# Двоичная и 16-ричная системы счисления. IP-адресация

**Составитель: Коробецкая А.А.**

Данная работа состоит из двух частей. В первой поясняется принцип представления чисел в двоичной системе, на которой базируются все современные вычислительные устройства. Также показывается, что 16-ричную систему можно использовать как краткую запись двоичных чисел.

Вторая часть описывает структуру IP-адреса четвертой версии и бесклассовую систему адресации.

## Задание 1

1. Записать в двоичном виде три числа: день, месяц и год вашего рождения или любой другой даты, в которой день и месяц >2.
2. Переписать эти числа в 16-ричной системе.
3. В двоичном виде прибавить к году месяц рождения. Проверить результат, переведя его в десятичный вид.
4. В двоичном виде отнять от года рождения день. Проверить результат, переведя его в десятичный вид.
5. В двоичном виде умножить день на месяц.

Расчеты можно оформить как в печатном, так и в рукописном виде, но аккуратно и разборчиво!

## Задание 2

Вариант задается по последней цифре номера зачетной книжки (студенческого билета)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ варианта** | **IP-адрес/маска** | **№ варианта** | **IP-адрес/маска** |
|  | 57.1.14.92/14 |  | 125.70.0.34/6 |
|  | 101.15.140.3/18 |  | 81.13.133.4/15 |
|  | 20.205.11.7/10 |  | 147.128.1.15/9 |
|  | 78.12.240.161/27 |  | 202.204.17.10/12 |
|  | 54.2.32.230/26 |  | 10.215.63.5/20 |

1. Запишите маску в двоичном виде.
2. Переведите адрес в двоичный вид.
3. Переведите маску в десятичный вид.
4. С помощью маски выделите адрес сети (net id) и адрес хоста (host id), запишите их в 10-чном виде.
5. Определите, сколько компьютеров можно подключить к данной сети.
6. Запишите адрес широковещательной рассылки (broadcast).

Результат оформите в виде таблицы, по аналогии с примером.

## Часть 1. Представление чисел в вычислительных системах

### Системы счисления

**Система счисления** определяет метод записи чисел в виде письменных знаков.

Сегодня в мире общепринятой является система с арабскими цифрами, хотя исторически существовало много других – римская, египетская, древнерусская... Они использовали разные знаки и принципы записи чисел.

Привычная нам система счисления является **десятичной** с **алфавитом** из 10 цифр:

{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}

Символы могут быть абсолютно любыми, если их 10, система все равно будет десятичной.

Еще одна особенность нашей системы счисления – она **позиционная**, т.е. значение цифры зависит от того, где именно в числе она стоит:

15 – единица означает десятку;

1308 – единица означает тысячу.

Двоичная и шестнадцатеричная системы счисления тоже являются позиционными, но в их алфавитах другое количество цифр.

**Двоичный** **алфавит**:

{0, 1}

Основная система счисления в современных вычислительных устройствах. Ее очень легко представить в виде электрического тока, достаточно взять два разных напряжения, которые легко различаются электронными элементами. Для 10-чной системы пришлось бы делать приборы, которые умеют различать 10 разных напряжений, а это дорого и неудобно. К тому же, в двоичной системе очень простая арифметика.

Каждая двоичная цифра задает один **бит** информации. 8 бит = 1 **байт** (октет). 4 байта = 1 **машинное слово**.

**Шестнадцатеричный алфавит**:

{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F}

В нем больше цифр, чем у нас есть, поэтому вместо недостающих используют латинские буквы с A по F (можно заглавные, можно и строчные).

Ниже мы удостоверимся, что 16-ричную систему можно использовать для свертки (краткой записи) двоичных чисел, поэтому она очень часто используется в технической литературе, документации и программах.

Чтобы показать, в какой системе записано число, после него ставят основание в виде нижнего индекса.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1001112 = | 3910 = | 2716 |
| двоичная | десятичная | 16-ричная |
| bin | dec | hex |

Для шестнадцатеричной системой также используют обозначения 0x перед числом или h в конце:

0x53 = 53h = 5316= 8310

### Запись чисел в двоичной и 16-ричной системах

Таблица двоичных чисел от 0 до 23

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **DEC** | **BIN** | **HEX** | **DEC** | **BIN** | **HEX** | **DEC** | **BIN** | **HEX** |
| **0** | 0 | 0 | **8** | 1000 | 8 | **16** | 10000 | 10 |
| **1** | 1 | 1 | **9** | 1001 | 9 | **17** | 10001 | 11 |
| **2** | 10 | 2 | **10** | 1010 | A | **18** | 10010 | 12 |
| **3** | 11 | 3 | **11** | 1011 | B | **19** | 10011 | 13 |
| **4** | 100 | 4 | **12** | 1100 | C | **20** | 10100 | 14 |
| **5** | 101 | 5 | **13** | 1101 | D | **21** | 10101 | 15 |
| **6** | 110 | 6 | **14** | 1110 | E | **22** | 10110 | 16 |
| **7** | 111 | 7 | **15** | 1111 | F | **23** | 10111 | 17 |

Этого достаточно, чтобы заметить, что и 2-ичная и 16-ричная системы действуют по тому же принципу, что и 10-чная.

В 10-чной системе мы сначала обозначаем числа одной цифрой:

0, 1, 2, ..., 9

Когда цифры закончились, мы приписываем в начало 1-цу и начинаем перебор заново:

10, 11, 12, ... 19

Потом первой цифрой становится 2 и т.д. Когда цифры опять заканчиваются, приписываем в начало еще одну:

99, 100, 101, ...

Таким образом, можно записать сколь угодно большое число.

В двоичной системе то же самое, только цифр всего две:

0, 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, ...

В 16-ричной системе цифр больше, поэтому 1-цу в начало приписываем позже:

0, 1, 2, ..., 9, a, b, c, d, e, f, 10, 11, 12, ..., 1a, 1b, ..., 1f, 20, 21, ..., ff, 100, 101,...

Обратите внимание, в любой системе можно приписать в начало числа сколько угодно нулей, его значение не изменится. Предыдущая таблица с фиксированным количеством знаков в каждом числе:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **DEC** | **BIN** | **HEX** | **DEC** | **BIN** | **HEX** | **DEC** | **BIN** | **HEX** |
| **00** | 00000 | 00 | **08** | 01000 | 08 | **16** | 10000 | 10 |
| **01** | 00001 | 01 | **09** | 01001 | 09 | **17** | 10001 | 11 |
| **02** | 00010 | 02 | **10** | 01010 | 0A | **18** | 10010 | 12 |
| **03** | 00011 | 03 | **11** | 01011 | 0B | **19** | 10011 | 13 |
| **04** | 00100 | 04 | **12** | 01100 | 0C | **20** | 10100 | 14 |
| **05** | 00101 | 05 | **13** | 01101 | 0D | **21** | 10101 | 15 |
| **06** | 00110 | 06 | **14** | 01110 | 0E | **22** | 10110 | 16 |
| **07** | 00111 | 07 | **15** | 01111 | 0F | **23** | 10111 | 17 |

Распространенная ошибка: нули записывают в конец, а не начало числа:

10 = 0010, но 10 ≠ 1000

в любой системе счисления!

Двоичные числа от 0 до 15 необходимо выучить наизусть.

Мнемонические правила:

1, 10, 11, 100, 101 – вышел зайчик погулять.

1010 = 10102 = A16

1110 = 10112 = B16

Длинные числа принято разделять пробелами:

10-чные по 3 цифры

3 000 560 10010

2-инчные по 4 или 8 цифр

1000 1110 1100 10112

10001110 110010112

16-ричные по 2 или 8 цифр

0x78f1aa01 15000012

78 f1 aa 01 15 00 00 12h

Еще одна полезная зависимость, которую можно заметить уже сейчас – двоичные числа из одной 1 и нескольких нулей равны степеням двойки:

12 = 2010 = 110

102 = 2110 = 210

1002 = 2210 = 410

10002 = 2310 = 810

100002 = 2410 = 1610

1000002 = 2510 = 3210

...

Степень двойки равна числу нулей.

Также просто переводить в 10-чную систему двоичные числа, состоящие только из 1, т.к.они ровно на 1 меньше, чем предыдущие числа:

112 = 22 – 1 = 310

1112 = 23 – 1 = 710

11112 = 24 – 1 = 1510

111112 = 25 – 1 = 3110

...

Степень двойки равна числу единиц, и минус один.

Степени 2 (наизусть):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 20= | 1 | 26= | 64 |
| 21= | 2 | 27= | 128 |
| 22= | 4 | 28= | 256 |
| 23= | 8 | 29= | 512 |
| 24= | 16 | 210= | 1024 |
| 25= | 32 |  |  |

Как приближенно определить, чему равны более высокие степени двойки? Для этого используют то, что 210 = 1024 ≈ 1000. Любую степень раскладываем на произведение степеней, например:

224 = 24 ∙ 210 ∙ 210 ≈ 16 ∙ 1000 ∙ 1000 = 16 000 000 = 16 млн.

232 = 22 ∙ (210)3 ≈ 4 ∙ 10003 = 4 000 000 000 = 4 млрд.

### Перевод чисел в 10-чную систему счисления

**Алгоритм перевода из 2-чной в 10-чную (bin→dec)**:

1. Подписать под цифрами двоичного числа степени 2 (справа налево, начиная с 0).
2. Сложить степени двойки, умножая на соответствующую цифру в двоичном числе (умножение на 0 можно пропустить, т.к. получается 0).

Пример:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2= 1∙26 + 0∙25 + 0∙24 + 1∙23 + 1∙22 + 0∙21 + 1∙20 = 64 + 8 + 4 + 1 = 7710 |
| 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |

**Перевод из 16-ричной в 10-чную (hex→dec)** полностью аналогичен, но используются степени 16

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 0 | b | 16= 2∙162 + 0∙161 + | 11 | ∙160 = 2∙256 + 11∙16 = 512 + 176 = 68810 |
| 2 | 1 | 0 |  | b |  |

Оперировать степенями 16 не всегда удобно, поэтому на практике 16-ричные числа зачастую сначала переводят в двоичную систему (см. ниже), а уже из нее в 10-чную.

Это общепринятый способ. Но для одних чисел он удобен, а для других не очень.

Например, в следующем двоичном числе всего две единицы, соответствующие степени 2 легко сложить:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2= 27 + 23 = 128 + 8 = 13610 |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |

Но в других числах, где много единиц и мало нулей, складывать степени 2 труднее:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2= 27 + 26 + 25 + 23 + 22 + 21 + 20 = 128+64+32+8+4+2+1 = 23910 |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |

В этом случае, проще не складывать, а вычитать.

По приведенному выше правилу, мы знаем, что число из 8 единиц 1111 1111=28–1=255.

Чтобы найти искомое число, нужно из 255 вычесть степени 2, при которых стоят 0.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2= (28 – 1) – 24 = (256 – 1) – 16 = 23910 |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |

Результат совпадает.

Другой пример:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2= (27 – 1) – 23 – 20 = (128 – 1) – 8 – 1 = 11810 |
| 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |

### Перевод целых чисел из 10-чной в 2-чную систему (dec→bin)

Существует 2 основных способа:

* делением на 2;
* разложением на степени 2.

Второй способ легче проверить на правильность и труднее ошибиться, но нужно хорошо знать степени двойки.

**Алгоритм перевода делением на 2**:

1. Разделить число на 2 нацело, в остаток вписать 0 или 1.
2. Результат деления также разделить на 2 с остатком. Повторять, пока в результате деления не останется 0.
3. Выписать ответ: остатки от деления в обратном порядке.

Пример записи «углом»:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число: 4310   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 43 | 2 |  |  |  |  |  | | 42 | 21 | 2 |  |  |  |  | | 1 | 20 | 10 | 2 |  |  |  | |  | 1 | 10 | 5 | 2 |  |  | |  |  | 0 | 4 | 2 | 2 |  | |  |  |  | 1 | 2 | 1 | 2 | |  |  |  |  | 0 | 0 | 0 | |  |  |  |  |  | 1 |  |   Ответ: 1010112 | Число: 9810   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 98 | 2 |  |  |  |  |  |  | | 98 | 49 | 2 |  |  |  |  |  | | 0 | 48 | 24 | 2 |  |  |  |  | |  | 1 | 24 | 12 | 2 |  |  |  | |  |  | 0 | 12 | 6 | 2 |  |  | |  |  |  | 0 | 6 | 3 | 2 |  | |  |  |  |  | 0 | 2 | 1 | 2 | |  |  |  |  |  | 1 | 0 | 0 | |  |  |  |  |  |  | 1 |  |   Ответ: 11000102 |

Более короткая запись «в столбик»:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | | 43 | 1 |  | | 21 | 1 |  | | 10 | 0 |  | | 5 | 1 |  | | 2 | 0 |  | | 1 | 1 |  |   Ответ: 1010112 | |  |  |  | | --- | --- | --- | | 98 | 0 |  | | 49 | 1 |  | | 24 | 0 |  | | 12 | 0 |  | | 6 | 0 |  | | 3 | 1 |  | | 1 | 1 |  |   Ответ: 11000102 |

**Алгоритм перевода разложением на степени двойки**:

1. Представить число в виде суммы степеней двойки.
2. Каждая степень 2 соответствует 1-це на соответствующей позиции в двоичном числе (отсчет ведем справа налево, начиная с 0).
3. Пропущенные позиции заполнить нулями.

Это процедура, обратная переводу bin→dec.

Пример:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3910 = {32 + 7 =  32 + 4 + 3} =  = 32 + 4 + 2 + 1 = |  |  |  |  |  |  |  |
| = 25 + 22 + 21 + 20 = | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 |
|  | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |

Краткая запись:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 7010 = 64 + 4 + 2 = 26 + 22 + 21 = | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
|  | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |

Проверьте себя:

У нечетных чисел в двоичном виде в конце всегда 1, а у четных – 0.

### Перевод между двоичной и 16-чной системой

Это наиболее простой перевод. Каждой группе из 4 двоичный цифр соответствует одна 16-ричная цифра.

Правило перевода **из 16-ричной в двоичную (hex→bin):**

Вместо каждой 16-ричной цифры записать соответствующие ей 4 двоичных цифры (по таблице чисел от 0 до 15). Нули пропускать нельзя.

Пример:

b6 0f16 = 1011 0110 0000 11112

Правило перевода **из двоичной в 16-ричную (bin→hex):**

1. Дописать в начало 2-чного числа нули так, чтобы сгруппировать двоичные цифры по 4.
2. Вместо каждой группы из 4 двоичных цифр записать соответствующую 16-ричную цифру (по таблице).

Пример:

10011 01100000 10011100 011111102 =

= 0001 0011 0110 0000 1001 1100 0111 1110 =

= 13 60 9C 7E16

Таким образом, 16-ричные числа используют для свертки (краткой записи) длинных двоичных чисел.

### Двоичная арифметика

Расчеты с двоичными числами обычно выполняются столбиком. В целом, правила те же, что и для 10-чных чисел, только цифр всего две.

**Сложение двоичных чисел**

0 + 0 = 0

1 + 0 = 0 + 1 = 1

1 + 1 = 10 (единицу прибавляем к следующему разряду)

1 + 1 + 1 = 11 (первую единицу прибавляем к следующему разряду)

Примеры:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  | *Проверка* |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |  |  |
| + | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | *(36)* |  | + | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | *(53)* |  | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | *(31)* |
|  |  | 1 | 0 | 1 | 0 | *(10)* |  |  | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | *(18)* |  |  |  | 1 | 1 | 1 | *(7)* |
|  | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | *(46)* |  | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | *(71)* |  | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | *(38)* |

**Вычитание двоичных чисел**

0 – 0 = 0

1 – 0 = 1

1 – 1 = 0

0 – 1 = –1 (нужно занять 1 в следующем ненулевом разряде)

10 – 1 = 1

Примеры:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  | *Проверка* |  |  | . |  |  |  |  | . | . | . |  |  |  | . | . | . | . |  |  |
| – | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | *(31)* | – | 1 | 1 | 0 | 1 | *(13)* | – | 1 | 0 | 0 | 0 | *(8)* | – | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | *(18)* |
|  |  | 1 | 0 | 1 | *(5)* |  |  | 1 | 0 | *(2)* |  |  |  | 1 | *(1)* |  |  | 1 | 1 | 1 | *(7)* |
|  | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | *(26)* |  | 1 | 0 | 1 | 1 | *(11)* |  |  | 1 | 1 | 1 | *(7)* |  |  | 1 | 0 | 1 | 1 | *(11)* |

**Умножение двоичных чисел**

0 × 0 = 0

1 × 0 = 0 × 1 = 0

1 × 1 = 1

Умножение на «круглые» числа – дописываем нули в конец числа:

**101** × 10 = **101**0

**110** × 100 = **110**00

Умножение столбиком:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| × | 1011 | *(11)* |
| 11 | *(3)* |
| + | 1011 |  |
| 1011 |  |
|  | 100001 | *(33)* |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| × | 101101 | *(45)* |
| 101 | *(5)* |
| + | 101101 |  |
| 101101 |  |
|  | 11100001 | *(225)* |

### Пример расчетов для лабораторной работы

Дата: 17.09.88

1. В двоичном виде:

(*можно любым методом, числа от 0 до 15 переводим напрямую по таблице*)

1710 = 16 + 1 = 24 + 20 = 100012

910 = 10012

8810 = 64 + 16 + 8 = 26 + 24 + 23 = 10110002

2. В 16-ричном виде:

0001 00012 = 1116

10012 = 916

0101 10002 = 5816

3. Двоичное сложение:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 1 | 1 |  |  |  |  | *Проверка* |
| + | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | *(88)* |
|  |  |  | 1 | 0 | 0 | 1 | *(9)* |
|  | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | *(97)* |

4. Двоичное вычитание:

(*вычитаем из большего числа меньшее*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | . | . | . |  | *Проверка* |
| – | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | *(88)* |
|  |  | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | *(17)* |
|  | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | *(71)* |

5. Двоичное умножение:

(*от перестановки множителей результат не изменяется*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| × |  |  |  | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | *(17)* |
|  |  |  |  | 1 | 0 | 0 | 1 | *(9)* |
| + |  |  |  | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |  |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |  |  |  |  |
|  | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | *(153)* |

## Часть 2. Адресация в компьютерных сетях

При объединении компьютеров (и других устройств) в сеть, необходимо обеспечить адреса, по которым эти устройства (узлы, хосты) смогут находить и узнавать друг друга.

Адрес должен удовлетворять требованиям:

* быть уникальным (не может быть двух узлов с одинаковым адресом);
* быть удобным для человека и машины.

Существует два основных типа адресов:

* физический;
* логический.

В качестве *физического* адреса используется **MAC-адрес** (читается «мак-адрес»). Он присваивается каждому сетевому устройству производителем еще во время изготовления и не может изменяться. Каждое устройство, выпущенное сертифицированным производителем, имеет свой уникальный MAC-адрес.

MAC-адрес состоит из 6 чисел, 6 байт, которые записываются в 16-ричном виде через дефис, например:

‎30-10-B3-EE-47-EC

MAC-адрес позволяет опознать производителя устройства, но ничего не говорит о том, где это устройство находится.

Поэтому у каждого узла есть еще один адрес – *логический* **IP-адрес** ( «айпи-адрес»). IP-адрес назначается каждому устройству администратором сети или автоматически, и может быть изменен в любой момент. IP-адрес задается так, чтобы можно было понять, в какой сети находится устройство.

Существует две версии IP-адресов:

**IPv4** (IP версии 4) – традиционные, поддерживаются практически всеми устройствами и системами;

**IPv6** (IP версии 6) – относительно новые, по оценкам, в 2013г. около 3% всего Интернет трафика.

Мы рассмотрим адресацию IPv4, в дальнейшем будем называть ее просто IP.

IP-адрес состоит из 4 байт, т.е. 4 целых числа или 32 бита. Его можно записать в 2-чном, 16-чном или 10-чном виде.

Пример

10-чный вид – 4 десятичных числа от 0 до 255, разделенных точками

10.202.15.34

2-чный вид – по 8 цифр, разделенных пробелами (нули в начале нельзя пропускать)

00001010 11001010 00001111 00100010

16-ричный вид – без пробелов, с обозначением 0x

0x0aca0f22

IP-адрес состоит из двух частей:

* **адреса сети** (**net id** – «нет айди»);
* **адреса хоста** (**host id** – «хост айди»).

Аналогия: по началу телефонного номера можно определить, в каком он находится городе или у какого сотового оператора. Первые три цифры в почтовом индексе задают город/регион. Аналогично, начало IP-адреса задает сеть, в которой находится компьютер.

Иначе говоря, IP-адрес имеет *иерархическую структуру*.

Например, адреса **192.168**.0.1, **192.168**.0.2 и **192.168**.0.3, входят в одну общую сеть.

Адрес сети (всегда заканчивается нулями): 192.168.0.0

Адреса хостов (всегда начинаются с нулей): 0.0.0.1, 0.0.0.2, 0.0.0.3

Другой пример: **10**.1.1.101 и **10**.1.2.101

Адрес сети: 10.0.0.0

Адреса хостов: 0.1.1.101, 0.1.2.101

Но как узнать, какая часть адреса относится к адресу сети, а какая – к адресу узла? Граница между ними может проходить в любом месте, даже в середине байта.

Для этого адрес дополняется маской сети. **Маска (mask)** показывает, сколько бит адреса относятся к адресу сети.

Самая короткая запись – через дробь после IP-адреса:

10.10.0.15/8

Первые 8 бит (1 байт) относятся к net id, остальное – к host id:

Net id: 10.0.0.0

Host id: 0.10.0.15

73.121.4.12/16

Первые 16 бит (2 байта) относятся к net id, остальное – к host id:

Net id: 73.121.0.0

Host id: 0.0.4.12

Но если маска содержит число бит, некратное 8, для выделения адресов сети и хоста потребуется перевести в двоичный вид.

Маску можно записать в двоичном и десятичном виде, как и IP-адрес.

Пример:

48.14.151.100/19

1. Переведем IP-адрес в двоичный вид:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IP-адрес | dec | 48. | | | | | | | | 14. | | | | | | | | 151. | | | | | | | | 100 | | | | | | | |
| bin | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

2. Добавим строку для маски, запишем ее в двоичном виде (19 единиц, остальные – нули). Переведем маску в 10-чный вид.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IP-адрес | dec | 48. | | | | | | | | 14. | | | | | | | | 151. | | | | | | | | 100 | | | | | | | |
| bin | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Маска | bin | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dec | 255. | | | | | | | | 255. | | | | | | | | 224. | | | | | | | | 0 | | | | | | | |

3. Выделим net id. Все биты IP-адреса, которые находятся над 1-цами в маске, относятся к net id (выделены жирным). Все остальные биты заполняем нулями. Полученные числа переводим в 10-чный вид.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IP-адрес | dec | 48. | | | | | | | | 14. | | | | | | | | 151. | | | | | | | | 100 | | | | | | | |
| bin | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Маска | bin | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dec | 255. | | | | | | | | 255. | | | | | | | | 224. | | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| Net id | bin | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dec | 48. | | | | | | | | 14. | | | | | | | | 128 | | | | | | | | 0 | | | | | | | |

3. Выделим host id – биты, которые находятся над 0-ми в маске. Все остальные биты в начале заполняем нулями. Полученные числа переводим в 10-чный вид.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IP-адрес | dec | 48. | | | | | | | | 14. | | | | | | | | 151. | | | | | | | | 100 | | | | | | | |
| bin | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Маска | bin | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dec | 255. | | | | | | | | 255. | | | | | | | | 224. | | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| Net id | bin | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dec | 48. | | | | | | | | 14. | | | | | | | | 128. | | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| Host id | bin | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **1** | **0** | **1** | **1** | **1** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | **1** | **0** | **0** |
| dec | 0. | | | | | | | | 0. | | | | | | | | 23. | | | | | | | | 100 | | | | | | | |

Таким образом:

IP-адрес: 48.14.151.100

Маска: 255.255.224.0

Net id: 48.14.128.0

Host id: 0.0.23.100

Проверьте себя:

В сумме net id и host id дают исходный адрес:

48 + 0 = 48

14 + 0 = 14

128 + 23 = 151

0 + 100 = 100

Маска также определяет, **сколько узлов может быть в сети**, учитывая, что у них у всех должны быть разные IP-адреса.

Например, если маска 30 бит, то для host id осталось всего 2 бита. В два бита можно вписать четыре разных числа 002 = 010, 012 = 110, 102 = 210, 112 = 310.

0.0.0.0

0.0.0.1

0.0.0.2

0.0.0.3

Но! нельзя использовать в host id все двоичные 0 и все двоичные 11, поэтому первый и последний адрес отбрасываем. Остается 2 адреса.

Если маска 24 бита, то для host id осталось 8 бит, всего 256 разных адресов: 0000 00002 = 010, 0000 00012 = 110, ..., 1111 11112 = 25510.

Аналогично, первый и последний отбрасываем, остается 254 адреса.

Таким образом, максимально возможное число узлов в сети = 2(32–маска)–2.

Для маски 16 бит:

2(32–16)–2 = 216 – 2 ≈ 64 тыс.

Для маски 8 бит:

2(32–8)–2 = 224 – 2 ≈ 16 млн.

Поэтому маску назначают исходя из того, сколько узлов будет в сети.

При настройке компьютера обычно требуется указать маску в 10-чном виде. Стандартные маски:

255.0.0.0 – 8 бит, для больших сетей

255.255.0.0 – 16 бит, для средних сетей

255.255.255.0 – 24 бита, для малых сетей

Для них выделять net id и host id очень легко, перевод в двоичную систему не требуется, поэтому они используются чаще всего.

### Пример расчетов для лабораторной работы

Задан адрес в двоичном виде: 17.213.6.130/13

Выделение адреса сети и хоста с помощью маски:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IP-адрес | dec | 17. | | | | | | | | 213. | | | | | | | | 6. | | | | | | | | 130 | | | | | | | |
| bin | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Маска | bin | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dec | 255. | | | | | | | | 248. | | | | | | | | 0. | | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| Net id | bin | **0** | **0** | **0** | **1** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** | **1** | **0** | **1** | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dec | 17. | | | | | | | | 208. | | | | | | | | 0. | | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| Host id | bin | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| dec | 0. | | | | | | | | 5. | | | | | | | | 6. | | | | | | | | 130 | | | | | | | |

Таким образом:

IP-адрес: 17.213.6.130

Маска: 255.248.0.0

Net id: 17.208.0.0

Host id: 0.5.6.130

Максимальное число узлов в сети: 219 – 2 ≈ 0,5 млн.