-прежнему записывается через точку);
- 2) маска также записывается в двоичной форме;
- 3) двоичная запись маски записывается под двоичной записью IP-адреса;
- 4) для определения адреса сети нужно выполнить логическую операцию И для каждой отдельной пары битов: если в маске в данном разряде стоит 1, то в качестве результата в данном разряде переписывается значение (0 или 1) из одноименного разряда исходного IP-адреса; если в маске в данном разряде стоит 0, то в качестве результата в данном разряде тоже записывается 0;
- 5) полученная двоичная запись преобразуется в десятичную форму (каждое двоичное число – отдельно).

*Пример:*



Ответ: 17.240.0.0

**Обратите внимание!** При переводе десятичных значений чисел, составляющих IP-адреса, в двоичный формат нужно помнить: получаемые двоичные числа обязательно должны быть восьмиразрядными! При необходимости надо дополнять полученное двоичное число до 8 разрядов, дописывая к нему слева незначащие нули.

**Определение адреса компьютера в сети (номера компьютера) по полному IP-адресу и маске:**

- 1) исходный IP-адрес записывается в двоичной форме (каждое число – байт переводится в восьмиразрядное двоичное число отдельно, но по-прежнему записывается через точку);
- 2) маска также записывается в двоичной форме;
- 3) маска инвертируется (единичные биты заменяются на нулевые и наоборот);
- 4) двоичная запись инвертированной маски записывается под двоичной записью IP-адреса;
- 5) для определения адреса сети нужно выполнить логическую операцию И для каждой отдельной пары битов: если в маске в данном разряде стоит 1, то в качестве результата

в данном разряде переписывается значение (0 или 1) из одноименного разряда исходного IP-адреса; если в маске в данном разряде стоит 0, то в качестве результата в данном разряде тоже записывается 0;

б) полученная двоичная запись преобразуется в десятичную форму (каждое двоичное число – отдельно).

Пример:

```

IP-адрес: 17.240.120.15 ⇒
00010001.11110000.01111000.00001111
Маска: 255.255.128.0 ⇒
11111111.11111111.10000000.00000000
Инвертированная маска:
00000000.00000000.01111111.11111111
00010001.11110000.01111000.00001111
& 00000000.00000000.01111111.11111111
00000000.00000000.01111000.00001111

Результат: 00000000.00000000.01111000.00001111 ⇒
⇒ 0.0.120.15
    
```

#### Определение количества компьютеров (количества адресов) в сети по маске:

1) маска записывается в двоичной форме (каждое число — байт переводится в восьми-разрядное двоичное число отдельно, но по-прежнему записывается через точку);

2) маска инвертируется (единичные биты заменяются на нулевые и наоборот);

3) разделяющие точки отбрасываются (то есть инвертированная маска рассматривается как единое 32-битовое двоичное число);

4) в этом числе отбрасываются незначащие нули слева;

5) полученное двоичное число переводится в десятичную систему счисления;

6) полученное число увеличивается на 1 (чтобы учесть, что нумерация адресов начинается с нулей).

**Обратите внимание!** В задаче может спрашиваться: какое количество адресов компьютеров в сети допускается *теоретически*. Тогда полученное вышеописанным способом значение и есть ответ. Если же в задаче спрашивается: какое в сети возможно количество различных реальных (допустимых) адресов компьютеров, то необходимо учесть, что два адреса компьютера (состоящий из всех нулевых битов и состоящий из всех единичных битов) являются зарезервированными, поэтому количество допустимых адресов компьютеров на 2 меньше рассчитанного выше.

Пример:

```

Маска: 255.255.128.0 ⇒
11111111.11111111.10000000.00000000
Инвертированная маска:
00000000.00000000.01111111.11111111
Получаемое из инвертированной маски число:
1111111111111111 = 3276710.
Теоретически возможно адресов компьютеров в сети:
32767 + 1 = 32768.
Реально допускается адресов компьютеров в сети:
32768 - 2 = 32766.
    
```

А теперь перейдем к рассмотрению задач: сначала более простых и «традиционных», а в конце статьи – и новых, появившихся недавно.

**Задача 1.** По заданному IP-адресу и маске определить адрес сети.

IP-адрес: 17.240.120.15

Маска: 255.255.128.0

*Решение*

Маской IP-адреса называют число (так же, как и IP-адрес, состоящее из четырёх записанных через точку байтовых значений от 0 до 255 каждое), которое определяет, какую часть IP-адреса составляет адрес сети. Для этого нужно представить и исходный IP-адрес, и маску как набор двоичных чисел, а затем поразрядно выполнить их поразрядную конъюнкцию: если в каком-либо разряде маски записана «1», то значение соответствующего разряда исходного IP-адреса переписывается без изменения, а если в маске записан «0», то соответствующий разряд IP-адреса обнуляется (можно сказать, что «0» в маске «гасит» до 0 соответствующий разряд исходного IP-адреса). Полученная в результате запись и будет указывать IP-адрес сети (каждое из её двоичных чисел можно вновь перевести в десятичную систему счисления).

$$\begin{array}{l}
 \text{IP-адрес:} \\
 17.240.120.15 \rightarrow 00010001.11110000.01111000.00001111 \\
 \& \\
 \text{Маска:} \\
 255.255.128.0 \rightarrow \frac{11111111.11111111.10000000.00000000}{00010001.11110000.00000000.00000000} \\
 \downarrow \\
 17.240.0.0
 \end{array}$$

*Ответ:* 17.240.0.0

**Задача 2.** В терминологии сетей TCP/IP маской сети называется двоичное число, определяющее, какая часть IP-адреса узла сети относится к адресу сети, а какая – к адресу самого узла в этой сети. Обычно маска записывается по тем же правилам, что и IP-адрес, – в виде четырех байтов, причём каждый байт записывается в виде десятичного числа. При этом в маске сначала (в старших разрядах) стоят единицы, а затем с некоторого места – нули. Адрес сети получается в результате применения поразрядной конъюнкции к заданному IP-адресу узла и маске.

Например, если IP-адрес узла равен 231.32.255.131, а маска равна 255.255.240.0, то адрес подсети равен 231.32.240.0.

Для узла с IP-адресом 224.128.112.142 адрес сети равен 224.128.64.0. Чему равен третий слева байт маски? Ответ запишите в виде десятичного числа.

*Решение*

Здесь нам нужно искать не адрес сети, а, наоборот, маску по заданным IP-адресу и адресу сети. Причём поскольку для байтов, которые в указанных адресах совпадают, байт маски очевидно равен 255, а там, где в адресе сети нулевой байт, байт маски так же очевидно тоже равен нулю, экзаменаторов интересует именно «ключевой» байт маски – третий слева. Так что задача для нас даже немного упростилась.



1. Преобразуем заданные третьи слева байты исходного IP-адреса и адреса сети в двоичные числа:

$$112_{10} = 1110000_2;$$

$$64_{10} = 1000000_2.$$

2. Для получения из исходного IP-адреса заданного адреса сети требовалась поразрядная конъюнкция (для каждого бита) IP-адреса и маски, то есть:

$$\begin{array}{r} & \& 1110000 \\ & & \text{*****} \\ & \hline & 1000000 \end{array}$$

Биты маски нам неизвестны. Но их очень легко определить:

– там, где значения битов IP-адреса и адреса сети оба равны 1, бит маски должен быть тоже равен 1;

– там, где бит IP-адреса равен 1, а бит адреса сети равен 0, бит маски должен быть равен 0.

Единственная неоднозначность – там, где биты IP-адреса и адреса сети оба равны нулю: тут бит маски может быть равен как 0, так и 1. Но устранить эту неоднозначность нетрудно, зная, что в маске при её просмотре слева направо может быть только один переход от единичных битов к нулевым, то есть, например, маска 11000110 недопустима. А мы видим, что уже со второго слева бита в маске должны начаться нули. Значит, и во всех «спорных» битах маски правее этого места тоже должны быть только нули.

3. Теперь нетрудно восстановить вышеприведенный «ребус» с конъюнкцией двоичных чисел:

$$\begin{array}{r} & \& 1110000 \\ & & 1000000 \\ & \hline & 1000000 \end{array}$$

4. Остается перевести найденную двоичную маску в десятичное число.

Для этого даже не понадобится никаких вычислений — полученная маска полностью совпала с двоичной записью байта адреса сети (64), значит, и искомый байт маски тоже равен 64.

*Ответ:* 64.

**Задача 3.** Для узла с IP-адресом 177.55.35.172 адрес сети равен 177.55.32.0. Чему равен наибольший возможный третий слева байт маски? (Ответ нужно записать в виде десятичного числа.)

*Решение*

Если в предыдущих задачах удавалось «однозначно решить неоднозначность» в распределении нулей и единиц в соответствующем байте маски, то здесь однозначно определить байт маски нельзя. В ней возможно несколько вариантов, именно поэтому в условии дано дополнительное уточнение — найти *максимальный* возможный байт маски.

1. Преобразуем десятичные значения третьих слева байтов IP-адресов в двоичную запись:

$$35_{10} = 00100011_2,$$

$$32_{10} = 00100000_2.$$

2. Записываем полученные значения «в столбик», где биты маски пока неизвестны:

$$\begin{array}{r} & \& 00100011 \\ & & ???????? \\ & \hline & 00100000 \end{array}$$

3. Первые три бита маски определяются однозначно как единичные. Два последних бита тоже однозначно определяются как нулевые:

$$\begin{array}{r} & \& 00100011 \\ & & 111???00 \\ & \hline & 00100000 \end{array}$$

А вот с оставшимися тремя битами – неоднозначность. Они могут быть как единичными, так и нулевыми (и  $0 \& 1 = 0$ , и  $0 \& 0 = 0$ ). То есть значение маски может быть в диапазоне от 11100000 до 11111100.

Однако по условию нам нужно найти наибольший байт маски. Тогда нам нужно значение 11111100.

**Обратите внимание!** Если бы требовался наименьший возможный байт маски, то мы выбрали бы значение 11100000.

4. Остаётся преобразовать найденное двоичное значение байта маски в десятичное:  
 $11111100_2 = 252_{10}$ .

Ответ: 252.

**Задача 4.** Для узла с IP-адресом 98.162.198.94 адрес сети равен 98.162.192.0. Для скольких различных значений маски это возможно?

*Решение*

В этой задаче требуется найти количество возможных различных значений маски, которые допустимы за счёт того самого неоднозначного определения значения маски, о котором говорилось в предыдущем задании.

1. Анализируя заданные значения IP-адреса узла и IP-адреса сети, замечаем, что разница между ними – в последних двух байтах. Именно их значения и требуется проанализировать.

2. Переводим десятичную запись значений этих байтов в двоичную:

$$198 = 11000110_2$$

$$192 = 11000000_2$$

$$94 = 01011110_2$$

3. Записываем два байта адреса сети под соответствующими двумя байтами адреса узла.

Для первых по счёту слева направо двух битов (которые в обеих записях одинаковы и равны единицам) соответствующие биты маски однозначно должны быть единичными.

Шестой слева бит адреса узла равен 1, а шестой бит (и последующие за ним) в адресе сети – нулевые. Следовательно, эти биты маски однозначно нулевые.

Неоднозначность проявляется для трёх битов, которые и в адресе узла, и в адресе сети – нулевые: для них соответствующие биты маски могут быть как единичными (нулевой бит из адреса узла без изменения переписывается в адрес сети), так и нулевыми (маска «обнуляет нуль»).

Первая мысль – масок возможно столько, сколько возможно трёхзначных двоичных чисел (то есть всех возможных комбинаций нулей и единиц в трех битах). Но она неправильная: как мы помним, в маске после нулевого бита могут идти только нули. Поэтому возможные варианты масок получаются только «наращиванием» единиц слева направо.

	11000110.01011110	(IP-адрес узла)
	11000000.00000000	(IP-адрес сети)
Возможные маски:	11000000.00000000	
	11100000.00000000	
	11110000.00000000	
	11111000.00000000	
А вот вариант	11111100.00000000	
невозможен, иначе адрес сети был бы	11000100.00000000	

Итого получают четыре возможные IP-маски.

Ответ: 4

**Задача 5.** Два узла, находящиеся в разных подсетях, имеют IP-адреса 118.187.59.255 и 118.187.65.115. В масках обеих подсетей одинаковое количество единиц. Укажите наибольшее возможное количество единиц в масках этих подсетей. Учтите, что два адреса в любой подсети зарезервированы: адрес всей подсети и широковещательный адрес.

**Обратите внимание!** В отличие от предыдущих задач требуется обеспечить, чтобы искомая маска соответствовала *разным* сетям, то есть получаемые адреса сети должны *различаться* хотя бы одним битом. При этом слова «В масках обеих подсетей одинаковое количество единиц», если вспомнить структуру IP-маски, означают, что в обоих рассматриваемых случаях используется одна и та же маска.

*Решение*

Маска выделяет из исходного IP-адреса две части: правая – адрес компьютера в сети, левая – адрес сети (подсети). При этом адрес компьютера в сети не должен состоять из одних только нулей или из одних только единиц («широковещательный» адрес).

1. Маска имеет в левой части непрерывную последовательность единиц, а в правой – непрерывную последовательность нулей. По сути, для решения данного типа задач нужно определить, где в маске проходит граница между единицами и нулями.

11111111.11111111.11110000.00000000

Поскольку требуется *наибольшее* количество единиц в маске, желательно, чтобы такая граница проходила как можно правее. Поэтому начинаем рассмотрение с *последнего* байта IP-адресов:

$$255_{10} = 11111111_2,$$

$$115_{10} = 01110011_2.$$

2. Требуется, чтобы сети (подсети), получаемые при помощи искомой маски из заданных IP-адресов, были различными. Для этого они должны различаться хотя бы одним битом. Такое различие уже обеспечивается в третьем байте.

3. Часть IP-адресов, соответствующая нулям маски, не должна состоять только из одних единиц или только из одних нулей.

Чтобы это обеспечить, начинаем справа налево сравнивать заданные адреса и смещаемся при этом влево настолько, пока в обоих адресах (байтах) непрерывная последовательность единиц или нулей не сменится на противоположную цифру:



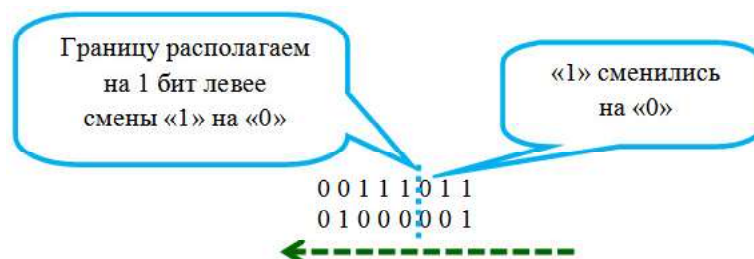
Видим, что во втором из сравниваемых адресов такая смена имеется, но в первом адресе весь байт состоит из одних только единиц, и мы не можем найти здесь требуемую позицию для границы в маске.

Если такое произошло, то переходим к сравнению уже предпоследних байтов:

$$59_{10} = 00111011_2$$

$$65_{10} = 01000001_2$$

При этом нас прежде всего интересует первый адрес (первый из сравниваемых теперь байтов), так как именно в первом адресе мы не нашли смены «1» на «0» в последнем байте.



Таким образом, мы определили положение границы между «1» и «0» в маске, которая:  
 а) расположена как можно правее, а значит, обеспечивает максимальное количество единиц в маске;

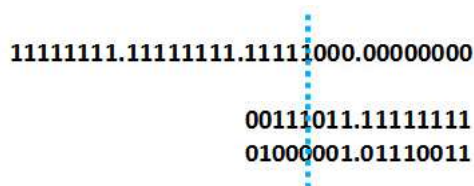
б) обеспечивает в *обоих* IP-адресах значения адресов компьютеров в сети, не состоящие только из одних нулей или только из одних единиц.

При этом, как нетрудно видеть, слева от маски двоичные значения различны, то есть требование разных подсетей соблюдено.

4. Остается подсчитать количество единиц в маске.

Маска состоит из 4 байтов. При этом:

- первый и второй байты (которые мы не рассматривали) содержат по 8 единиц каждый;
- в третьем байте граница между «1» и «0» располагается между 2-м и 3-м битами, слева от этой границы в маске должны быть записаны единицы, а справа – нули. Единиц при этом будет 5;
- последний байт маски будет содержать только нули.



Тогда общее количество единиц в маске равно:  $8 + 8 + 5 = 21$ .

Ответ: 21.

**Задача 6.** Два узла, находящиеся в разных подсетях, имеют IP-адреса 198.75.95.31 и 198.75.96.13. В масках обеих подсетей одинаковое количество единиц. Укажите наименьшее возможное значение третьего слева бита этой маски. Ответ запишите в виде десятичного числа.

**Обратите внимание!** В этой задаче, во-первых, явно указано, что поиск границы между «1» и «0» в маске нужно начинать с 3-го бита, а во-вторых, указано, что искомое значение этого бита должно быть наименьшим. Очевидно, это означает, что наименьшим должно быть и количество единиц в маске в этом третьем байте.

*Решение*

1. Сравниваем третьи по счету байты в IP-адресах:

$$95_{10} = 01011111_2$$

$$96_{10} = 01100000_2$$

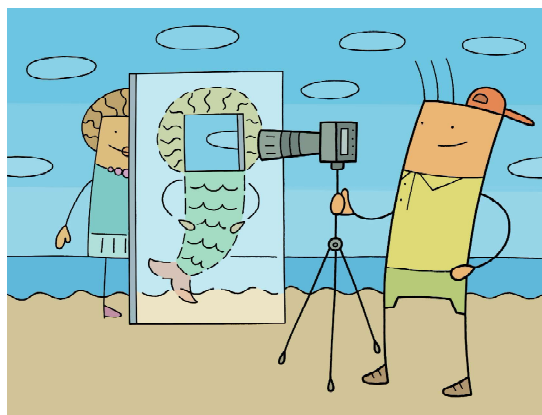
2. Поскольку, в отличие от предыдущей задачи, нам требуется обеспечить *наименьшее* возможное количество единиц маски в этом байте, граница между «1» и «0» в маске должна



располагаться как можно правее. Поэтому просмотр битов начинаем *слева направо*.

Нам нужно обеспечить, чтобы получаемые справа от границы маски адреса компьютеров не состояли только из одних единиц или только из одних нулей, но это требование уже соблюдено за счет значений последних байтов адресов.

Однако теперь нужно учесть, что получаемые с помощью такой маски адреса сетей (левая часть от границы) были различными. Поскольку первые и вторые байты этих адресов одинаковы, такое различие можно обеспечить только в рассматриваемом третьем байте. Для этого нужно, чтобы двоичные величины слева от границы различались хотя бы одним битом, поэтому при поиске положения границы мы смещаемся вправо до тех пор, пока в остающейся левой части не будет получено различие хотя бы в один бит.



3. Положение границы между «1» и «0» в маске найдено. При этом:

- граница расположена как можно левее, а значит, обеспечивает минимальное количество единиц в маске;
- обеспечивает требование разных подсетей за счет различий в первых трех битах адресов;
- значения адресов компьютеров в сети, не состоящие только из одних нулей или только из одних единиц, обеспечены.

4. Определяем десятичное значение третьего байта маски.

Для найденного положения границы между «1» и «0» в маске в первых трех битах данного байта (до границы) должны быть записаны единицы, а правее границы – пять нулей: 11100000.

Десятичное значение этого двоичного числа равно:  $11100000_2 = 224_{10}$ .

Ответ: 224.

**Богомолова Ольга Борисовна,**  
доктор педагогических наук,  
почетный работник сферы  
образования Российской Федерации,  
Заслуженный учитель города  
Москвы, учитель информатики  
и математики ГБОУ СОШ № 1360,  
г. Москва,

**Усенков Дмитрий Юрьевич,**  
ГБОУ СОШ № 1360, г. Москва.

