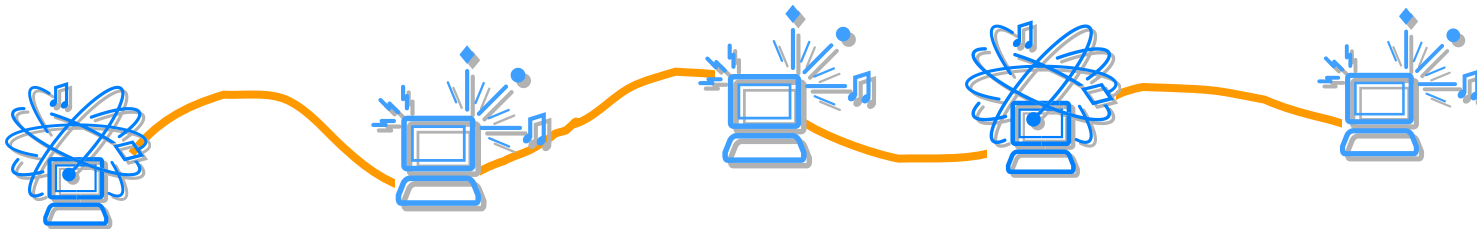




Camada de Rede: Endereçamento e Encaminhamento



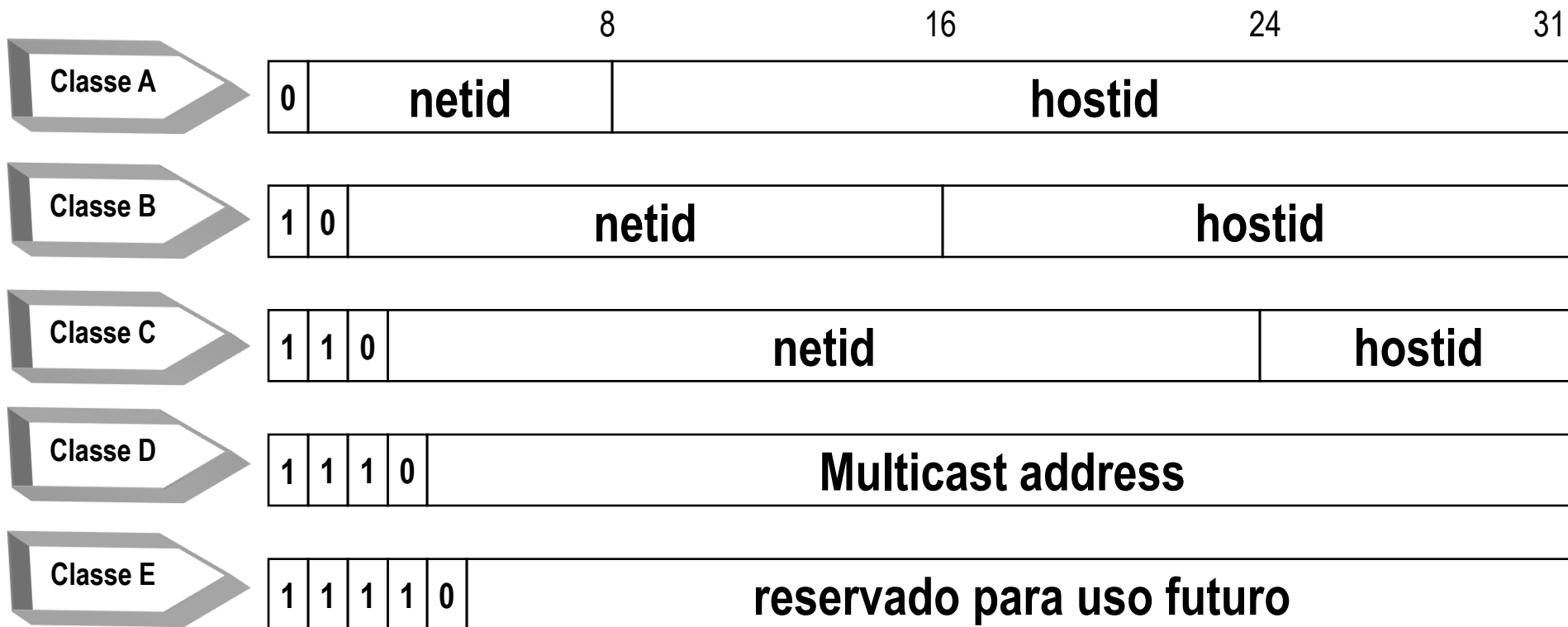
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Departamento de Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de
Computadores

Redes de Computadores

Endereços IP



- Formato das Classes de Endereços IP



Endereços IP



- Limites de cada Classe de Endereços IP

Classe	End. Min.	End. Max.	# Redes	# Hosts
A	1.0.0.0	126.0.0.0	126	16.777.214
B	128.1.0.0	191.255.0.0	16.384	65.534
C	192.0.1.0	223.255.255.0	2.097.151	254
D	224.0.0.0	239.255.255.255		
E	240.0.0.0	247.255.255.255		



- Endereços reservados para uso em redes privadas
 - Podem ser usados internamente em várias redes privadas
 - Não devem circular na Internet
 - 10.0.0.0 ... 10.255.255.255 (/8)
 - 172.16.0.0 ... 172.31.255.255 (/12)
 - 192.168.0.0 ... 192.168.255.255 (/16)
 - 169.254.0.0 ... 169.254.255.255 (/16) [autoconfiguração – link local]
- Endereços unused (não devem ser usados)
 - 0.0.0.0 ... 0.255.255.255
 - 128.0.0.0 ... 128.0.255.255
 - 191.255.0.0 ... 191.255.255.255
 - 192.0.0.0 ... 192.0.0.255
 - 223.255.255.0 ... 223.255.255.255
 - 240.0.0.0 ... 255.255.255.255



- Endereços Especiais e Reservados

net	tudo 0s
-----	---------

Endereço de uma rede

net	tudo 1s
-----	---------

Broadcast directo para uma rede

tudo 1s

Broadcast limitado (rede local)

tudo 0s

Host Local

tudo 0s	host
---------	------

Host na rede local

127	qualquer (normalmente 1)
-----	--------------------------

Loopback

Atribuição de endereços IP

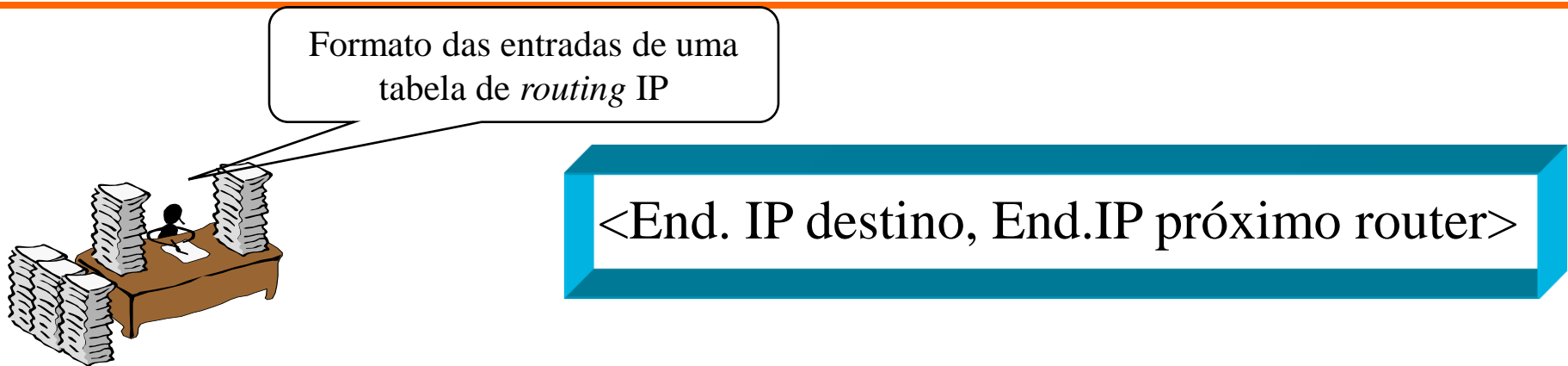


- Entidades que controlam a distribuição dos endereços IP
 - Mundial
 - Internet Information Center (INTERNIC) (www.internic.com)
 - Europa
 - RIPE (Réseaux IP Européens) Network Coordination Centre (www.ripe.net)
 - ISP – Internet Service Provider
- Entidade que controla a unicidade dos endereços IP
 - Mundial
 - Internet Assigned Number Authority (IANA)



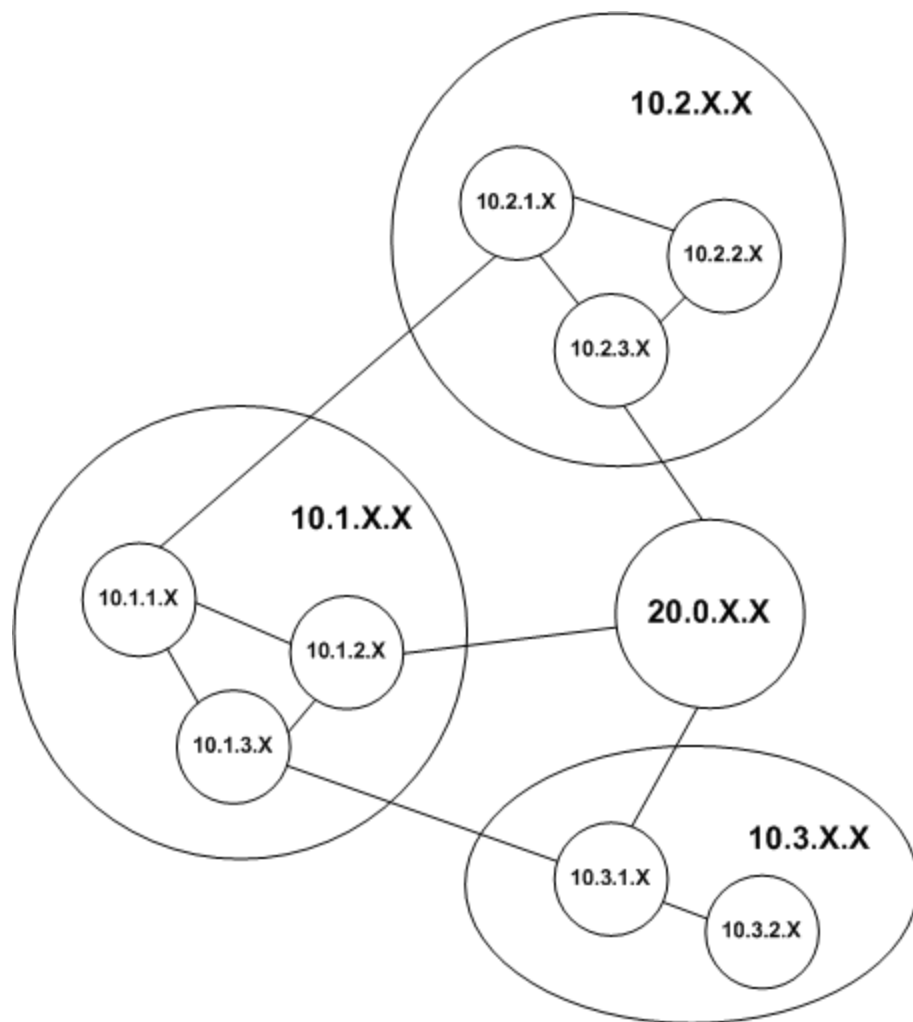
- Características
 - Baseado em tabelas de encaminhamento (*routing*)
 - Efectuado pelos routers e pelas máquinas
 - Complexidade das tabelas preferencialmente nos routers
 - Máquinas - Caminho por omissão (para todos os pacotes)
 - Configuração de encaminhamento estática (manual) ou dinâmica (automática - protocolos)
 - Máquinas com várias interfaces de rede podem fazer encaminhamento (*routers*)

Conteúdo das tabelas de routing

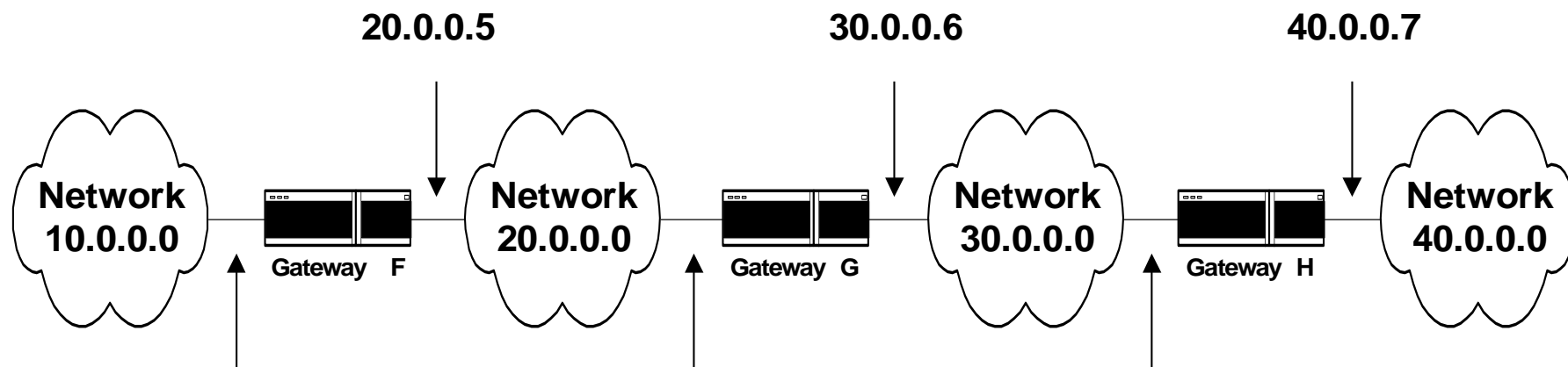


- Caminhos para redes
 - Entradas do tipo < End. IP de rede, End. IP próximo router >
- Caminhos específicos para hosts
 - Entradas do tipo < End. IP host, End. IP próximo router >
- Caminhos por defeito
 - End. IP próximo router.

Endereços de rede e encaminhamento



Encaminhamento IP



10.0.0.5	20.0.0.6	30.0.0.7
Para chegar a <i>hosts</i> nas Redes	Enviar para este endereço	
20.0.0.0	Entrega Directa	
30.0.0.0	Entrega directa	
10.0.0.0	20.0.0.5	
40.0.0.0	30.0.0.7	

**Tabela de Routing
do Router G**

Entrega de Datagramas



- Entrega directa
 - Ocorre quando a máquina destino está na mesma rede física (IP) da máquina origem
 - O datagrama é enviado numa trama física para a máquina com o DA do datagrama IP.
 - Na comunicação entre duas máquinas existe sempre uma entrega directa.
- Entrega indirecta
 - Ocorre quando a máquina destino não está na rede física (IP) da máquina origem
 - O datagrama é enviado numa trama física para um *router*. No entanto o conteúdo do datagrama não é alterado.
 - Na comunicação entre duas máquinas poderão existir 0 ou mais entregas indirectas.

Problemas do endereçamento IP clássico

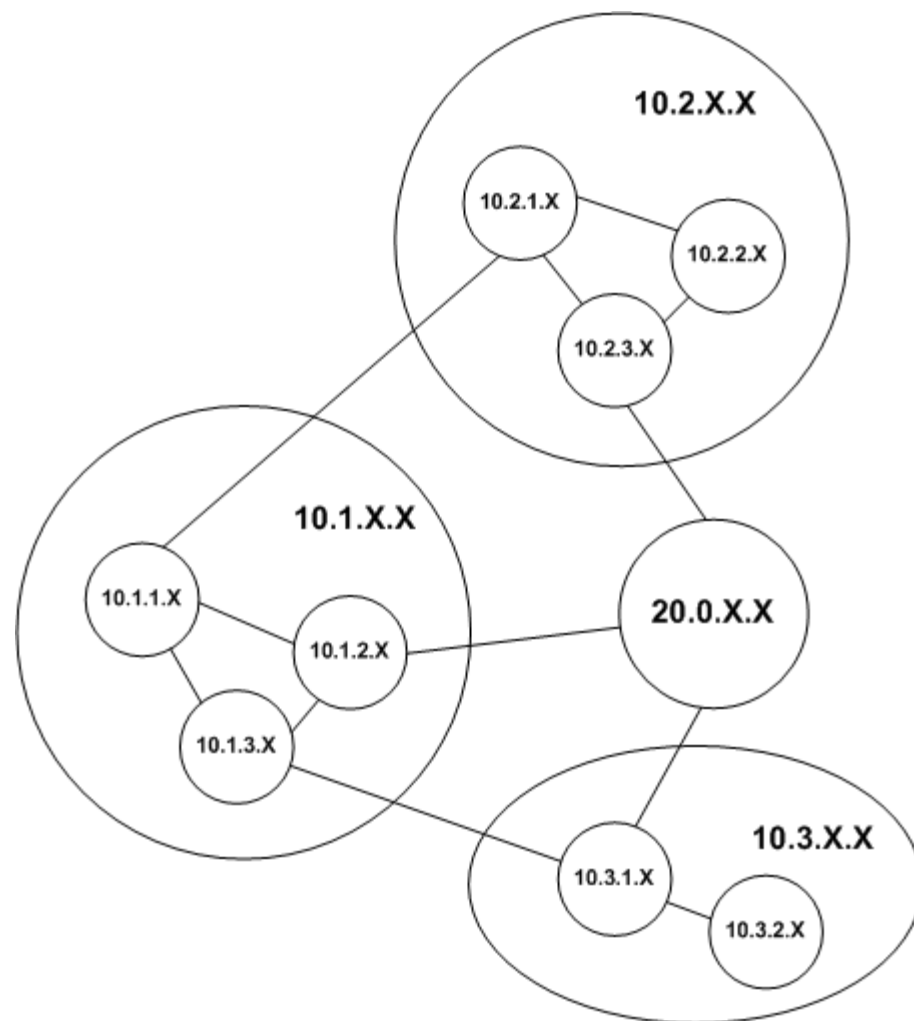


- Quando foi concebido o espaço de endereçamento IP (32 bits) pensava-se que era impossível de esgotar
 - (Face ao número de máquinas e redes que existiam na altura)
- Rapidamente se percebeu que não era bem assim ...
 - O encaminhamento IP obriga a que cada rede física tenha um endereço IP de rede diferente
 - Com a popularização da Internet o número de máquinas e redes cresceu exponencialmente
 - O esquema de classes de endereços é muito pouco flexível
 - Provoca um grande desperdício de endereços

Problemas do endereçamento IP clássico



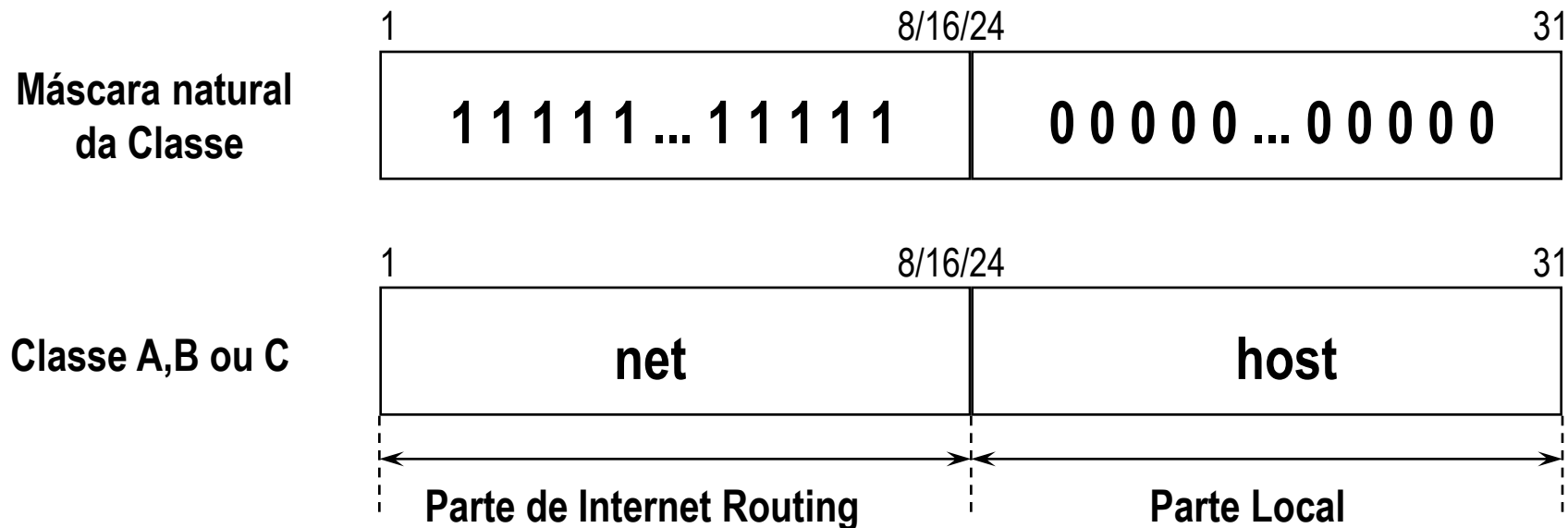
- O esquema de classes de endereços provoca um grande desperdício de endereços
- Uma rede com mais de 254 máquinas necessita de usar um endereço de rede de classe B
 - Endereços de rede classe B são os mais requisitados
- Há muitas redes com mais de 254 máquinas mas com muito menos que 65.500 endereços de máquinas
 - Endereços de rede classe B subaproveitados
- Não há (muitas) redes com 16.777.214 de máquinas
 - Endereços de rede classe A subaproveitados





Máscara de rede (*Subnet Mask*)

- Define onde se situa a divisão do endereço IP em parte de rede (*net*) e parte de máquina (*host*)
 - A máscara tem 1 nos bits que correspondem à parte do endereço que identifica a rede e 0 nos bits que correspondem à parte do endereço que identifica a máquina



Representação da Máscara de rede

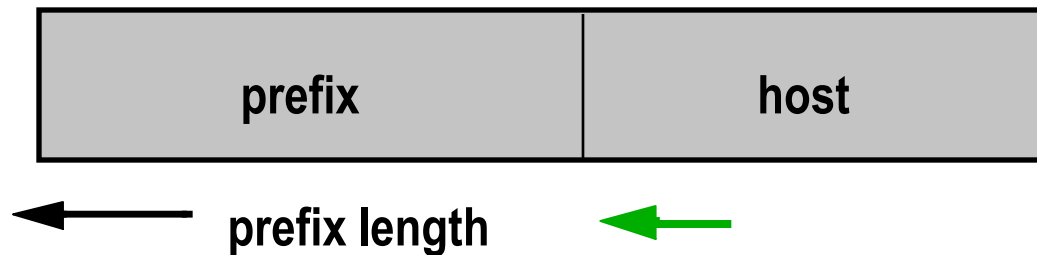


- Notação de pontos (usada nos endereços)
 - Ex.: 193.137.220.0 255.255.255.0
 - Indicação dos bits da máscara em numeração decimal
- Notação CIDR (Classless Inter-Domain Routing)
 - Ex.: 193.137.220.0 / 24
 - Indicação do números de bits a 1 existentes na máscara

Sumarização de Rotas (*Route Aggregation*)



Subnetting:
Criação de
múltiplas subnets
tornando o prefixo
maior



Sumarização:
Sumarização de
múltiplas subnets
tornando o prefixo
mais pequeno

CIDR – Classless Inter-Domain Routing



- Definição: “an Address Assignment and Aggregation Strategy”
- Funcionamento
 - Permite englobar endereços IP em gamas (prefixos)
 - Propõe uma estratégia de atribuição de endereços de rede de acordo com a topologia física e geográfica
 - Atribuição por continente, país, ISP, etc
- Vantagens
 - Permite diminuir as tabelas de encaminhamento dos *routers* que só precisam de ter uma entrada para cada gama
 - Definido nos RFC 1518 e 1519 [Set 1993]
(torna obsoleto o RFC 1338 - *Supernetting*)

Agregação de endereços com CIDR

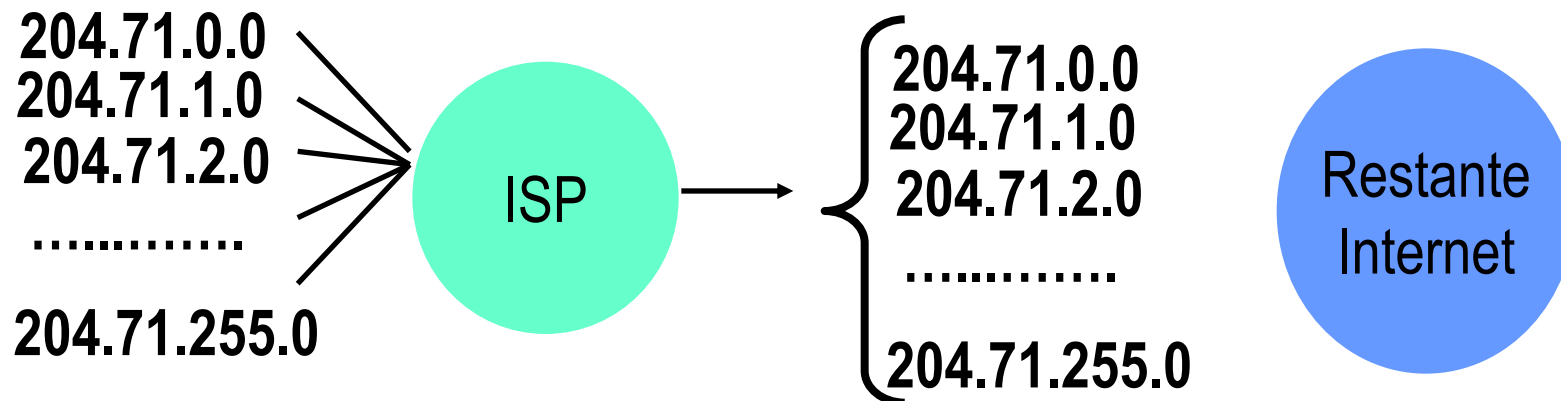


- Para se poder aproveitar a capacidade de agregação de endereços é necessário que estes sejam atribuídos de forma organizada.
- Ex.:
 - Europa 194.0.0.0 a 195.255.255.255 - 194.0.0.0/7
 - EUA 198.0.0.0 a 199.255.255.255 - 198.0.0.0/7
- Simplifica as tabelas de encaminhamento:
 - Nos routers na Europa basta uma entrada na tabela para encaminhar para os EUA e vice-versa.
- Problemas
 - Organizações que são multi-homed (ligadas a vários ISPs)
 - Organizações que mudam de ISP mas não de endereçamento

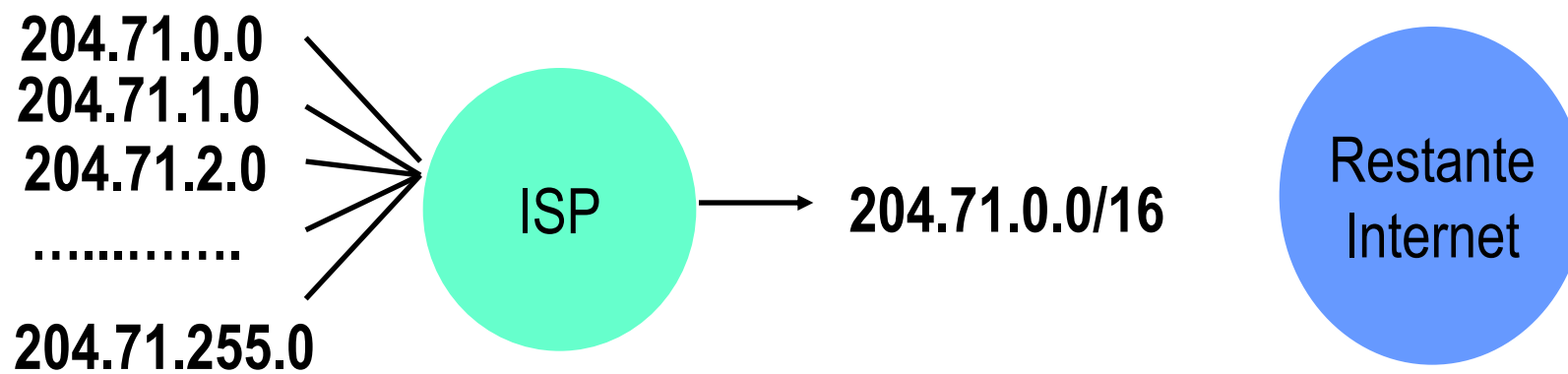
Sumarização e CIDR



- Sem Sumarização



- Com Sumarização



Máscara aplicada nas tabelas de *routing*



- Define um conjunto de endereços IP com os bits de maior peso iguais
- A máscara tem 1 nos bits de maior peso que definem o conjunto de endereços e 0 nos bits que podem variar
- As tabelas de routing passam a ter entradas do tipo:
 - < End. IP ; Máscara; Próximo Router >
- Generalização da tabelas de routing IP iniciais
 - Suporta caminhos específicos para máquinas (255.255.255.255 ou /32)
 - Suporta caminhos para super-redes, redes, e sub-redes (/1 a /31)
 - Suporta caminho por omissão (0.0.0.0 ou /0)

Tabelas de *routing* usando máscaras



- Tipos de entradas de uma tabela de *routing*
 - Caminhos específicos para máquinas (255.255.255.255 ou /32)
 - Caminhos específicos para super-redes (máscara < classe)
 - Caminhos específicos para redes (máscara = classe)
 - Caminhos específicos para sub-redes (máscara > classe)
 - Caminho por omissão (0.0.0.0 ou /0)
- Ordem de selecção das **entradas de uma tabela de *routing***
 - Das entradas mais específicas (maior números de 1 na máscara) para as mais genéricas (menor números de 1 na máscara)

Tabelas de *routing* usando máscaras



<i>Network Address</i>	<i>Netmask</i>	<i>Gateway Address</i>	<i>Interface</i>	<i>Metric</i>
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.9.254	192.168.9.227	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.9.227	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.9.224	255.255.255.224	192.168.9.227	192.168.9.227	1
192.168.9.255	255.255.255.255	192.168.9.227	192.168.9.227	1
224.0.0.0	224.0.0.0	192.168.9.227	192.168.9.227	1
255.255.255.255	255.255.255.255	192.168.9.227	192.168.9.227	1
193.137.220.0	255.255.254.0	192.168.9.253	192.168.9.227	1

- 1. Router por omissão
- 2. Endereço *Loopback* (*Loopback*)
- 3. Endereço IP local (*Loopback*)
- 4. Sub-Rede com 32 endereços classe C (*Directa*)
- 5. Endereço *Broadcast* de Rede (*Directa*)
- 6. Endereços *Multicast* (*Directa*)
- 7. Endereço *Broadcast* limitado (*Directa*)
- 8. Super-Rede com 2 endereços de rede cl. C



- Encaminhamento IP
- Entrega de datagramas directa e indirecta
- Problemas do endereçamento IP clássico
- Máscara de rede/subrede
- Subnetting e superneting
- Sumarização de rotas
- Classless Inter-Domain Routing
- Tabelas de routing
- Utilização de um endereço IP de rede em várias redes físicas/ProxyArp
- Generalização do algoritmo de encaminhamento

Exemplo de Tabela de *routing* (Win2K)



```
C:\WIN2K>route print
```

Active Routes:

Network Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
0.0.0.0	0.0.0.0	141.29.155.254	141.29.155.108	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
141.29.155.0	255.255.255.0	141.29.155.108	141.29.155.108	1
141.29.155.108	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
141.29.255.255	255.255.255.255	141.29.155.108	141.29.155.108	1
200.0.0.0	255.0.0.0	141.29.155.245	141.29.155.108	3
224.0.0.0	224.0.0.0	141.29.155.108	141.29.155.108	1
255.255.255.255	255.255.255.255	141.29.155.108	141.29.155.108	1

Default Gateway: 141.29.155.254

Persistent Routes:

Network Address	Netmask	Gateway Address	Metric
200.0.0.0	255.0.0.0	141.29.155.245	3

Exemplo de Tabela de *routing* (Vista)



IPv4 Route Table

Active Routes:

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	10.10.65.254	10.10.65.37	33
	10.10.64.0	255.255.254.0	On-link	10.10.65.37	281
	10.10.65.37	255.255.255.255	On-link	10.10.65.37	281
	10.10.65.255	255.255.255.255	On-link	10.10.65.37	281
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	192.168.116.0	255.255.255.0	On-link	192.168.116.1	276
	192.168.116.1	255.255.255.255	On-link	192.168.116.1	276
	192.168.116.255	255.255.255.255	On-link	192.168.116.1	276
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.21.1	276
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.116.1	276
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	10.10.65.37	281

Exemplo de Tabela de *routing* (Linux)



```
lmferreira@ipagw:~ > netstat -rn
```

```
Kernel IP routing table
```

Destination	Gateway	Genmask	Flags	MSS	Window	irrt	Iface
10.1.9.0	180.142.85.85	255.255.255.252	UG	40	0	0	eth0
62.48.131.0	172.25.52.252	255.255.255.224	UG	40	0	0	eth1
62.48.128.0	192.168.10.90	255.255.255.224	UG	40	0	0	eth1
141.29.138.128	0.0.0.0	255.255.255.192	U	40	0	0	eth0
192.168.224.0	172.25.52.251	255.255.255.0	UG	40	0	0	eth1
192.168.20.0	180.142.99.100	255.255.255.0	UG	40	0	0	eth0
192.21.71.0	192.168.10.90	255.255.255.0	UG	40	0	0	eth1
200.1.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	40	0	0	eth0
10.66.1.0	180.142.78.74	255.255.255.0	UG	40	0	0	eth0
192.168.1.0	180.142.85.85	255.255.255.0	UG	40	0	0	eth0
172.25.52.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	40	0	0	eth1
192.168.10.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	40	0	0	eth1
195.245.135.0	192.168.10.58	255.255.255.0	UG	40	0	0	eth1
200.2.2.0	180.142.99.101	255.255.255.0	UG	40	0	0	eth0
172.27.0.0	192.168.10.90	255.255.0.0	UG	40	0	0	eth1
172.30.0.0	192.168.10.58	255.255.0.0	UG	40	0	0	eth1
172.28.0.0	192.168.10.90	255.255.0.0	UG	40	0	0	eth1
180.142.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	40	0	0	eth0
141.29.0.0	180.142.79.167	255.255.0.0	UG	40	0	0	eth0
172.29.0.0	192.168.10.58	255.255.0.0	UG	40	0	0	eth1

Exemplo de Tabela de *routing* (Router Juniper ERX)



```
Atenas:tst_qosw_1# sh ip route
```

```
Protocol/Route type codes:
```

```
  I1- ISIS level 1, I2- ISIS level2,
```

```
  I- route type intra, IA- route type inter, E- route type external,
```

```
  i- metric type internal, e- metric type external,
```

```
  O- OSPF, E1- external type 1, E2- external type2,
```

```
  N1- NSSA external type1, N2- NSSA external type2
```

Prefix/Length	Type	Next Hop	Dist/Met	Intf
-----	-----	-----	-----	-----
10.1.1.0/24	Connect	10.1.1.1	0/0	FastEthernet13/0
10.1.9.1/32	Connect	10.1.9.1	0/0	loopback0
10.2.1.0/24	Static	10.7.7.2	1/0	ATM0/2.107070
10.2.9.1/32	I2-I-i	10.7.7.2	115/10	ATM0/2.107070
10.7.7.0/30	Connect	10.7.7.1	0/0	ATM0/2.107070
10.9.1.0/30	Connect	10.9.1.2	0/0	ATM0/3.109010
180.142.0.0/16	Static	10.9.1.1	1/0	ATM0/3.109010

Exemplo de Tabela de *routing* (Router Cisco)



```
GR# sh ip route
```

Codes:

C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

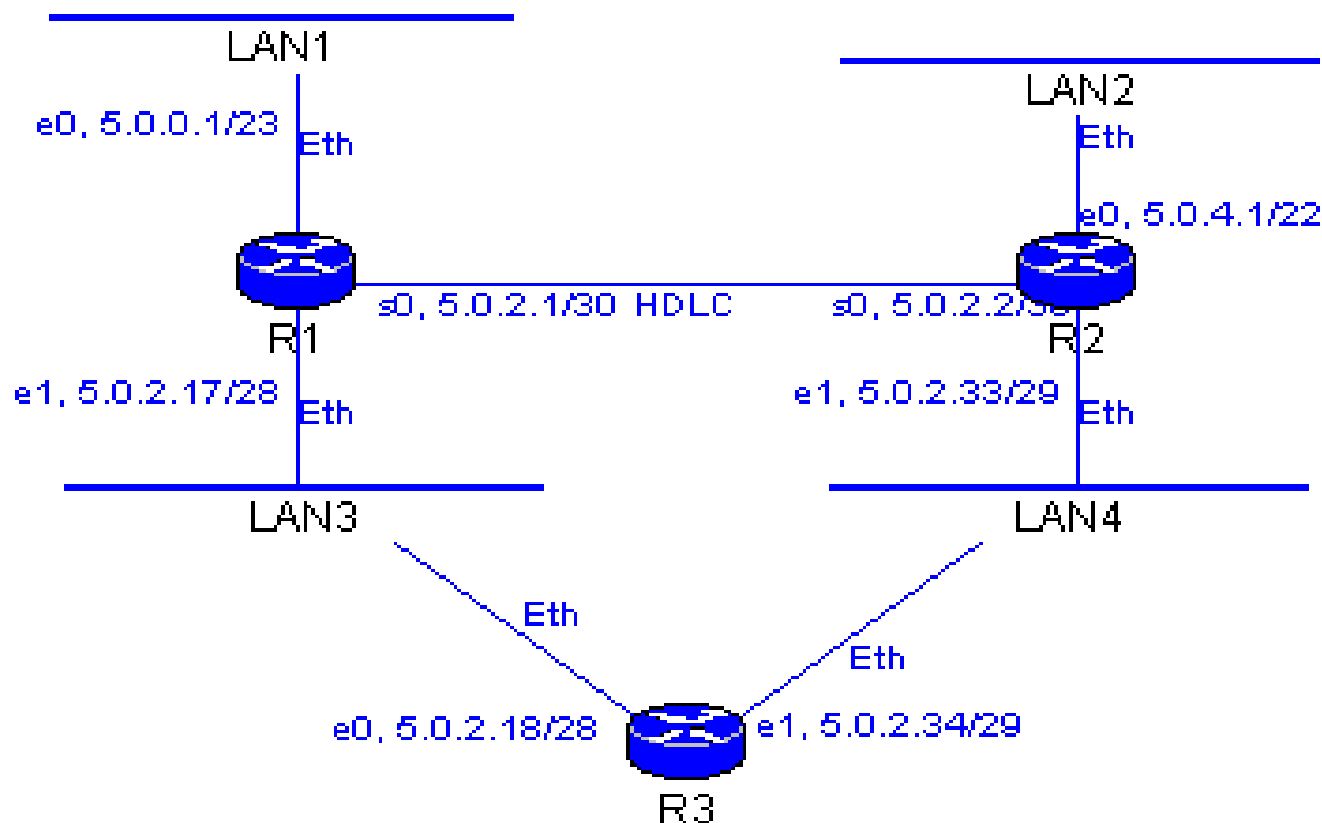
Gateway of last resort is 10.106.48.209 to network 0.0.0.0

```
      10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       10.106.48.208/30 is directly connected, Serial1/0:0
C       10.106.48.192/28 is directly connected, FastEthernet0/1
C      180.142.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0
S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 10.106.48.209
```

Exercício



- Descreva as tabelas de *routing* dos *Routers* (R1, R2 e R3)
 - Assuma que cada *router* conhece todas as rede da figura



Exercício



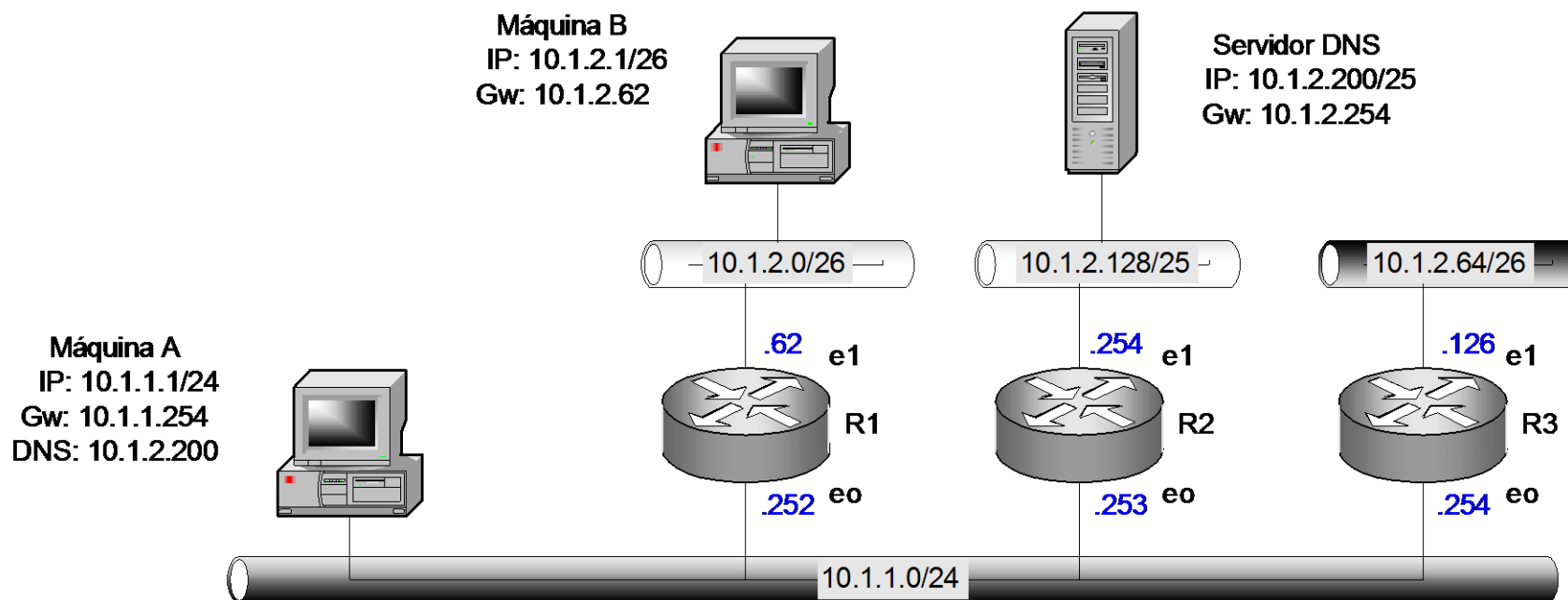
- A partir da tabela de *routing* desenhe uma topologia de rede possível

<i>Network Address</i>	<i>Netmask</i>	<i>Gateway Address</i>	<i>Interface</i>
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.9.254	192.168.9.227
128.1.0.0	255.255.0.0	10.1.1.1	10.1.1.9
192.1.1.226	255.255.255.254	10.1.1.2	10.1.1.9
192.168.9.224	255.255.255.224	192.168.9.227	192.168.9.227
195.16.1.224	255.255.255.240	192.168.9.252	192.168.9.227
223.0.0.0	255.0.0.0	12.18.1.1	12.18.9.27
12.18.0.0	255.255.0.0	12.18.9.27	12.18.9.27
193.137.220.0	255.255.254.0	192.168.9.253	192.168.9.227
10.1.1.0	255.255.224.0	10.1.1.9	10.1.1.9

Exercício



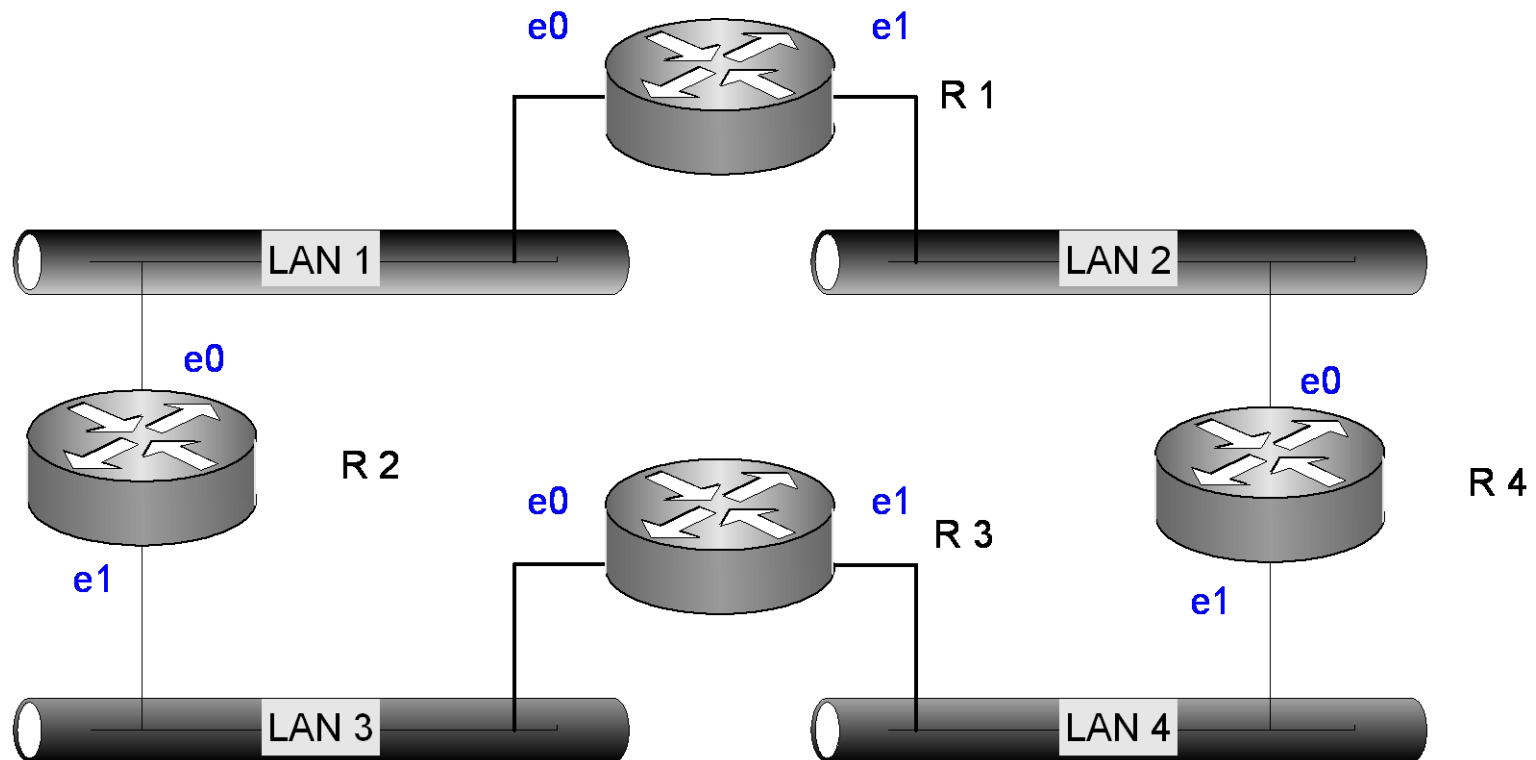
- Descreva as tabelas de *routing* dos *Routers* (R1, R2 e R3)
 - Assuma que cada *router* conhece todas as rede da figura



Exercício



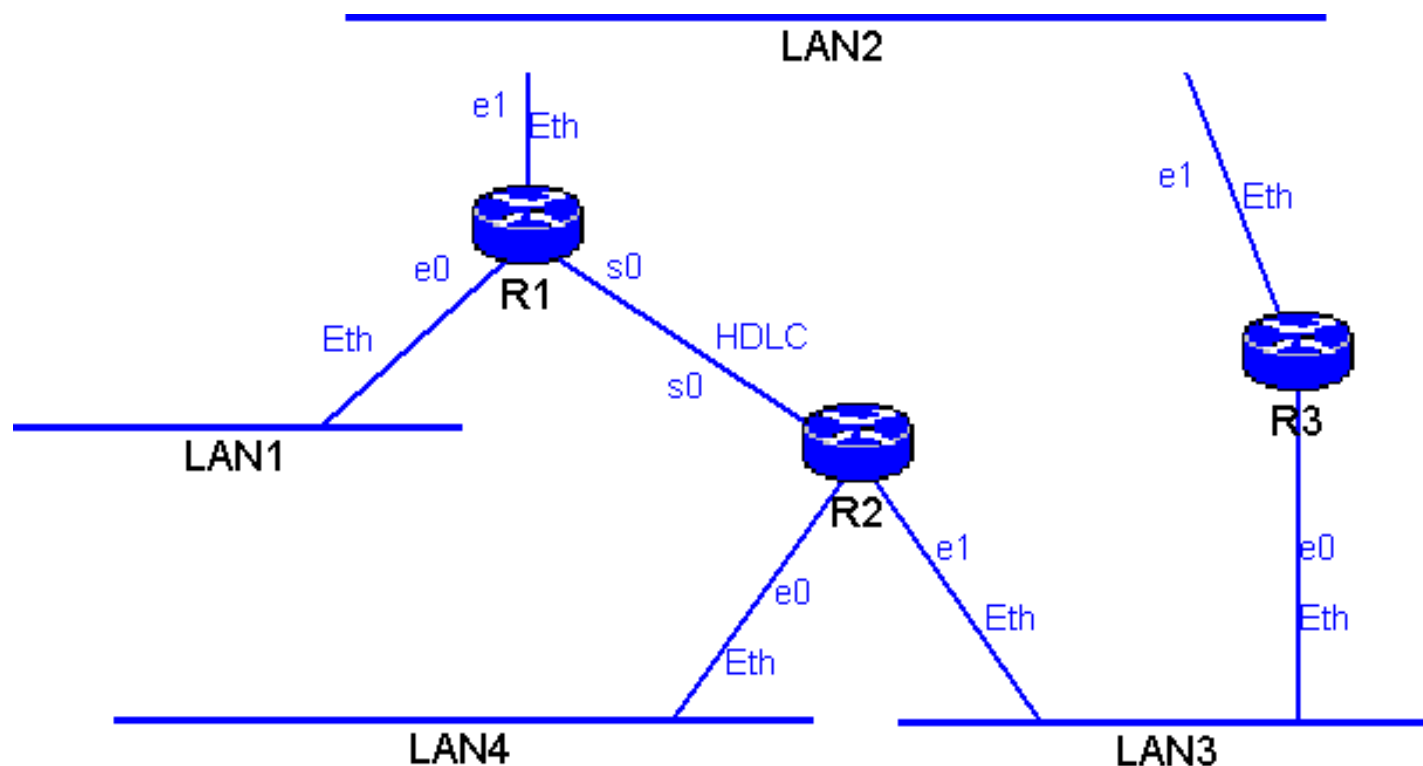
- Distribuição de endereço 192.168.224.0/19 por 4 sub-redes



Exercício: (VLSM)



- Distribuição de um endereço classe C pelas LANs otimizando o número de endereços



Exercício: (VLSM)



- Distribuição do bloco 10.2.128.0/22 pelas LANs otimizando o número de endereços

