

## **Лабораторная работа № 3**

### **Назначение IPv6-адресов на сетевом оборудовании**

**Цель работы:** получить навыки по настройке IPv6-адресов на сетевых устройствах, разобраться в разных типах индивидуальных IPv6-адресов.

По ходу выполнения работы необходимо сформировать отчёт:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Схема подключения устройств.
4. Команды CLI с описанием их действия по настройке local-link IPv6-адресов на маршрутизаторе.
5. Таблица результатов проверки соединения между устройствами сети после выполнения задания 1 (табл.2, табл.3).
6. Команды CLI с описанием их действия по настройке global IPv6-адресов на маршрутизаторе.
7. Таблица назначения адресов подсетей А и В (табл. 5).
8. Таблица результатов проверки соединения между устройствами сети после выполнения задания 2 (табл. 6).

После выполнения работы необходимо ответить на контрольные вопросы (к защите).

### **Теоретическая часть**

#### **Протокол IPv6**

IPv6 представляет собой усовершенствованную версию протокола IPv4, который был разработан еще в 70-х годах XX века. IPv6 призван решить проблему масштабирования сетей и расширить функциональность современных сетевых устройств и приложений. В отличие от IPv4, который содержит 32 бита, IPv6 содержит 128 бит.

#### **Состав IP-адреса в IPv6**

Префикс, или сетевая часть адреса IPv4, может быть обозначен маской подсети в десятичном формате с разделительными точками или длиной префикса (запись с наклонной чертой). Например, IP-адрес 192.170.6.11 с маской подсети в десятичном формате с разделительными точками 255.255.255.0 эквивалентен записи 192.170.6.11/24.

Протокол IPv6 не использует для маски подсети десятичное представление с разделительными точками. Длина префикса обозначает сетевую часть IPv6-адреса с помощью адреса или длины IPv6-префикса. Диапазон длины префикса может составлять от 0 до 128. Традиционная длина IPv6-префикса для локальных и других типов сетей – /64. Это означает, что длина префикса, или сетевая часть адреса, составляет 64 бита, а оставшиеся 64 бита остаются для идентификатора интерфейса (узловой части) адреса (рис.1).



Рис. 1 Упрощённый формат IPv6-адреса

IPv6-адрес можно разделить на три составные части:

- **глобальный префикс (Global routing prefix)** – указывает, в сети какого провайдера находится данный адрес; в настоящее время /48 является префиксом глобальной маршрутизации, который интернет-регистраторы назначают своим заказчикам – корпоративным сетям и индивидуальным пользователям; этого адресного пространства более чем достаточно для большинства заказчиков,
- **идентификатор подсети (Subnet ID)** – определяет подсеть клиента,
- **идентификатор интерфейса (Interface ID)** – эквивалентен узловой части адреса IPv4-адреса, термин используется в том случае, когда один узел может иметь несколько интерфейсов, каждый из которых обладает одним или более IPv6-адресами.

Рассмотрим для примера адрес: **21DA:7654:DE12:2F3B:02AA:EF98:FE28:9C5A**. В нем первые три поля в адресе протокола IPv6 указывают на префикс сайта – **21DA:7654:DE12**. Четвертое поле – **2F3B** – идентификатор подсети. Оставшиеся 4 поля – **02AA:EF98:FE28:9C5A** – идентификатор интерфейса – аналогичен номеру узла в IPv4 и определяет уникальный адрес хоста сети.

Идентификатор интерфейса может формироваться из собственного MAC-адреса устройства с помощью формирования расширенного уникального идентификатора (EUI – Extended Unique Identifier) или изменённого процесса EUI-64.

### Типы адресов IPv6

Существуют различные типы адресов IPv6:

- одноадресные или индивидуальные (Unicast),
- групповые (Anycast)
- многоадресные или групповые (Multicast).

### Типы Unicast-адресов

#### 1) Глобальные

Соответствуют публичным IPv4-адресам. Могут находиться в любом не занятом диапазоне. В настоящее время региональные интернет-регистраторы распределяют блок адресов **2000::/3** (с **2000::** по **3FFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF**).

2) **Link-Local** (внутриканальные или локальные адреса) – адреса сети, которые предназначены только для коммуникаций в пределах одного сегмента местной сети или магистральной линии. Они позволяют обращаться к хостам, не используя общий префикс адреса.

Подсети link-local не маршрутизируются: маршрутизаторы не должны отправлять пакеты с адресами link-local в другие сети.

Адреса link-local часто используются для автоматического конфигурирования сетевого адреса, в случаях, когда внешние источники информации об адресах сети недоступны.

Типичное использование link-local адресов – автоматическое конфигурирование IP-адресов в локальных сетях Ethernet. Адрес из диапазона link-local назначается ОС хоста автоматически в случае недоступности других источников информации, например сервера DHCP.

Начинаются с **FE80:**.

Используются:

- для обнаружения маршрутизаторов.
- для обнаружения соседей (эквивалент ARP для IPv4).
- Как next-hop-адрес для маршрутов.

3) **Unique-Local** (уникальные или частные адреса)

Начинаются с цифр **FCxx:** и **FDxx:**.

### Типы Multicast-адресов

Адреса мультикаст бывают двух типов:

Назначенные (Assigned multicast) – специальные адреса, назначение которых предопределено. Это зарезервированные для определённых групп устройств групповые адреса. Отправляемый на такой адрес пакет будет получен всеми устройствами, входящими в группу.

Запрошенные (Solicited multicast) – остальные адреса, которые устройства могут использовать для прикладных задач. Адрес этого типа автоматически появляется, когда на некотором интерфейсе появляется индивидуальный адрес. Адрес формируется из сети FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104, оставшиеся 24 бита – такие же, как у настроенного индивидуального адреса.

### Формирование Interface ID из MAC-адреса устройства

MAC-адрес содержит 48 бит, в номере узла IPv6 – 64 бита. Для преобразования необходимо добавить 16 бит и инвертировать необходимый разряд.

Сначала для формирования 64-битовой комбинации MAC-адрес делится пополам, посередине вставляется комбинация FFFE.

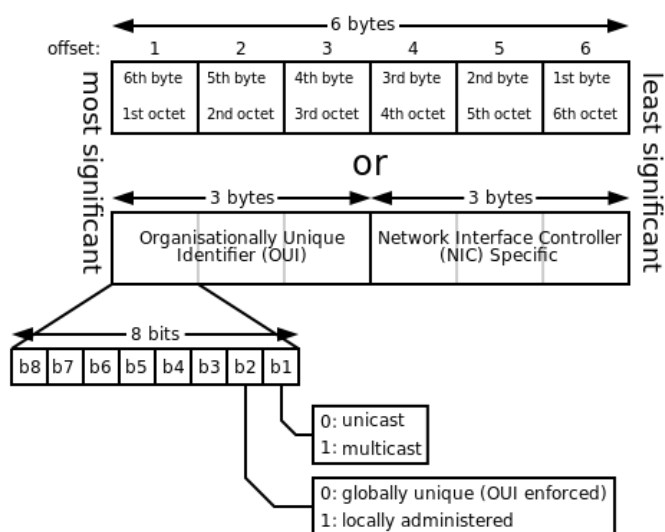


Рис. 2 Формат MAC-адреса (EUI-48)

В MAC-адресе младший бит 6-ого байта называется Individual/Group (рис. 2). Если он равен 0, то адресат – конкретный узел (*unicast*), если 1 – то кадр широковещательный (*multicast*).

Соседний бит - Unique/Local (U/L) – определяет, считается ли этот адрес уникальным или локальным. Если бит равен 0, то адрес соответствует определённой организации (уникальный, *globally unique*). Если равен 1, то, скорее всего, был придуман администратором (локальный адрес, *locally administered*).

Для сокращения получаемого IPv6-адреса бит U/L инвертируется.

По полученному уникальному идентификатору легко проследить перемещение устройства. Для безопасности и приватности в современных ОС на конечных устройствах адреса генерируются случайным образом.

На рис. 3 показан пример преобразования MAC-адреса в EUI-64.

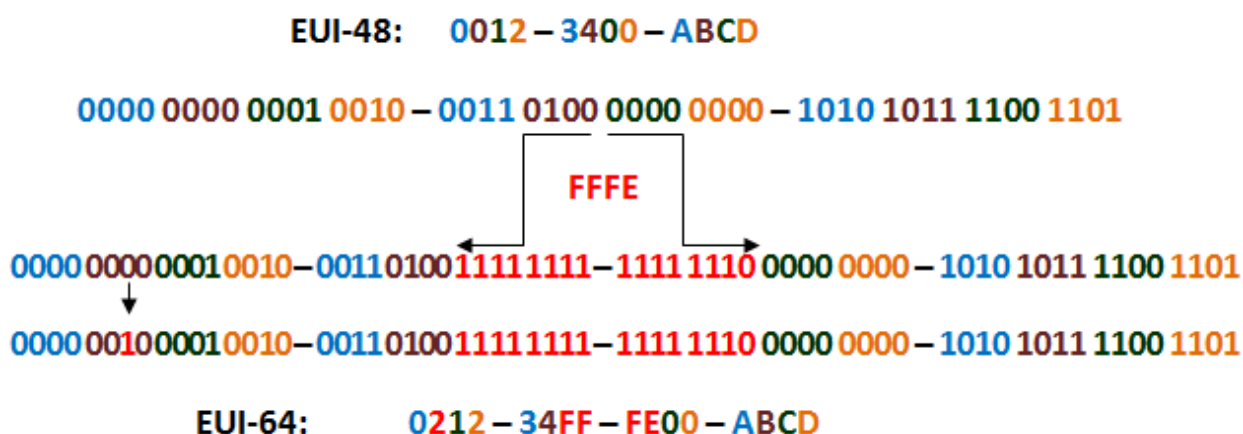


Рис. 3 Преобразование EUI-48 в EUI-64

## Практическая часть

### Пример выполнения задания 1

1. Необходимо построить сеть по топологии на рис. 4. Необходимо использовать оборудование: маршрутизатор серии Cisco 1941, коммутаторы серии Cisco 2950-24, PC по умолчанию (generic).

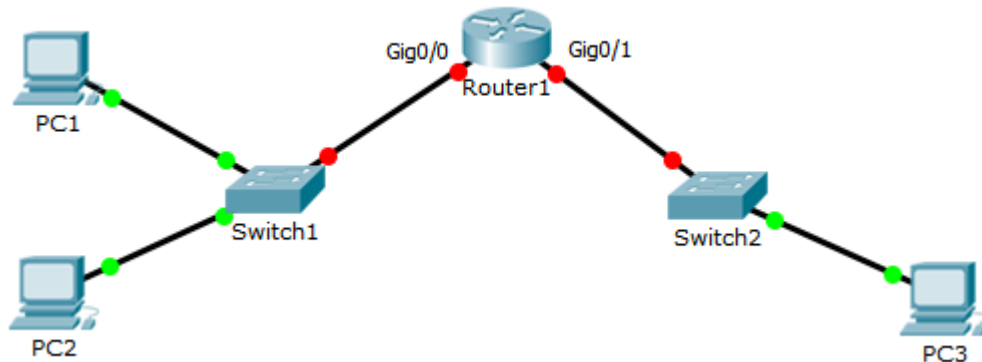


Рис. 4. Сеть для настройки IPv6-адресации

По умолчанию интерфейсы маршрутизатора выключены, чтобы не началась преждевременная настройка сети. Сначала необходимо настроить интерфейсы, только потом включать их.

2. Необходимо настроить локальные IPv6-адреса в подсети А (рис. 5).

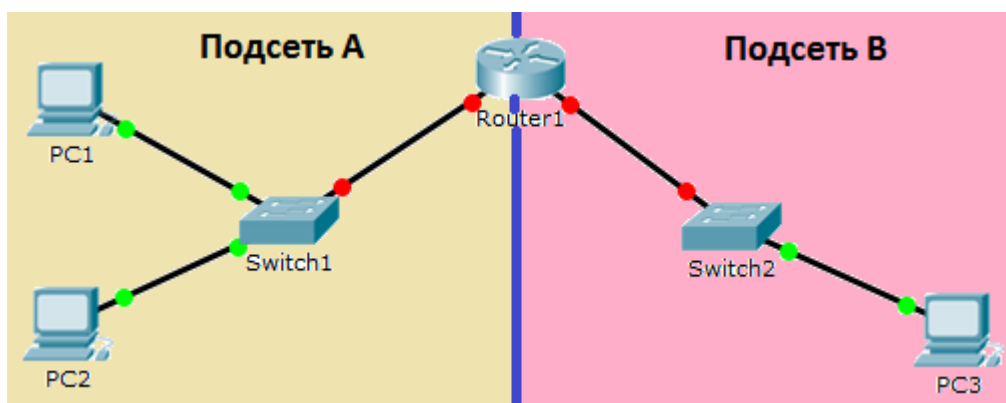


Рис. 5. Сеть для настройки IPv6 с обозначением подключенных сетей

В маршрутизаторе во вкладке CLI отменяем автоматическую конфигурацию в режиме диалога:

```
--- System Configuration Dialog ---
Continue with configuration dialog? [yes/no]: no
```

Нажимаем клавишу 'enter'.

Начинаем работу на маршрутизаторе.

```
router> enable
router# config terminal
```

Отключаем поиск DNS:

```
router(config)# no ip domain-lookup
```

Назначаем имя R1 маршрутизатору:

```
router(config)# hostname R1
```

Для разрешения IPv6-адресации прописываем команду:

```
R1(config)# ipv6 unicast-routing
```

У компьютеров локальные IPv6-адреса конфигурируются автоматически в соответствии с их MAC-адресом (можно посмотреть информацию в каждом PC). На маршрутизаторе локальные адреса необходимо задавать явно.

Для назначения локального адреса для подсети А заходим в Gigabit интерфейс 0/0:

```
R1(config)# interface G0/0
```

Назначаем локальный IPv6-адрес FE80::1 для подсети А:

```
R1(config-if)# ipv6 address FE80::1 link-local
```

После настройки включаем интерфейс:

```
R1(config-if)# no shutdown
```

3. Необходимо настроить локальные IPv6-адреса в подсети В.

Для этого заходим в Gigabit интерфейс 0/1:

```
R1(config)# interface G0/1
```

Так как локальные адреса существуют только в пределах одной подсети, можем назначить такой же локальный IPv6-адрес для подсети В:

```
R1(config-if)# ipv6 address FE80::1 link-local
```

После настройки включаем интерфейс:

```
R1(config-if)# no shutdown
```

4. Проверяем настройку локальных адресов.

С PC1 командой ping проверяем доступность интерфейса маршрутизатора G0/0 (рис.6).

```
Command Prompt

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping fe80::1

Pinging fe80::1 with 32 bytes of data:

Reply from FE80::1: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from FE80::1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from FE80::1: bytes=32 time=0ms TTL=255
Reply from FE80::1: bytes=32 time=0ms TTL=255

Ping statistics for FE80::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 2ms, Average = 0ms

PC>|
```

Рис. 6 Проверка доступности интерфейса G0/0

С PC3 командой `ping` проверяем доступность интерфейса маршрутизатора G0/1.

Оба интерфейса должны быть доступны при правильной настройке локальных адресов на маршрутизаторе.

5. Проверяем доступность между подсетями.

С PC1 командой `ping` проверяем доступность PC3. Для того, чтобы узнать IPv6 адрес PC3 заходим на компьютер и выясняем его IP-адрес командой `ipv6config` (рис. 7).

```
PC>ipv6config

FastEthernet0 Connection: (default port)

Link-local IPv6 Address.....: FE80::201:97FF:FE2A:CE4
IPv6 Address.....: ::/0
Default Gateway.....: ::
DHCPv6 Client DUID.....: 00-01-00-01-46-20-26-D3-00-01-97-2A-0C-E4
```

Рис. 7. Локальный IPv6-адрес PC3

Выделяем локальный адрес и копируем его с помощью контекстного меню (Copy).

В PC1 вводим команду `ping` и вставляем с помощью контекстного меню (Paste) IPv6-адрес PC3 (рис.8).

```
PC>ping FE80::201:97FF:FE2A:CE4

Pinging FE80::201:97FF:FE2A:CE4 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.

Ping statistics for FE80::201:97FF:FE2A:CE4:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
```

Рис. 8. Проверка доступности интерфейса PC3 с PC1 по локальному адресу

Интерфейс FE80::201:97FF:FE2A:CE4 не доступен с PC1, так как локальные адреса могут существовать только в пределах одного канала (одной подсети).

## Пример выполнения задания 2

1. Необходимо настроить глобальные адреса на маршрутизаторе, чтобы обеспечить доступность подсетей А и В друг для друга.

По условию даётся общая сеть с адресом 2001:DB8:ABCD::/64. Чтобы разделить эту сеть на подсети А и В каждой из подсетей назначим адреса подсети (табл. 1).

Таблица 1. Адреса подсетей

Подсеть	IPv6-адрес подсети
А	2001:DB8:ABCD:A::
В	2001:DB8:ABCD:B::

Назначим каждому интерфейсу маршрутизатора R1 адреса нужной подсети. Для настройки берём первый адрес из подсети:

```
R1(config)#interface G0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:DB8:ABCD:A::1/64
```

```
R1(config)#interface G0/1
R1(config-if)#ipv6 address 2001:DB8:ABCD:B::1/64
```

Информацию о настроенной конфигурации можно посмотреть с помощью команды:

```
R1#show running-config
```

Прокрутить информацию до конца можно клавишей 'enter' или 'space'.

Теперь на каждом PC можно настроить AutoConfig и компьютеры автоматически получают адреса из подсетей, смежных с соответствующим интерфейсом маршрутизатора. Например, автоматическая настройка IPv6-адреса на PC3 представлена на рис. 9.

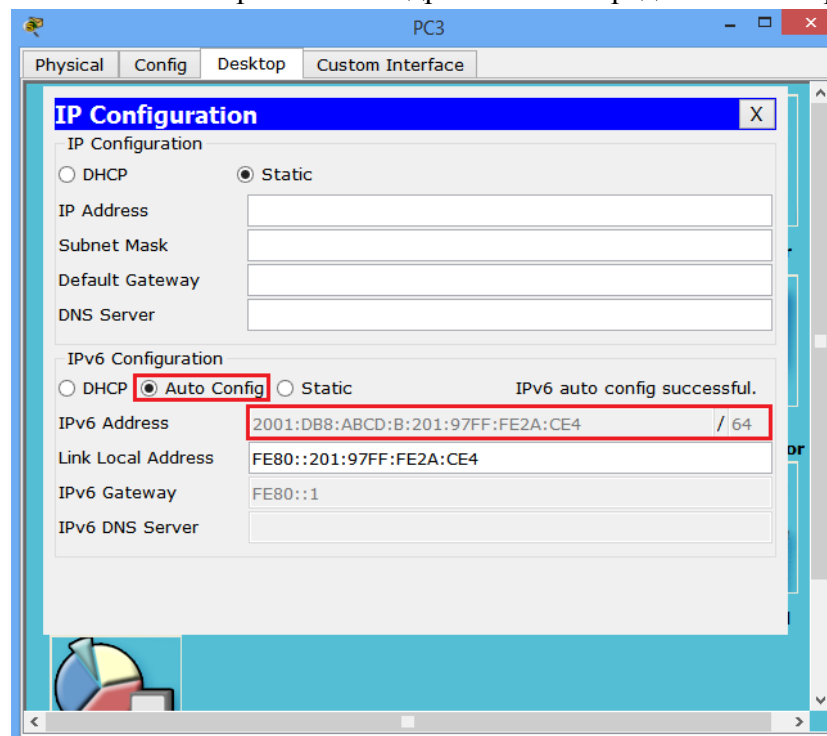


Рис. 9. Автоматическая настройка IPv6-адреса с помощью маршрутизатора на PC3



Обратите внимание, что локальные адреса никуда не делись и шлюз по умолчанию (IPv6 Gateway) остался локальным адресом смежного интерфейса маршрутизатора, который настраивали в задании 1 (FE80::1).

2. Необходимо произвести проверку настройки глобальных адресов.

Проверяем доступность смежных интерфейсов маршрутизатора для каждого PC (например, рис. 10). Для компьютеров каждой подсети должен быть доступен интерфейс маршрутизатора в той же подсети.

```
PC>ping 2001:DB8:ABCD:A::1

Pinging 2001:DB8:ABCD:A::1 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:DB8:ABCD:A::1: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 2001:DB8:ABCD:A::1: bytes=32 time=0ms TTL=255
Reply from 2001:DB8:ABCD:A::1: bytes=32 time=0ms TTL=255
Reply from 2001:DB8:ABCD:A::1: bytes=32 time=0ms TTL=255

Ping statistics for 2001:DB8:ABCD:A::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 3ms, Average = 0ms
```

Рис. 10. Проверка доступности глобального IPv6-адреса интерфейса G0/0 маршрутизатора

Проверяем доступность между компьютерами разных подсетей. Например, проверяем доступность между компьютерами PC1 и PC3 (рис. 12). Сначала узнаём глобальный IPv6-адрес PC3 (рис. 11).

```
PC>ipv6config

FastEthernet0 Connection: (default port)

Link-local IPv6 Address . . . . . : FE80::201:97FF:FE2A:CE4
IPv6 Address . . . . . : 2001:DB8:ABCD:B:201:97FF:FE2A:CE4/64
Default Gateway . . . . . : FE80::1
DHCPv6 Client DUID . . . . . : 00-01-00-01-46-20-26-D3-00-01-97-2A-0C-E4
```

Рис. 11. Глобальный IPv6-адрес PC3

```
PC>ping 2001:DB8:ABCD:B:201:97FF:FE2A:CE4

Pinging 2001:DB8:ABCD:B:201:97FF:FE2A:CE4 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:DB8:ABCD:B:201:97FF:FE2A:CE4: bytes=32 time=12ms TTL=127
Reply from 2001:DB8:ABCD:B:201:97FF:FE2A:CE4: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 2001:DB8:ABCD:B:201:97FF:FE2A:CE4: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 2001:DB8:ABCD:B:201:97FF:FE2A:CE4: bytes=32 time=0ms TTL=127

Ping statistics for 2001:DB8:ABCD:B:201:97FF:FE2A:CE4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 12ms, Average = 3ms
```

Рис. 12. Проверка доступности интерфейса PC3 с PC1 по глобальному адресу

Все PC теперь должны быть доступны по IPv6.

## Задание 1

1. Построить сеть в соответствии с топологией на рис. 13. Использовать оборудование: маршрутизатор серии Cisco 1941, коммутаторы серии Cisco 2950-24, PC по умолчанию (generic). Зарисовать сеть в отчет.

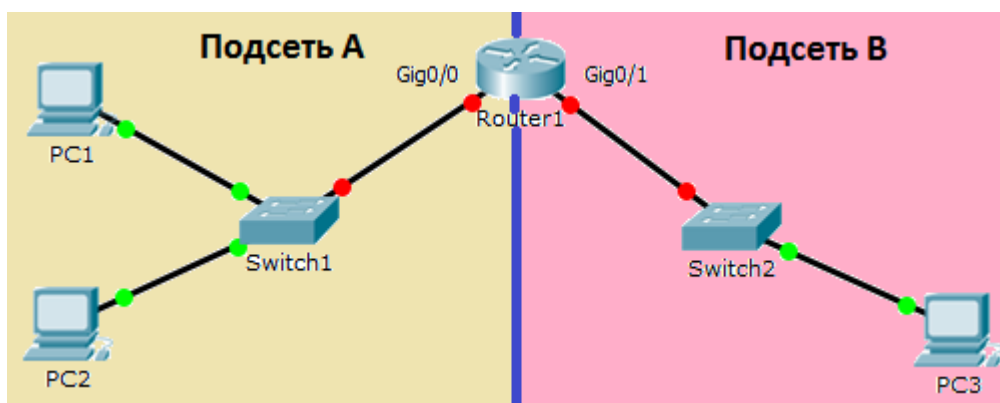


Рис. 13. Топология сети для задания

2. Настроить локальные IPv6-адреса в подсети А.
3. Настроить локальные IPv6-адреса в подсети В.
4. Проверить соединение между каждым PC и интерфейсом маршрутизатора. Заполнить таблицу 2.

Таблица 2

Проверить доступность			Успешный результат команды ping (да/нет)
от интерфейса	до интерфейса		
Название устройства	Название устройства	Локальный IPv6-адрес	
PC1	R1 (G0/0)		
PC2	R1 (G0/0)		
PC3	R1 (G0/1)		

5. Проверить соединение между компьютерами. Заполнить таблицу 3.

Таблица 3

Проверить доступность			Успешный результат команды ping (да/нет)
от интерфейса	до интерфейса		
Название устройства	Название устройства	Локальный IPv6-адрес	
PC1	PC2		
PC1	PC3		
PC2	PC3		

## Задание 2

1. Настроить глобальные адреса на маршрутизаторе по варианту (табл. 4).

Таблица 4

Вариант	Сеть IPv6
1	2001:DB8:1::/64
2	2001:DB8:2::/64
3	2001:DB8:3::/64
4	2001:DB8:4::/64
5	2001:DB8:5::/64
6	2001:DB8:6::/64
7	2001:DB8:7::/64
8	2001:DB8:8::/64
9	2001:DB8:9::/64
10	2001:DB8:A::/64
11	2001:DB8:B::/64
12	2001:DB8:C::/64
13	2001:DB8:D::/64

Заполнить таблицу 5.

Таблица 5

Подсеть	IPv6-адрес подсети
A	
B	

Назначить каждому интерфейсу маршрутизатора R1 адреса нужной подсети. Для настройки необходимо брать первый адрес из подсети.

На каждом PC настроить автоматическую конфигурацию IPv6.

2. Произвести проверку настройки глобальных адресов. Заполнить таблицу 6.

Таблица 6

Проверить доступность			Успешный результат команды ping (да/нет)
от интерфейса	до интерфейса		
Название устройства	Название устройства	Глобальный IPv6-адрес	
PC1	R1 (G0/0)		
PC1	R1 (G0/1)		
PC2	R1 (G0/0)		
PC2	R1 (G0/1)		
PC3	R1 (G0/0)		
PC3	R1 (G0/1)		
PC1	PC2		
PC1	PC3		
PC2	PC3		

### Контрольные вопросы

1. Приведите пример локального адреса.
2. Приведите пример глобального IPv6-адреса.
3. Объясните, почему по локальному адресу невозможно связаться с устройством, находящимся в другой сети.
4. Выпишите идентификатор подсети по Вашему варианту.
5. Переведите MAC-адрес по варианту в IPv6-адрес (табл. 7). Запишите решение и получившийся IPv6-адрес.

Таблица 7

Вариант	MAC-адрес (EUI-48)
1	02-AA-EF-98-FE-28
2	2E-12-2F-3B-02-AA
3	36-50-DE-12-2F-3B
4	01-19-FB-B9-3D-01
5	2F-3B-02-AA-36-02
6	44-7C-89-A9-23-96
7	09-00-2B-00-00-04
8	73-54-D1-72-0F-3B
9	0A-00-27-00-00-2D
10	21-DA-76-54-DE-12
11	BC-EE-7B-4F-7A-7C
12	18-93-BC-1F-09-CE
13	80-56-F2-3F-DA-03