

Utilize um caderno separado para responder a cada um dos grupos de questões I e II

I

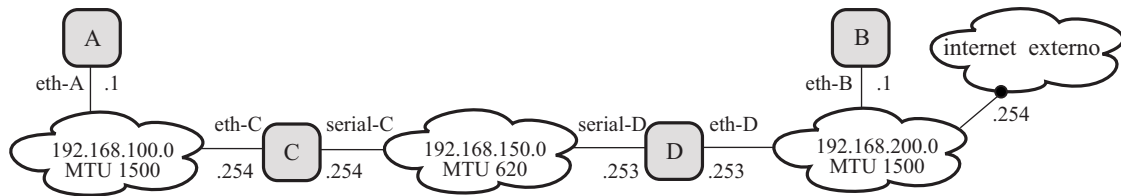
1. Considere as seguintes tabelas de encaminhamento de quatro estações num internet local.

Estação A:	Destino	Próximo salto	Máscara	Interf	MTU
	192.168.100.0	192.168.100.1	255.255.255.0	eth_A	1500
	default	192.168.100.254	0.0.0.0	eth_A	1500
Estação B:	Destino	Próximo salto	Máscara	Interf	MTU
	192.168.200.0	192.168.200.1	255.255.255.0	eth_B	1500
	default	192.168.200.254	0.0.0.0	eth_B	1500
Estação C:	Destino	Próximo salto	Máscara	Interf	MTU
	192.168.100.0	192.168.100.254	255.255.255.0	eth_C	1500
	192.168.150.0	192.168.150.254	255.255.255.0	serial_C	620
	default	192.168.150.253	0.0.0.0	serial_C	620
Estação D:	Destino	Próximo salto	Máscara	Interf	MTU
	192.168.150.0	192.168.150.253	255.255.255.0	serial_D	620
	192.168.100.0	192.168.150.254	255.255.255.0	serial_D	620
	192.168.200.0	192.168.200.253	255.255.255.0	eth_D	1500
	default	192.168.200.254	0.0.0.0	eth_D	1500

- a) Apresente um esquema deste internet que contenha todos os equipamentos e as respectivas indicações de interface físico e IP.
- b) Que alterações poderiam ser feitas ao encaminhamento neste internet local para impedir apenas a estação **A** de ter acesso externo, admitindo que este acesso se faz através do interface 192.168.200.254.
- c) Suponha agora que apenas dispõe do endereço de rede 192.168.100.0 para atribuir a este internet e que deverá fazer *subnetting* com uma distribuição equitativa de endereços de estação por *subnet*.
 - i) Apresente, justificando, as novas tabelas de encaminhamento dessas quatro estações por forma a que o esquema de *routing* se mantenha inalterado.
 - ii) Que vantagens e desvantagens vê na utilização de *subnetting*.
- d) Suponha que a estação **A** envia um datagrama UDP contendo 1500 bytes de dados através do comando `ttcp -t -u -l1500 -n1 -s<end-da-estação-B>`. Diga, justificando:
 - i) quantas tramas são recebidas pela estação **B** resultantes desta acção sabendo que os cabeçalhos IP e UDP são de 20 e 8 bytes respectivamente?
 - ii) quais os endereços MAC presentes nessas tramas? (**Nota:** represente o endereço ethernet da interface eth_X por MAC(eth_X))
 - iii) quais os valores de *fragment offset* e de *more fragments* presentes nos cabeçalhos IP desses fragmentos?

Resolução:

a)



b) A estação **A** só deve poder alcançar as redes 192.168.100.0, 192.168.150.0 e 192.168.200.0. Assim, a sua tabela de encaminhamento deve ser a seguinte:

Destino	Próximo salto	Máscara	Interf	MTU
192.168.100.0	192.168.100.1	255.255.255.0	eth_A	1500
192.168.150.0	192.168.100.254	255.255.255.0	eth_A	1500
192.168.200.0	192.168.100.254	255.255.255.0	eth_A	1500

c) i) Três redes devem ser endereçadas usando apenas o endereço 192.168.100.0. Assim, a máscara deve ser 255.255.255.224 (11111111.11111111.11111111.11100000) para maximizar o número de estações por subrede numa forma equitativa. Das 6 subredes que esta máscara permite definir ($2^3 - 2$) escolhem-se por exemplo as seguintes: 192.168.100.32, 192.168.100.64 e 192.168.100.96 (as restantes subredes não seleccionadas são 192.168.100.128, 192.168.100.160 e 192.168.100.192; as subredes 192.168.100.0 e 192.168.100.224 são reservadas). Um esquema de endereçamento possível seria o seguinte:

Estação A:	Destino	Próximo salto	Máscara	Interf	MTU
	192.168.100.32	192.168.100.33	255.255.255.224	eth_A	1500
	default	192.168.100.62	0.0.0.0	eth_A	1500
Estação B:	Destino	Próximo salto	Máscara	Interf	MTU
	192.168.100.96	192.168.100.97	255.255.255.224	eth_B	1500
	default	192.168.100.126	0.0.0.0	eth_B	1500
Estação C:	Destino	Próximo salto	Máscara	Interf	MTU
	192.168.100.32	192.168.100.62	255.255.255.224	eth_C	1500
	192.168.100.64	192.168.100.65	255.255.255.224	serial_C	620
	default	192.168.100.94	0.0.0.0	serial_C	620
Estação D:	Destino	Próximo salto	Máscara	Interf	MTU
	192.168.100.32	192.168.100.65	255.255.255.224	serial_D	620
	192.168.100.64	192.168.100.94	255.255.255.224	serial_D	620
	192.168.100.96	192.168.100.125	255.255.255.224	eth_D	1500
	default	192.168.100.126	0.0.0.0	eth_D	1500

Reparar que 192.168.100.63, 192.168.100.95 e 192.168.100.127 são os endereços de broadcast para cada uma das subredes escolhidas, e portanto não devem ser atribuídas às interfaces.

ii) O subnetting permite libertar endereços de rede para a internet e poupar em termos económicos uma vez que são requisitados menos endereços para estabelecer um internet local. Também permite reduzir a dimensão das redes, tornando-as mais seguras e fáceis de gerir, bem como o tamanho das tabelas de routing exteriores. Porém a sua utilização implica uma redução do espaço de endereçamento de estações e uma menor clareza no endereçamento, para quem as gere.

d) i) O datagrama UDP com 1500 bytes de dados ao ser encapsulado produziria um datagrama IP de comprimento total $20(\text{header IP}) + 8(\text{header UDP}) + 1500(\text{dados}) = 1528$ bytes. Como $MTU=1500$, a estação **A** terá de produzir dois fragmentos IP: um com 1500 bytes de comprimento total $[20(\text{header IP}) + 8(\text{header UDP}) + 1472(\text{dados})]$ e outro com 48 bytes $[20(\text{header IP}) + (1500-1472=28)(\text{dados})]$. Como a rede 192.168.150.0 tem $MTU=620$, o primeiro fragmento será novamente fragmentado em três: os dois primeiros de comprimento total igual a 620 bytes e o terceiro de comprimento total igual a $20 + (1480-600-600)=300$ bytes. Portanto como resultado da acção do comando, chegam à estação **B** 4 tramas contendo estes fragmentos.

- ii) À estação **B** chegam 4 tramas, cada uma com os seguintes endereços MAC:
endereço origem = MAC(eth_D) (o da interface, na LAN de destino, que originou a trama)
endereço destino = MAC(eth_B) (o da interface, na LAN de destino, à qual a trama é destinada)

iii)

Fragmentos(*)	frag.offset(**)	more fragments
20+8+592	0	1 (porque não é o último fragmento)
20+600	600	1 (porque não é o último fragmento)
20+280	1200	1 (porque não é o último fragmento)
20+28	1480	0 (porque é o último fragmento)

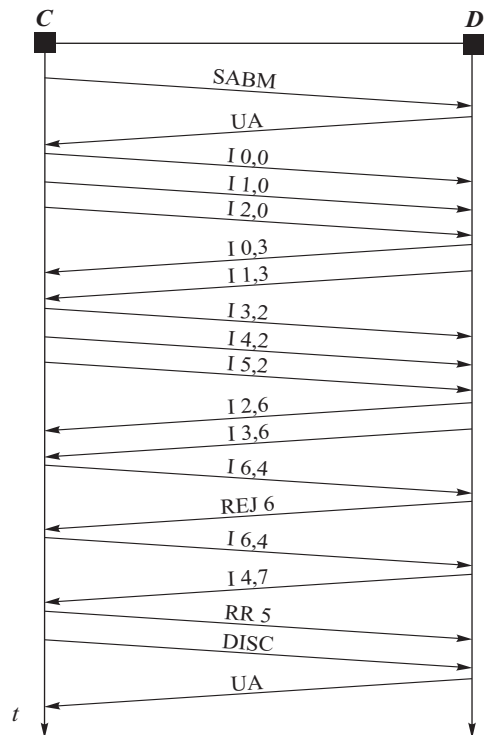
(*) Indicação dos tamanhos dos cabeçalhos IP (e UDP no primeiro) e do campo de dados contidos nos fragmentos recebidos pela estação B.

(**) O fragment offset indica a posição absoluta que o primeiro byte de dados transportado no fragmento IP ocupa no datagrama original, devendo ser múltiplo de 8.

2. Suponha que as estações **C** e **D** do internet local anterior se encontram directamente ligadas por uma linha série onde opera o protocolo de linha HDLC em modo ABM.
- Diga o que entende por modo ABM de operação e em que situações é usado.
 - Estabeleça um diagrama temporal de troca de dados entre as estações **C** e **D** que contemple de forma clara (e identificada no diagrama) os seguintes aspectos:
 - a fase de estabelecimento duma ligação com contagem em módulo-8.
 - uma abertura de janela mínima de 3 na transmissão de **C** para **D**, e de 2 no sentido contrário.
 - C** envia 7 tramas de dados para **D**, e esta envia 5 tramas de dados para **C**.
 - D** recebe uma trama corrompida que deve ser recuperada.
 - Após a transferência correcta de todas as tramas, a ligação termina.
 - REJ** e **SREJ** são duas tramas do tipo **S** que realizam mecanismos ARQ.
 - Qual o objectivo dos mecanismos ARQ e que formas de ARQ aquelas duas tramas permitem realizar.
 - Explique o princípio de funcionamento dessas formas ARQ.
 - Que vantagens e desvantagens apresentam a utilização dessas formas ARQ.

Resolução:

- O modo de operação ABM é usado em configurações de linha ponto-a-ponto, ou seja, em ligações (full ou half-duplex) ponto-a-ponto simétricas, ou equilibradas, não-contenciosas, em que ambas as estações podem enviar comandos e resposta, ditas combinadas. Qualquer das estações pode assumir o controlo da ligação lógica, estabelecer ou terminar uma ligação e controlar o seu fluxo de dados.
- Na figura seguinte mostra-se uma sequência de tramas possível.



- tramas SABM e UA.
- Tramas I 0,0 ; I 1,0 ; I 2,0 e I 3,2 ; I 4,2 ; I 5,2 indicam uma abertura de janela mínima de 3 na transmissão de **C** para **D**. Tramas I 0,3 ; I 1,3 e I 2,6 ; I 3,6 indicam uma abertura de janela mínima de 2 na transmissão de **D** para **C**.
- Assim o mostram as confirmações feitas pelas tramas I 4,7 e RR 5.

- iv) Observado na sequência *REJ 6 + I6,4*.
 - v) *DISC* e *UA*.
- c)
- i) Os mecanismos *ARQ* permitem corrigir os erros que possam ocorrer numa transmissão entre duas estações ao ser pedida, pelo receptor, a retransmissão automática das tramas que chegaram erradas. O *REJ* e o *SREJ* implementam os *ARQs Go-Back-N* e *Selective Reject*, respectivamente.
 - ii) No *ARQ Go-Back-N* são retransmitidas todas as tramas (inclusivé as que chegaram correctas) a partir daquela que chegou ao destino corrompida ou que por time-out terá de ser novamente retransmitida. No *ARQ Selective Reject* apenas é retransmitida a trama que chegou ao destino com erro ou que por time-out terá de ser novamente transmitida.
 - iii) O *ARQ Selective Reject* permite minimizar o número de retransmissões e portanto usa mais eficientemente a largura de banda existente no canal de comunicação do que o *Go-Back-N*. Porém, impõe ao transmissor uma carga de processamento mais elevada (o reenvio de tramas fora de sequência) bem como ao receptor, que deve guardar as tramas correctas e reinserir a trama retransmitida. Por ser de mais fácil realização, o *Go-Back-N* é normalmente o *ARQ* mais utilizado.

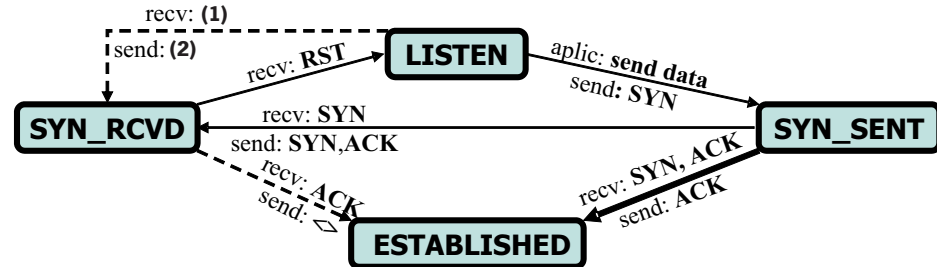
3. a) O cabeçalho de um datagrama ARP possui quatro campos para endereços, dois para endereços protocolares e dois para endereços de hardware. Quais os valores de cada um destes campos num *ARP Request*?
- b) Discuta a validade da seguinte asserção: *Sempre que uma estação tiver de enviar uma trama MAC, deve primeiramente efectuar um ARP Request na LAN.*
- c) Um datagrama ARP com endereço protocolar de destino igual ao endereço protocolar de origem é designado um anúncio ARP (*ARP Announcement*). Qual o significado ou objectivo de um anúncio ARP?
- d) Um *ARP Probe* pode ser utilizado para detectar endereços protocolares repetidos. Explique como o faz.

Resolução:

- a) O campo endereço de hardware de origem toma como valor o endereço MAC do interface da estação pelo qual se efectua o pedido (*Request*) e o campo endereço protocolar de origem toma como valor o respectivo endereço de rede.
O campo endereço de hardware de destino toma o valor *HEX 000000000000* e o campo endereço protocolar de destino toma como valor o endereço de rede do interface do qual se pretende conhecer o endereço MAC.
- b) A asserção é falsa. Só necessita efectuar um *ARP Request* se não encontrar na cache *ARP* a resolução do endereço de rede pretendido, caso contrário, não necessita (embora o possa fazer por outros motivos).
- c) Um anúncio *ARP* é um anúncio assertivo. Tem como objectivo a estação emissora afirmar que o endereço protocolar anunciado lhe pertence.
- d) Um *ARP Probe* é uma inquirição. A estação emissora coloca a zero o campo endereço protocolar de origem e coloca o endereço de rede a resolver no campo endereço protocolar de destino. Ao colocar neste campo o endereço de rede do seu próprio interface está de facto a perguntar se algum outro interface na *LAN* possui o mesmo endereço de rede.

II

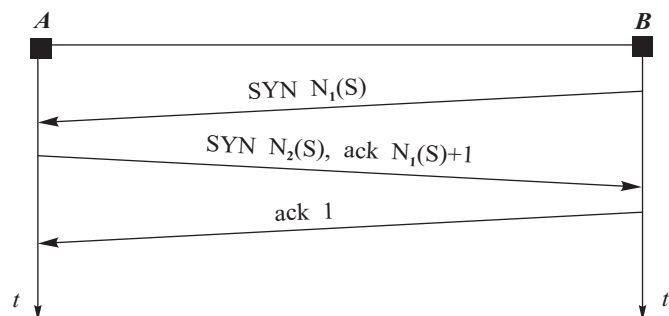
4. A figura representa a parte da máquina de estados do protocolo TCP referente ao estabelecimento de conexões.



- Diga o que se entende por abertura passiva (*passive open*) de uma conexão TCP e qual a respectiva sequência normal de estados.
- Indique qual o evento (1) que determina a transição de estado de **LISTEN** para **SYN_RCVD** bem como a correspondente acção semântica (2). Justifique.
- Suponha que a estação **A** é um cliente e a estação **B** é um servidor. Esboce num diagrama espaço-temporal a troca de segmentos TCP numa abertura passiva de uma conexão por parte do cliente.

Resolução:

- Abertura passiva de uma conexão TCP é a operação pela qual o protocolo é colocado no estado de escuta (**LISTEN**) numa determina da porta a aguardar o estabelecimento de uma conexão TCP nessa porta. A sequência de estados é **CLOSED** → **LISTEN**.
- O evento (1) é a recepção, pelo servidor, de um segmento SYN à qual o servidor responde com o envio de um segmento SYN que também confirma o anterior com a flag **ACK=1**, isto é, (1)=SYN e (2)=SYN,ACK. Trata-se da troca dos dois primeiros segmentos do "three way handshake" que constitui a abertura activa de uma conexão TCP e que levam o protocolo, no servidor, a passar ao estado intermédio **SYN_RCVD**.
- Numa abertura passiva de conexão não há troca de segmentos TCP. A estação A apenas se coloca no estado de **LISTEN** num socket.
Subsequentemente, será a estação B a efectuar aberturas activas. O diagrama de uma abertura activa terá a seguinte forma:



5. A seguinte listagem é o resultado da execução do comando **netstat** num servidor **S**.

Proto	R-Q	S-Q	Local Address	Foreign Address	State	
tcp	0	0	0.0.0.0:111	0.0.0.0:*	LISTEN	(portmap)
tcp	0	0	192.168.90.90:53	0.0.0.0:*	LISTEN	(domain)
tcp	0	0	192.168.89.89:53	0.0.0.0:*	LISTEN	(domain)
tcp	0	0	192.168.90.90:515	0.0.0.0:*	LISTEN	(printer)
tcp	0	0	0.0.0.0:22	0.0.0.0:*	LISTEN	(ssh)
tcp	0	0	192.168.89.89:22	192.168.90.19:32912	TIME_WAIT	
tcp	0	0	192.168.89.89:32859	192.168.90.19:22	ESTABLISHED	

- Quais os serviços disponíveis neste servidor e como os indentificou?
- Discuta a possibilidade da estação 192.168.89.13 usar a impressora de **S**.
- Interprete as duas últimas linhas desta listagem.

Resolução:

- Os serviços disponíveis no servidor são:

Resolução de Nomes ou DNS (domain name system)

Impressão (printer)

Secure Shell (ssh) e

Mapeamento de Portas (portmap).

São identificados pelos números de porta associados aos Local Address das conexões TCP no estado de LISTEN, respectivamente 53, 515, 22 e 111.

- Vê-se na tabela que o servidor tem interfaces nas redes 192.168.89.0 e 192.168.90.0 (coluna Local Address) e que só aceita conexões para impressão recebidas através do interface 192.168.90.90 (4ª linha). Por esta razão e embora a estação 192.168.89.13 esteja na mesma rede que o interface 192.168.89.89 do servidor, ela deverá dirigir os pedidos de impressão ao interface 192.168.90.90. Como há encaminhamento entre as duas redes, como se deduz das duas últimas linhas, é possível a utilização da impressora.
- Linha 6: Uma conexão SSH/TCP iniciada pela estação 192.168.90.19 para o servidor, no interface 192.168.89.89, encontra-se no penúltimo estado de terminação (TIME_WAIT).
Linha 7: Uma conexão SSH/TCP iniciada através do interface 192.168.89.89 do servidor encontra-se estabelecida com a estação 192.168.90.19.