

РАЗБИЕНИЕ IPv4 СЕТЕЙ НА ПОДСЕТИ (CLASS, CIDR, VLSM)

РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Цель работы.

Освоить принципы, инструменты и методики разделения выделенного предприятию адресного блока на подсети. Получить практические навыки разделения сетей на нужное количество подсетей нужного (различного) размера.

2. Основные определения.

В **двухуровневой** IPv4 адресации (сеть-хост) используются три **фиксированных** размера (класса) сетей А, В и С.

Class – класс сети определяется первыми 4 битами адреса.

IP Address - адрес IPv4 состоит из 32 битов, которые поделены на 4 части по 8 бит (эти части называются октетами). Принято записывать октеты IP адреса в точечно-десятичной нотации, но, для понимания разбиения на подсети нам потребуется адрес в двоично-точечном виде.

Примеры IP адресов:

| | | |
|----------------|---|-------------------------------------|
| 17.16.2.15 | = | 00011101.00010000.00000010.00001111 |
| 178.68.128.168 | = | 10110010.01000100.10000000.10101000 |
| 217.20.147.94 | = | 11011001.00010100.10010011.01011110 |

Из этих 32 битов часть выделенная красным относится к адресу сети, в которой находится этот хост, а другая часть относится к адресу хоста, которому принадлежит этот IP адрес. Чтобы узнать, сколько битов относится к адресу сети, сетевая аппаратура использует маску сети.

Mask - Маска сети тоже состоит из 32 битов, но в отличие от IP адреса, в маске единицы и нули не могут перемешиваться, сначала идут 1, потом 0. Принято использовать запись сетевой маски в точечно-десятичной нотации, но, для понимания разбиения на подсети, нам потребуется маска в двоично-точечном виде.

Примеры масок сети:

| | | |
|---------------|---|-------------------------------------|
| 255.255.255.0 | = | 11111111.11111111.11111111.00000000 |
| 255.0.0.0 | = | 11111111.00000000.00000000.00000000 |
| 255.255.240.0 | = | 11111111.11111111.11110000.00000000 |

Относительно сетевой маски важно отметить следующее:

- сетевая маска - это не IP адрес - она используется для того, чтобы изменить интерпретацию IP адресов;
 - сетевая маска применяется только локально (где локальный означает - на этом специфическом сетевом сегменте).
-

Префикс маски. Часто маска сети записывается в префиксной нотации. Число в префиксе обозначает количество бит относящихся к адресу сети (подсети, суперсети).

/8 = 11111111.00000000.00000000.00000000 = 255.0.0.0

/16 = 11111111.11111111.00000000.00000000 = 255.255.0.0

/24 = 11111111.11111111.11111111.00000000 = 255.255.255.0

VLSM - Variable Length Subnet Masks (маски подсетей переменной длины) технология использовать **специальных масок сети** для деления сети на IP-подсети. VLSM описана в RFC 950 - Деление сети на IP-подсети.

В **трёхуровневой** IPv4 адресации (сеть-подсеть-хост) префикс в сетевом адресе может отличаться от /8, /16, /24 и показывает количество старших бит, отводимых под номер сети и подсети. Оставшиеся справа биты отведены под номер хоста.

/23 = 11111111.11111111.11111110.00000000 = 255.255.254.0

/24 = 11111111.11111111.11111111.00000000 = 255.255.255.0

/25 = 11111111.11111111.11111111.10000000 = 255.255.255.128

Например, префикс /25 говорит о том, что старшие 25 битов адреса отводятся под номер сети, а оставшиеся $(32-25)=7$ бит – под номер хоста.

Исходя из количества бит, отводимых под номер хоста, можно определить максимальное количество компьютеров в подсети. Так, с помощью 6 бит можно закодировать 64 различных числа (адреса).

Однако первое и последнее число не могут использоваться в качестве номеров хостов, поскольку им назначена особая роль – адрес сети и адрес широковещания.

Если в номере хоста все биты равны нулю, то такой адрес называется **адресом сети** (подсети).

Если в номере хоста все биты равны единице, то такой адрес является **широковещательным адресом** для данной сети (подсети).

Gateway - Шлюз. Кроме номера сети и широковещательного адреса подсеть обычно содержит шлюз, роль которого, как правило, выполняет один из интерфейсов маршрутизатора. Обычно шлюз получает первый адрес в подсети из тех адресов, которые можно назначить хостам.

Формула расчёта возможного количества подсетей N.

$N = 2^n$, где n – это количество занятых бит от порции хоста в классической сети.

Формула расчёта возможного количества хостов (узлов) в подсети H.

$H = 2^n - 2$, где n – это количество свободных бит (нулей) в порции хоста, а «-2» - это адреса, которые нельзя присвоить хосту: адрес сети и широковещательный адрес.

Формула расчёта требуемого количества битов для адресации N подсетей.

$n \geq \text{LOG}_2(N)$, где n – количество битов, N – количество подсетей.

Операция AND над IP адресом и маской сети

Чтобы узнать, какая часть IP адреса относится к порции сети, сетевой аппаратуре необходимо выполнить побитовую логическую операцию AND над адресом и маской.

3. Автоматизированная методика разбиения на подсети с использованием IP калькуляторов.

Задачи вида перевод чисел из одной системы счисления в другую, перевод адресов из одной формы представления в другую, разделение сети на подсети и объединение сетей в суперсеть достаточно легко автоматизируются.

В Internet имеется много реализаций данных задач, как онлайн, так и офлайн версий (ищите IP Calculator, Subnetwork Calculator).

Не все IP калькуляторы умеют разбивать сети на несколько разных по размеру подсетей, такая задача решается многократным запуском программы с ручной обработкой промежуточных результатов, а значит без понимания работы ручных методик разбиения на подсети всё равно не обойтись.

Но, IT специалист должен при необходимости уметь разбить сеть и вручную. Навыки полученные при ручном разбиении на подсети помогут в дальнейшем легко проверять и исправлять настройки различного сетевого оборудования – узлов, маршрутизаторов, межсетевых экранов, сетевых фильтров и др.

Особенно полезны IP калькуляторы для разбиения на подсети при работе с громоздкими адресами IPv6.

Для тренировки навыков и проверки результатов ручных вычислений рекомендуется познакомиться с 2-3 подобными программами.

The screenshot shows an online IP calculator interface. At the top, there are three input fields: "Address (Host or Network)" containing "192.168.0.1", "Netmask (i.e. 24)" containing "24", and "Netmask for sub/supernet (optional)" which is empty. Below these fields is a "Calculate" button. Below the button, there is a red error message: "No host given" and "No netmask given (using default netmask of your network's class)". Below the error message, there is a table of network details:

| | | | |
|------------|--------------------|----------------------------|---------------------|
| Address: | 192.168.0.1 | 11000000.10101000.00000000 | .00000001 |
| Netmask: | 255.255.255.0 = 24 | 11111111.11111111.11111111 | .00000000 |
| Wildcard: | 0.0.0.255 | 00000000.00000000.00000000 | .11111111 |
| => | | | |
| Network: | 192.168.0.0/24 | 11000000.10101000.00000000 | .00000000 (Class C) |
| Broadcast: | 192.168.0.255 | 11000000.10101000.00000000 | .11111111 |
| HostMin: | 192.168.0.1 | 11000000.10101000.00000000 | .00000001 |
| HostMax: | 192.168.0.254 | 11000000.10101000.00000000 | .11111110 |
| Hosts/Net: | 254 | | (Private Internet) |

Рис. 1. Онлайн IP калькулятор <http://jodies.de/ipcalc>

VLSM/CIDR Calculator

How many subnets do you need to create?

5

What is the network IP prefix in slash notation (i.e. 192.168.1.0/24)?

192.168.1.0/24

Subnet Names: Number of hosts:

| | |
|-------|----|
| Host1 | 5 |
| Host2 | 2 |
| Host3 | 20 |
| Host4 | 3 |
| Host5 | 70 |

The network 192.168.1.0/24 has 254 hosts.
Your subnets need 100 hosts.

| Name | Hosts Needed | Hosts Available | Unused Hosts | Network Address | Slash | Mask | Usable Range | Broadcast | Wildcard |
|-------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-------|-----------------|-------------------------------|---------------|-----------|
| Host5 | 70 | 126 | 56 | 192.168.1.0 | /25 | 255.255.255.128 | 192.168.1.1 - 192.168.1.126 | 192.168.1.127 | 0.0.0.127 |
| Host3 | 20 | 30 | 10 | 192.168.1.128 | /27 | 255.255.255.224 | 192.168.1.129 - 192.168.1.158 | 192.168.1.159 | 0.0.0.31 |
| Host1 | 5 | 6 | 1 | 192.168.1.160 | /29 | 255.255.255.248 | 192.168.1.161 - 192.168.1.166 | 192.168.1.167 | 0.0.0.7 |
| Host4 | 3 | 6 | 3 | 192.168.1.168 | /29 | 255.255.255.248 | 192.168.1.169 - 192.168.1.174 | 192.168.1.175 | 0.0.0.7 |
| Host2 | 2 | 2 | 0 | 192.168.1.176 | /30 | 255.255.255.252 | 192.168.1.177 - 192.168.1.178 | 192.168.1.179 | 0.0.0.3 |

Рис. 2. Онлайн VLSM/CIDR калькулятор <http://subnettingpractice.com/vlsm.html>

IPv6 Subnetting Calculator

Input an IPv6 address and the subnet size in slash notation:

IPv6 address:

Compressed Address: 2001:db8::/32

Expanded Address: 2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000/32

Prefix: ffff:ffff:0000:0000:0000:0000:0000

Range: 2001:db8:0:0:0:0:0:0

2001:db8:fff:fff:fff:fff:fff:fff

Number of /64s: 4294967296

Select a number of subnets or a subnet size to divide the above into:

subnets or

To get at least 4 new subnets divide 2001:db8::/32 into 4 new subnets. Each of these subnets is a /34 containing 1073741824 /64s. The new subnets are as follows:

2001:db8::/34

2001:db8:4000::/34

2001:db8:8000::/34

2001:db8:c000::/34

Рис. 3. IPv6 Subnet Calculator http://subnettingpractice.com/ipv6_subnetting.html

4. Быстрая методика разбиения на подсети с представлением результатов в Excel.

Подсеть разбивается на более мелкие подсети увеличением префикса подсети. Поскольку префикс задаёт количество бит в номере сети, такая операция всегда делит общее количество адресов подсети, на число, кратное степени двойки.

Таким образом, процесс разбиения исходной сети на нужное количество подсетей сводится к **дихотомическому делению** исходной подсети до тех пор, пока для каждого сегмента сети не будет найдена сеть минимально необходимого размера.

Исходную сеть и её подсети можно представить в виде графа, вершиной которого будет исходная сеть, а каждый дочерний узел получается в результате разбиения сети на две подсети:

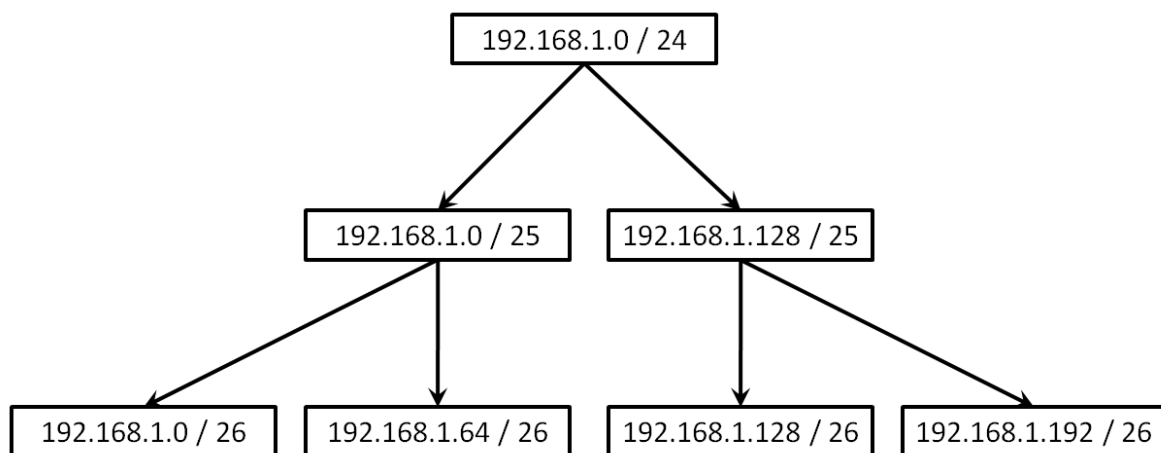


Рис. 4. Граф подсетей.

Деление каждой из ветвей продолжается до тех пор, пока для каждой физической подсети не будет найдена подходящая по размерам подсеть.

Наглядный способ представления метода разбиения на подсети заключается в использовании программ для работы с электронными таблицами, например, Microsoft Excel.

Каждая объединённая ячейка представляет некоторый диапазон адресов, например, подсеть с префиксом 192.168.1.0/25, описывает половину всей сети С, см. рис. 5.

Объединённые ячейки правее представляют собой более мелкие блоки адресов сети, например, подсети с префиксом /26 описывает 1/4 сети С.

Продолжаем деление пополам в следующих столбцах, вплоть до минимальной необходимого блока адресов, например, до подсетей с префиксом /30, описывающих подсети размером 1/64 сети С по 4 адреса в каждой.

Данная методика наглядно представляет распределение адресов и позволяет вести учёт распределения имеющегося в компании блока адресов.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 192.168.1.0 / 25 | 192.168.1.0 / 26 | 192.168.1.0 / 27 | 192.168.1.0 / 28 | 192.168.1.0 / 29 | 192.168.1.0 / 30 |
| 2 | | | | | | 192.168.1.4 / 30 |
| 3 | | | | | 192.168.1.8 / 29 | 192.168.1.8 / 30 |
| 4 | | | | | | 192.168.1.12 / 30 |
| 5 | | | | 192.168.1.16 / 28 | 192.168.1.16 / 29 | 192.168.1.16 / 30 |
| 6 | | | | | | 192.168.1.20 / 30 |
| 7 | | | | | 192.168.1.24 / 29 | 192.168.1.24 / 30 |
| 8 | | | | | | 192.168.1.28 / 30 |
| 9 | | | 192.168.1.32 / 27 | 192.168.1.32 / 28 | 192.168.1.32 / 29 | 192.168.1.32 / 30 |
| 10 | | | | | | 192.168.1.36 / 30 |
| 11 | | | | | 192.168.1.40 / 29 | 192.168.1.40 / 30 |
| 12 | | | | | | 192.168.1.44 / 30 |
| 13 | | | | 192.168.1.48 / 28 | 192.168.1.48 / 29 | 192.168.1.48 / 30 |
| 14 | | | | | | 192.168.1.52 / 30 |
| 15 | | | | | 192.168.1.56 / 29 | 192.168.1.56 / 30 |
| 16 | | | | | | 192.168.1.60 / 30 |
| 17 | | 192.168.1.64 / 26 | 192.168.1.64 / 27 | 192.168.1.64 / 28 | 192.168.1.64 / 29 | 192.168.1.64 / 30 |
| 18 | | | | | | 192.168.1.68 / 30 |
| 19 | | | | | 192.168.1.72 / 29 | 192.168.1.72 / 30 |
| 20 | | | | | | 192.168.1.76 / 30 |
| 21 | | | | 192.168.1.80 / 28 | 192.168.1.80 / 29 | 192.168.1.80 / 30 |
| 22 | | | | | | 192.168.1.84 / 30 |
| 23 | | | | | 192.168.1.88 / 29 | 192.168.1.88 / 30 |
| 24 | | | | | | 192.168.1.92 / 30 |
| 25 | | | 192.168.1.96 / 27 | 192.168.1.96 / 28 | 192.168.1.96 / 29 | 192.168.1.96 / 30 |
| 26 | | | | | | 192.168.1.100 / 30 |
| 27 | | | | | 192.168.1.104 / 29 | 192.168.1.104 / 30 |
| 28 | | | | | | 192.168.1.108 / 30 |
| 29 | | | | 192.168.1.112 / 28 | 192.168.1.112 / 29 | 192.168.1.112 / 30 |
| 30 | | | | | | 192.168.1.116 / 30 |
| 31 | | | | | 192.168.1.120 / 29 | 192.168.1.120 / 30 |
| 32 | | | | | | 192.168.1.124 / 30 |

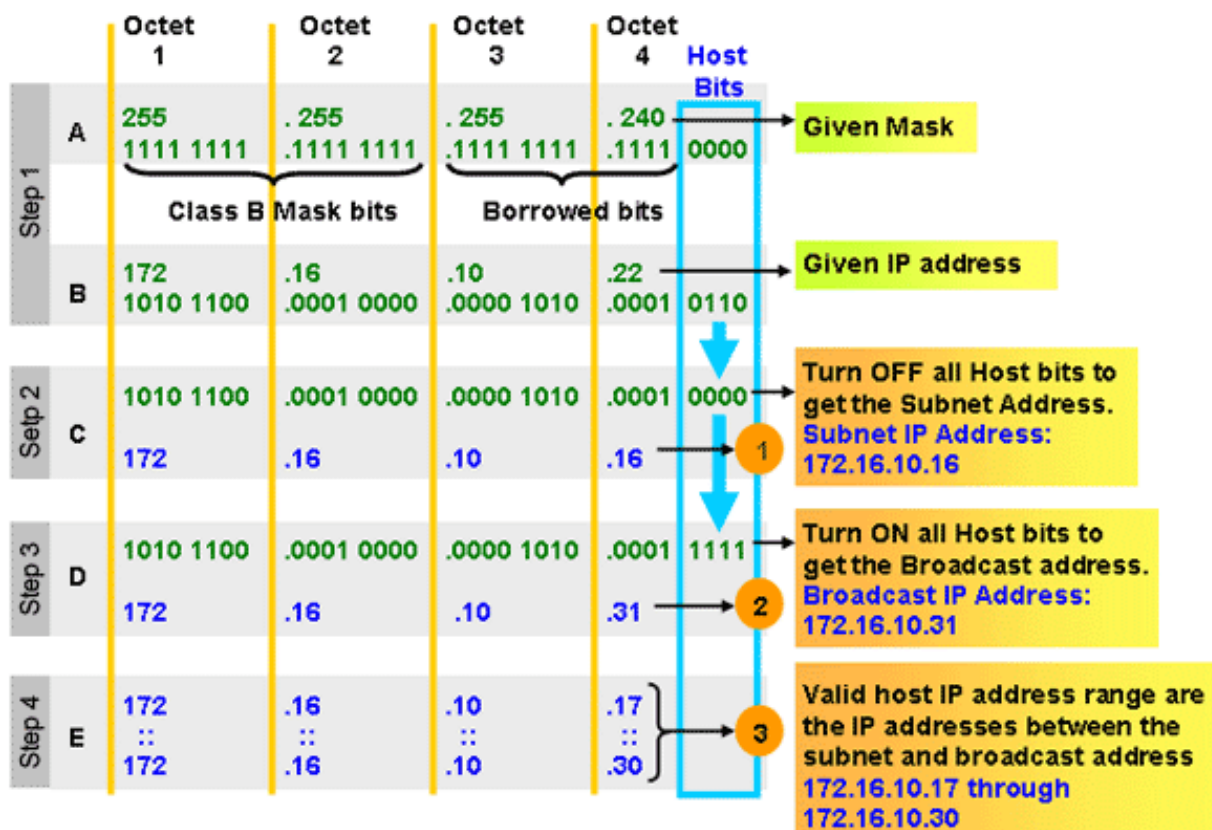
Рис. 5. Разбиение на подсети в Microsoft Excel.

Но, эта методика позволяет узнать лишь начальный адрес подсети, остальные данные необходимо рассчитать на основе этих данных.

Быстрая методика удобна при разбиении сетей с небольшим количеством узлов (сети класса C), но, для сетей с количеством узлов более 256 методика становится неэффективной.

5. Классическая методика разбиения на подсети используемая на курсах CISCO/CCNA.

Деление сети осуществляется присвоением битов из порции адреса хоста к порции адреса сети. Тем самым мы увеличиваем возможное количество подсетей, но уменьшаем количество хостов в подсетях.



Для быстрого подбора требуемых параметров можно воспользоваться таблицами из шпаргалки по IP Subnetting, см. материалы к лабораторной работе.

5.1. Пример разбиения сети на 2 равных по размеру подсети.

Дано. Имеется адрес сети 192.168.1.0/24, требуется разделить сеть на 2 равных по размеру подсети.

Для адресации двух подсетей нам потребуется лишь 1 бит:

$$n \geq \text{LOG}_2(N) = \text{LOG}_2(2) = 1.$$

Запишем адрес в двоичном виде:

$$192.168.1.0/24 = 11000000.10101000.00000001.00000000$$

Заберём от порции хоста $n=1$ бит чтобы получить 2 подсети.

Присвоение одного бита из порции хоста увеличит префикс на один бит: /25. Теперь надо выписать 2 одинаковых IP адреса сети в двоичном виде изменив только присвоенный бит (у первой подсети присвоенный бит будет равен 0, а у второй подсети = 1). Захваченный бит выделен красным цветом.

2 подсети:

- 1) 11000000.10101000.00000001.00000000
- 2) 11000000.10101000.00000001.10000000

Теперь запишем рядом с двоичным видом десятичный, и добавим новый префикс. Красным пометил порцию подсети, а синим – порцию хоста. Получим 2 подсети:

- 1) 11000000.10101000.00000001.00000000 = 192.168.1.0/25
- 2) 11000000.10101000.00000001.10000000 = 192.168.1.128/25

Порция хоста теперь составляет 7 бит. Чтобы высчитать, сколько адресов хостов можно получить используя 7 бит, необходимо воспользоваться формулой расчёта хостов: $N=2^h-2$, где h = количество бит в порции хоста.

$$N = 2^7 - 2 = 126 \text{ хостов.}$$

Для каждой подсети выпишем адреса подсетей (в порции хоста все 0) и широковещательные адреса в этих подсетях (в порции хоста все 1):

- 11000000.10101000.00000001.00000000 = 192.168.1.0/25 (подсеть 1);
- 11000000.10101000.00000001.01111111 = 192.168.1.127/25 (broadcast 1);
- 11000000.10101000.00000001.10000000 = 192.168.1.128/25 (подсеть 2);
- 11000000.10101000.00000001.11111111 = 192.168.1.255/25 (broadcast 2).

5.2. Пример разбиения сети на 4 равных по размеру подсети.

У нас есть адрес сети 192.168.1.0/24, надо разделить сеть на 4 равных по размеру подсети. Эта задача выполняется аналогично предыдущей.

Высчитываем по формуле, сколько нам надо занять бит от хоста: $\text{LOG}_2(4=2^2)=2$. Префикс изменяется с /24 на /26.

4 подсети (захваченные биты выделены шрифтом красного цвета):

- 1) 11000000.10101000.00000001.00000000
- 2) 11000000.10101000.00000001.01000000
- 3) 11000000.10101000.00000001.10000000
- 4) 11000000.10101000.00000001.11000000

Красным отметим порцию подсети, а синим – порцию хоста:

- 1) 11000000.10101000.00000001.00000000 = 192.168.1.0/26
- 2) 11000000.10101000.00000001.01000000 = 192.168.1.64/26
- 3) 11000000.10101000.00000001.10000000 = 192.168.1.128/26
- 4) 11000000.10101000.00000001.11000000 = 192.168.1.192/26

Всё, сеть разделена на 4 подсети.

- 11000000.10101000.00000001.00000000 = 192.168.1.0/26 (подсеть 1)
- 11000000.10101000.00000001.00111111 = 192.168.1.63/26 (broadcast 1)
- 11000000.10101000.00000001.01000000 = 192.168.1.64/26 (подсеть 2)
- 11000000.10101000.00000001.01111111 = 192.168.1.127/26 (broadcast 2)
- 11000000.10101000.00000001.10000000 = 192.168.1.128/26 (подсеть 3)
- 11000000.10101000.00000001.10111111 = 192.168.1.191/26 (broadcast 3)
- 11000000.10101000.00000001.11000000 = 192.168.1.192/26 (подсеть 4)
- 11000000.10101000.00000001.11111111 = 192.168.1.255/26 (broadcast 4)

Порция хоста в каждой подсети составляет 6 бит. $N = 2^6 - 2 = 62$ хоста. Таким способом можно разделить любую сеть на одинаковые по размеру подсети.

5.3. Пример разбиения сети на несколько разных подсетей.

5.3.1. Дано и требуется.

Пусть на предприятии есть три отдела с известным количеством компьютеров в отделах, трафик между отделами требуется логически и физически разделить.

При делении сети на подсети узлы, находящиеся в различных подсетях, не могут взаимодействовать на сетевом уровне напрямую. Для взаимодействия таких узлов предприятию необходим маршрутизатор, пересылающие пакеты между подсетями.

Пусть для большей надёжности имеется 3 маршрутизатора.

Схема сети предприятия из трех маршрутизаторов, трех коммутаторов и с указанием количества узлов в сегментах показана на рисунке 6 ниже.

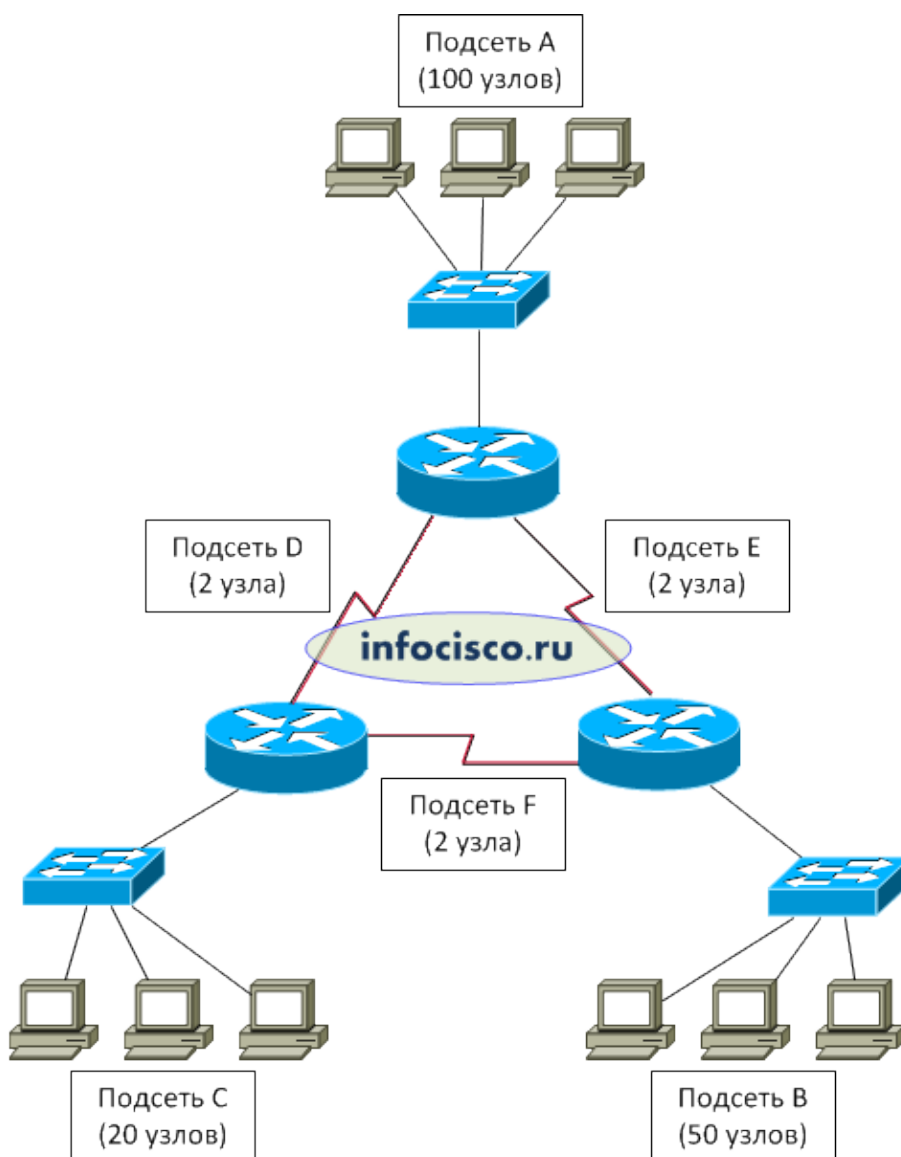


Рис. 6. Пример сети предприятия.

Пусть на всю сеть компании провайдер выделил один блок IP-адресов класса C 192.168.1.0/24, который требуется разделить **на 6 разных по размеру подсетей**.

Требуемое количество узлов в каждой подсети (+1 с учётом адресов маршрутизаторов):

Подсеть А – $(100+1)=101$ узел

Подсеть В – $(50+1)=51$ узел

Подсеть С – $(20+1)=21$ узел

Следует учесть, что каждая пара маршрутизаторов также соединяется между собой отдельной подсетью, поэтому потребуется ещё 3 небольших подсети. Поскольку такие подсети содержат только по два хоста, для них достаточно использовать префикс подсети /30:

Подсеть D - 2 узла

Подсеть E - 2 узла

Подсеть F - 2 узла

5.3.2. Выделяем наибольшую по размеру подсеть А.

Начнём с выделения подсети с максимальным количеством узлов.

В двоичном виде IP-адрес 192.168.1.0/24 выглядит так (порция сети класса С выделена красным цветом):

11000000.10101000.00000001.00000000 .

"/24" - это префикс маски сети (краткая запись маски). Полная запись маски сети 255.255.255.0. В двоичном отображении маска сети выглядит так:

11111111.11111111.11111111.00000000

Нам доступно 8 бит для деления сети на подсети. При подборе требуемого количества битов в маске для заданного количества узлов в подсети можно воспользоваться формулой $h \geq \text{LOG}_2(N)$ или таблицами из шпаргалки по IP Subnetting.

Воспользуемся из шпаргалки таблицей "BIN to DEC").

Для первой подсети А нам требуется выделить IP-адреса для 101 узла.

В таблице "BIN to DEC" мы видим, что заняв в маске один бит из восьми, мы получим 1 бит к порции сети (а это 2 подсети) и 7 битов в порции адреса ($01111111 = 127$). 127 это полное количество адресов в сети с учётом broadcast, что удовлетворяет требуемым 101 (и даже остается несколько адресов про запас).

Если выделить 2 бита, то количество узлов будет 63, что меньше требуемых 101 узлов.

Меняем маску с "/24" на "/25", в двоичном формате это будет:

11111111.11111111.11111111.10000000).

Применим новую маску к нашей сети (побитовая операция AND) и получим 2 подсети (порция сети выделена красным цветом):

Подсеть А - 11000000.10101000.00000001.00000000 (сеть 192.168.0.0/25)

Остаток А - 11000000.10101000.00000001.10000000 (сеть 192.168.0.128/25)

| BIN to DEC | | |
|------------|------|-----|
| 0000 | 0000 | 0 |
| 0000 | 0001 | 1 |
| 0000 | 0011 | 3 |
| 0000 | 0111 | 7 |
| 0000 | 1111 | 15 |
| 0001 | 1111 | 31 |
| 0011 | 1111 | 63 |
| 0111 | 1111 | 127 |
| 1111 | 1111 | 255 |

5.3.3. Выделяем следующую по размерам подсеть В.

Осталась одна подсеть (остаток А) 192.168.1.128/25, требуется из неё выделить 51 адрес для узлов в подсети В. Как и в предыдущий раз, мы видим в таблице "BIN to DEC" 00111111 = 63, это больше 51, а значит удовлетворяет требованиям.

Занимаем еще один бит у порции адреса, остается 6 ($2^6-2=62$). Маска становится на единицу больше /26, применяем её к нашей сети и получаем две новых подсети:

Подсеть В - 11000000.10101001.00000000.10000000 (сеть 192.168.0.128/26)

Остаток В - 11000000.10101001.00000000.11000000 (сеть 192.168.0.192/26)

5.3.4. Выделяем следующую по размерам подсеть С.

Таким же образом отделяем еще 1 бит от порции адреса узла (00011111 = 31, что больше 21, и следовательно нам подходит), маска уже /27. Получим две подсети:

Подсеть С - 11000000.10101001.00000001.11000000 (сеть 192.168.1.192/27)

Остаток С - 11000000.10101001.00000001.11100000 (сеть 192.168.1.224/27)

5.3.5. Выделяем наименьшие по размерам подсети D, E и F.

Выделим узлы для подсетей **более экономично**, чтобы получился остаток (запас адресов предприятия для будущего роста сети).

Осталось выделить 3 подсети по 2 адреса для связи маршрутизаторов. По таблице видим, что нам достаточно для порции адреса узла всего двух битов (00000011 = 3), $2^2-2=2$ адреса для двух узлов.

В свою очередь для трех, одинаковых по размеру, подсетей также достаточно двух битов ($2^2=4$, формула из шпаргалки).

Всего в IP-адресе 32 бита, вычитаем требующиеся нам 2 и получаем 30, следовательно используем маски /30.

Делим Остаток С на 3 подсети:

Остаток С - 11000000.10101000.00000001.11100000 (сеть 192.168.1.224/27)

Подсеть D - 11000000.10101000.00000001.11100000 (сеть 192.168.1.224/30)

Подсеть E - 11000000.10101000.00000001.11100100 (сеть 192.168.1.228/30)

Подсеть F - 11000000.10101000.00000001.11101000 (сеть 192.168.1.232/30)

Остаток 1 - 11000000.10101000.00000001.11101100 (сеть 192.168.1.236/30)

Остаток 2 - 11000000.10101000.00000001.11110000 (сеть 192.168.1.240/28)

Задача деления блока адресов на подсети выполнена.

5.3.6. Полученные подсети:

Подсеть А - 192.168.1.0/25

Подсеть В - 192.168.1.128/26

Подсеть С - 192.168.1.192/27

Подсеть D - 192.168.1.224/30

Подсеть E - 192.168.1.228/30

Подсеть F - 192.168.1.232/30

5.4. Примеры разбиения сетей класса А, В и С на нечетное количество подсетей.

В каждом примере указаны сетевая часть адреса, маска, префикс, broadcast-адрес, посчитано количество узлов в каждой подсети.

Разбиение сети 195.20.0.0/16 класса В на 5 подсетей:

| IP-адрес подсети/префикс | Broadcast в десятичном представлении | Broadcast в двоичном представлении | Кол-во хостов |
|--------------------------|--|------------------------------------|---------------|
| 195.20.0.0/18 | 195.20.63.255 | 195.20.00111111.11111111 | 16382 |
| 195.20.64.0/18 | 195.20.127.255 | 195.20.01111111.11111111 | 16382 |
| 195.20.128.0/18 | 195.20.191.255 | 195.20.10111111.11111111 | 16382 |
| 195.20.192.0/18 | 195.20.255.255 | 195.20.11111111.11111111 | 16382 |
| Маска подсети | 255.255.192.0 11111111.11111111.11000000.00000000 | | |

Теперь разобьём, например, первую подсеть на 2 подсети, т.е. выделим ещё 1 бит (21) в расширенный префикс сети. Т.о. мы получим 2 подсети с маской /19.

195.20.0.0/18

| IP-адрес подсети/префикс | Broadcast в десятичном представлении | Broadcast в двоичном представлении | Хосты |
|--------------------------|--|------------------------------------|-------|
| 195.20.0.0/19 | 195.20.31.255 | 195.20.00011111.11111111 | 8190 |
| 195.20.32.0/19 | 195.20.63.255 | 195.20.00111111.11111111 | 8190 |
| Маска подсети | 255.255.224.0 11111111.11111111.11100000.00000000 | | |

Разбиение сети 211.118.94.0/24 класса С на 3 подсети:

| IP-адрес подсети/префикс | Broadcast в десятичном представлении | Broadcast в двоичном представлении | Кол-во хостов |
|--------------------------|--|------------------------------------|---------------|
| 211.118.94.0/25 | 211.118.94.127 | 211.118.94.01111111 | 126 |
| 211.118.94.128/25 | 211.118.94..255 | 211.118.94.11111111 | 126 |
| Маска подсети | 255.255.255.128 11111111.11111111.11111111.10000000 | | |

211.118.94.128/25

| IP-адрес подсети/префикс | Broadcast в десятичном представлении | Broadcast в двоичном представлении | Кол-во хостов |
|--------------------------|--|------------------------------------|---------------|
| 211.118.94.128/26 | 211.118.94.191 | 211.118.94.10111111 | 62 |
| 211.118.94.192/26 | 211.118.94.255 | 211.118.94.11111111 | 62 |
| Маска подсети | 255.255.255.192 11111111.11111111.11111111.11000000 | | |

Разбиение сети 102.0.0.0/8 на 5 подсетей:

| IP-адрес подсети/префикс | Broadcast в десятичном представлении | Broadcast в двоичном представлении | Кол-во хостов |
|--------------------------|--|------------------------------------|---------------|
| 102.0.0.0/10 | 102.63.255.255 | 102.00111111.11111111.11111111 | 4194302 |
| 102.64.0.0/10 | 102.127.255.255 | 102.01111111.11111111.11111111 | 4194302 |
| 102.128.0.0/10 | 102.191.255.255 | 102.10111111.11111111.11111111 | 4194302 |
| 102.192.0.0/10 | 102.255.255.255 | 102.11111111.11111111.11111111 | 4194302 |
| Маска подсети | 255.192.0.0 11111111.11000000.00000000.00000000 | | |

102.128.0.0/10

| IP-адрес подсети/префикс | Broadcast в десятичном представлении | Broadcast в двоичном представлении | Кол-во хостов |
|--------------------------|--|------------------------------------|---------------|
| 102.128.0.0/11 | 102.159.255.255 | 102.10011111.11111111.11111111 | 2097150 |
| 102.160.0.0/11 | 102.191.255.255 | 102.10111111.11111111.11111111 | 2097150 |
| Маска подсети | 255.224.0.0 11111111.11100000.00000000.00000000 | | |

6. Индивидуальное задание.

6.1. Сформируйте индивидуальный вариант задания.

6.1.1. Генерация IP-адреса узла и префикса подсети для заданий 6.2 и 6.3.

а) Запишите свою фамилию буквами английского алфавита. Должно быть не менее 7 букв, если не хватает, то добавьте нужное количество букв из имени (если не хватит, то повторите из фамилии).

Например, для Ли Юрия будет **LIYURIJS**.

б) Замените первые 7 букв их порядковыми номерами в алфавите, записав номера как двухразрядные десятичные числа.

Например, **12 09 25 21 18 09 10**.

в) Переведите каждое десятичное двухразрядное число в 5 разрядное бинарное число.

Например, **01100 01001 11001 10101 10010 01001 01010**.

г) Крайние правые 3 бита последовательности переведите в десятичную систему счисления, добавьте 19 и получите префикс подсети (от 19 до 26).

Например,

Последовательность: 01100010011100110101100100100101010

Остаток для префикса: 01100010011100110101100100100101010

Получим префикс: **010=2; 2+19=21 → /21**.

е) Первые 32 бита полученной последовательности будут вашим вариантом IP адреса узла в бинарном представлении.

Например,

Последовательность: 01100010011100110101100100100101010

IP-адрес: 01100010011100110101100100100101010~~10~~

Получим IP-адрес **01100010011100110101100100100101**.

ф) Преобразуйте двоичный IP адрес в десятичную 4-октетную нотацию.

Например, если IP адрес задан двоичным 32-битным числом

01100010011100110101100100100101

01100010 . 01110011 . 01011001 . 00100101

98 . 115 . 89 . 37

Получим индивидуальный вариант узла и префикса подсети (суперсети) для заданий 6.2 и 6.3, например: 98.115.89.37/21

6.1.2. Генерация варианта для задания 6.4 (Таблица 1.)

Ваш вариант – это 7-е число из пункта 6.1.1.б), соответствующее порядковому номеру буквы от 01 до 26.

Например, для **LIYURIJS** получится **вариант 10** (номер строки).

6.2. Определите основные параметры заданной подсети.

Для Вашего варианта адреса узла и префикса из пункта 6.1.1 определите следующие параметры подсети (суперсети):

- a. адрес узла в точечно-двоичной нотации,
- b. класс сетевого адреса (традиционный),
- c. маску подсети (или суперсети, если префикс оказался меньше традиционного для класса) в точечно-десятичной нотации,
- d. шаблон для выделения адресов узлов в подсети (в суперсети),
- e. количество узлов в подсети (суперсети),
- f. IP-адрес подсети (суперсети),
- g. IP-адрес шлюза,
- h. IP-адрес первого узла в подсети,
- i. IP-адрес последнего узла в подсети,
- j. IP-адрес широковещательных сообщений для данной подсети.

Рекомендации:

Для подсчета числа узлов в подсети необходимо выполнить 3 операции:

- 1) подсчитать число бит, доступных для использования в идентификаторах узлов;
- 2) перевести это записанное единицами значение в десятичный формат;
- 3) вычесть из полученного числа единицу.

Например, для IP адреса узла в префикс-нотации – 192.168.1.79/26 получим ответ:

192.168.1.79/26

| Nr | Параметр | Значение в Dot-Dec | Значение в Dot-Bin |
|----|------------|--------------------|--------------------------------------|
| a | Address: | 192.168.001.079 | 11000000.10101000.00000001.01 001111 |
| b | Class: | C | |
| c | Netmask: | 255.255.255.192 | 11111111.11111111.11111111.11 000000 |
| d | Wildcard: | 000.000.000.063 | 00000000.00000000.00000000.00 111111 |
| e | Hosts: | 62 | |
| f | Network: | 192.168.001.064 | 11000000.10101000.00000001.01 000000 |
| g | Gateway: | 192.168.001.065 | 11000000.10101000.00000001.01 000001 |
| h | Host Min: | 192.168.001.066 | 11000000.10101000.00000001.01 000010 |
| i | Host Max: | 192.168.001.126 | 11000000.10101000.00000001.01 111110 |
| j | Broadcast: | 192.168.001.127 | 11000000.10101000.00000001.01 111111 |

6.3. Проверьте правильность расчёта параметров подсети.

Выберите какой-либо программный калькулятор IPv4 сетей.

Научитесь использовать его для разбиения IPv4 сетей классов А, В и С на подсети с равным количеством узлов.

Проверьте правильность расчёта параметров подсети IPv4 для Вашего варианта из пункта 6.1.1.

Сделайте Screenshot калькулятора с вашим вариантом.

Выберите какой-либо программный калькулятор IPv6 сетей.

Научитесь использовать его для разбиения IPv6 сетей на подсети с равным количеством узлов.

6.4. Разбейте сеть предприятия на подсети.

Используя схему сети предприятия, приведенную на рис.7, а также, информацию о количестве компьютеров в отделах предприятия (табл.1) для Вашего варианта из пункта 6.1.2, разбейте сеть на соответствующее количество подсетей.

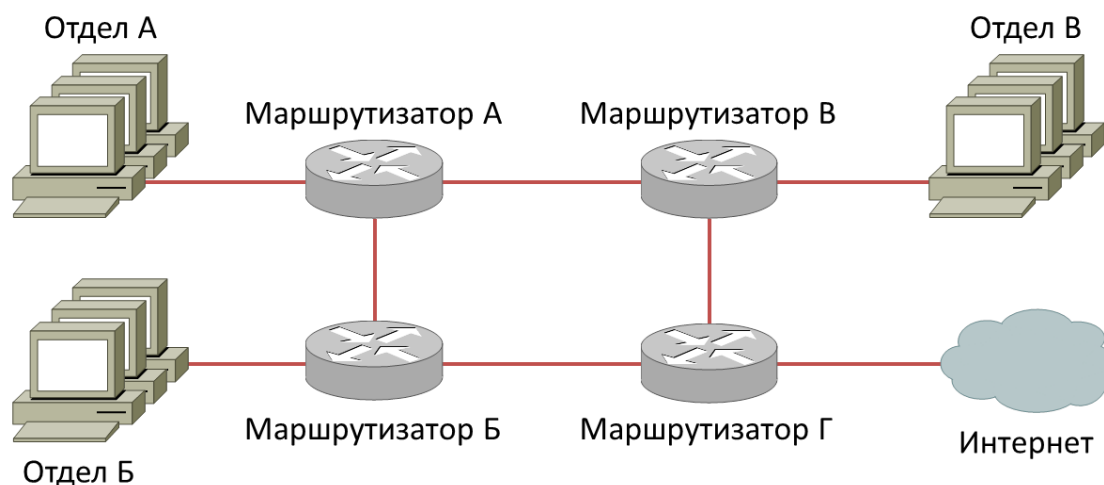


Рис. 7. Схема сети предприятия.

Табл. 1. Варианты заданий

| Вариант | Исходная сеть (блок адресов) | Количество компьютеров в отделах | | |
|---------|------------------------------|----------------------------------|------|------|
| | | А | Б | В |
| 1 | 118.7.50.0 /25 | 7 | 9 | 27 |
| 2 | 39.221.98.0 /25 | 8 | 5 | 18 |
| 3 | 88.27.252.0 /23 | 30 | 9 | 46 |
| 4 | 81.104.216.0 /21 | 48 | 120 | 249 |
| 5 | 7.50.128.0 /19 | 267 | 176 | 678 |
| 6 | 89.151.32.0 /19 | 311 | 246 | 806 |
| 7 | 126.61.74.0 /23 | 8 | 61 | 17 |
| 8 | 36.121.96.0 /19 | 311 | 696 | 226 |
| 9 | 28.54.64.0 /19 | 957 | 153 | 274 |
| 10 | 67.253.1.0 /20 | 365 | 116 | 508 |
| 11 | 77.75.0.0 /18 | 338 | 830 | 1403 |
| 12 | 5.63.168.0 /21 | 119 | 61 | 226 |
| 13 | 85.123.72.0 /21 | 189 | 51 | 72 |
| 14 | 72.241.3.0 /25 | 12 | 7 | 3 |
| 15 | 87.228.68.0 /22 | 26 | 45 | 71 |
| 16 | 46.41.64.0 /18 | 384 | 1535 | 675 |
| 17 | 57.214.86.0 /23 | 63 | 9 | 21 |
| 18 | 74.30.128.0 /19 | 346 | 179 | 732 |
| 19 | 88.61.128.0 /20 | 366 | 77 | 130 |
| 20 | 10.58.180.0 /22 | 30 | 92 | 43 |
| 21 | 112.56.76.0 /22 | 23 | 114 | 60 |
| 22 | 2.78.160.0 /19 | 214 | 443 | 525 |
| 23 | 30.182.64.0 /18 | 624 | 1700 | 358 |
| 24 | 75.39.128.0 /19 | 625 | 219 | 372 |
| 25 | 98.115.89.37 /21 | 48 | 119 | 250 |
| 26 | 35.163.168.0 /21 | 119 | 60 | 224 |

6.4.1. Проведите оптимальное разбиение сети на подсети.

Разбиение должно быть оптимальным, то есть не следует использовать для отдела большую подсеть, если достаточно будет лишь половины такой подсети.

Не забудьте учесть подсети между маршрутизаторами (4 штуки). Всего получим 7 подсетей: A,B,C,D,E,F,G. Подсеть между маршрутизатором Г и Интернет описывать не нужно, так как её параметры и адреса определяет провайдер Интернет.

Нарисуйте итоговую схему сети предприятия с подписанными подсетями, см. пример п. 5.3.

6.4.2. Опишите следующие параметры каждой из 7 подсетей.

- a. адрес подсети (в двоичном виде);
- b. адрес подсети (в десятичном виде);
- c. префикс подсети;
- d. маска подсети (в двоичном виде);
- e. маска подсети (в десятичном виде);
- f. широковещательный (broadcast) адрес подсети;
- g. адрес шлюза для подсети (первый хост);
- h. максимальное количество хостов в подсети;
- i. количество используемых адресов хостов (занятых отделом).
- j. количество неиспользуемых адресов хостов (резерв отдела).

Например,

Subnet A

| Nr | Parameters | Value |
|----|-------------------------|--------------------------------------|
| a | Subnet Address BIN: | 11000000.10101000.00000001.01001111 |
| b | Subnet Address DEC: | 192.168.001.079 |
| c | Subnet Prefix: | 25 |
| d | Subnet mask BIN: | 11111111.11111111.11111111.11 000000 |
| e | Subnet mask DEC: | 255.255.255.192 |
| f | Subnet Broadcast: | 192.168.001.127 |
| g | Subnet Gateway: | 62 |
| h | Subnet Host Count Max: | 34 |
| i | Subnet Host Count Use: | 22 |
| j | Subnet Host Count Free: | 12 |

6.4.3. Опишите нераспределённое пространство адресов (резерв).

- a. адрес и префикс каждого из свободных блоков предприятия.
 - b. соотношение количества резервных адресов к выделенному адресному блоку.
 - c. потери адресов предприятия от разбиение на подсети в штуках (адреса для subnets, broadcasts, gateways, routers).
 - d. потери адресов предприятия от разбиение на подсети в процентах.
-

7. Отчёт по лабораторной работе.

Отчёт предоставляется в электронном виде.

В отчёт включается:

1. ход формирования индивидуального варианта задания от фамилии-имени до итогового адреса, префикса и номера, см. п. 6.1.
2. таблица расчёта всех параметров подсети в точечно-десятичной нотации и двоичном представлении, см. п. 6.2.
3. скриншот проверки расчёта параметров Вашей подсети с использованием IPv4 калькулятора, см. п. 6.3.
4. итоговая схема сети предприятия с подписанными подсетями, см. п. 6.4.1.
5. таблицы с описанием параметров каждой полученной подсети, см. п. 6.4.2.
6. таблица с описанием параметров нераспределённого пространства адресов (резерв предприятия), см. п. 6.4.3.

Оценка.

Оценка 10 баллов: корректно сформированный индивидуальный вариант IP-адреса/префикса и корректно выполненные задания (6.1, 6.2, 6.3, 6.4.1, 6.4.2, 6.4.3).
