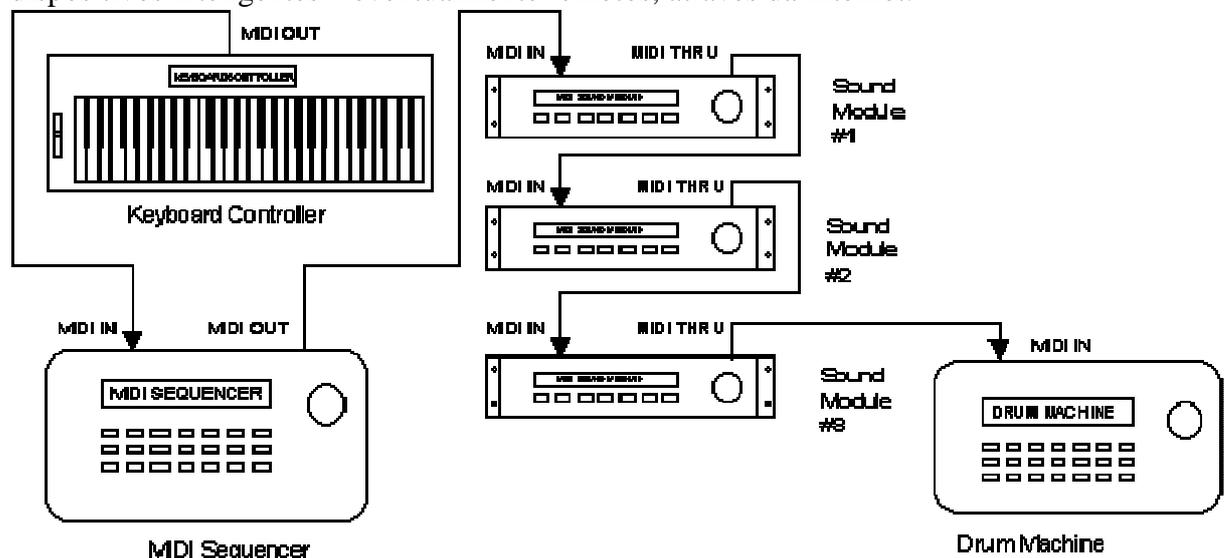


Nota: Justifique cuidadosamente todas as respostas

Duração total da prova: 1ª PARTE + 2ª PARTE: 2h15min

1ª PARTE (13 val.)
(sem consulta)

1. Para uma aplicação de controlo industrial pretende-se analisar a viabilidade de utilizar um *package* cliente-servidor já disponível, desenhado originalmente para trocar mensagens MIDI entre instrumentos musicais com interface digital, mas adaptável a novas situações (vd. <http://midichat.blogspot.com>). Uma situação típica de utilização do MIDI é como se ilustra na figura seguinte, em que uma cascata de dispositivos vai processando e passando mensagens MIDI conforme as atribuições de canais respectivos. Daqui decorre que uma plataforma com uma placa MIDI num PC, dotada de portos MIDI-IN e MIDI-OUT (eventualmente também M.-THRU) pode ser usada como uma base de grande versatilidade (e económica) para controlar dispositivos inteligentes – eventualmente remotos, através da Internet.



An typical (expanded) MIDI System

A aplicação pretende replicar em diferentes locais (no máximo 16) a movimentação de pequenos robôs - exibição, sendo que cada um deles será controlado localmente por um humano em cada local de exibição. Um exemplo ilustrativo daquilo que se pretende fazer é a técnica, muito popular nos efeitos especiais do cinema (p.ex. Jurassic Park), utilizada para animar os movimentos de “animais artificiais” a partir de uma bateria de sensores dispostos numa luva articulada, usada e manobrada por um humano. Dito de outra maneira, em cada local haverá N robôs, dos quais um deles é controlado por uma pessoa no local e os restantes N-1 obedecem a comandos vindos pela Internet (e originados pelos diferentes operadores locais).

Tendo presente a aplicação pedida, discuta os aspectos críticos do protocolo MIDI, apresentado em anexo, sabendo que a aplicação corre sobre TCP/IP e que os locais poderão estar bastante distantes uns dos outros (centenas de km). Proponha um esboço de solução indicando como encapsulará as suas mensagens nas mensagens do protocolo MIDI ao qual teremos de nos cingir de forma que, co algum treino, o *input* dos movimentos do robôs possa ser recolhido por... um simples teclado MIDI.

2. Imagine que, transportado numa máquina do tempo ao séc. XII, dava consigo no interior do Castelo de Guimarães cercado pelo exército de Afonso VII, Rei de Leão. Não acreditando muito nos resultados da iniciativa de seu aio Egas Moniz junto de seu primo, o primeiro rei de Portugal, D. Afonso Henriques, confia-lhe a missão de conceber uma rede industrial que permita uma melhor troca de informações entre a sala de comando operacional instalada na torre de menagem do castelo, e as suas posições de defesa: 7 no castelo e 21 ao longo da muralha da vila. Em cada posição poderá haver ou não uma Besta de Guerra automática, com pontaria feita por servomotores e uma aljava preparada para uma carga de 5000 flechas. Em caso de encravamento, o tenente deve ser avisado por meio de uma mensagem enviada da torre de menagem para o mostrador alfanumérico do terminal com espaço para 36 caracteres. As operações a assegurar pela sua rede serão as seguintes:

- Inquirir de cada posição:
 - o número de homens em condições de combater (há cerca de 7000 no total, considerando a guarnição do castelo e a população da vila sitiada)
 - o estado da Besta de Guerra (se existe lá e se está ou não encravada)
 - o número de flechas disponíveis na aljava de alimentação automática
- Permitir o envio das seguintes ordens padronizadas:
 - Enviar X homens para reforçar a posição Y
 - Ceder N flechas à posição Z (onde estas supostamente escasseiam)
 - Ordem de posicionamento e tiro dada directamente à besta (azimute e elevação discretizados em 1024 posições possíveis), com retorno de relatório simples indicando à menagem o cumprimento da ordem pelo automatismo

Alguns dados que o terminal em cada posição devolverá na resposta são colhidos automaticamente por sensores, outros serão de introdução manual pelo lugar-tenente responsável. Mas esse pormenor não releva para a solução que lhe pedem –deve preocupar-se apenas com o problema da comunicação da informação em segurança e não com os aspectos de interface do terminal com as fontes de dados. Posto isto, considere e dê resposta às questões seguintes.

- a) Discuta os méritos/deméritos de diferentes topologias/tecnologias possíveis para a sua rede, incluindo obrigatoriamente as seguintes: estrela – anel – barramento – sem fios. Não deixe de apontar a sua preferência, justificando.
- b) Proponha um protocolo que garanta a troca dos comandos e dados acima indicados nas melhores condições de segurança e eficiência que lhe pareça possível, tendo presentes as condições operacionais existentes
- c) Determine o valor mínimo do débito binário (*baud-rate*) a que deverão operar as ligações da sua rede de modo a garantir uma amostragem completa de todo o dispositivo defensivo por parte da torre de menagem de 15 em 15 segundos (considere que a percentagem de tempo de uso da rede para outros comandos que não os de monitorização não excederá os 25%)
- d) Nas condições determinadas acima e com uma probabilidade de erro de bit $BER=5*10^{-5}$, estime a probabilidade de um posto ficar mais de 30 s sem actualização do estado na central por falhas na transmissão.

2ª PARTE (7 val.)
(com consulta)

1. Enumere as diferentes camadas que compõem o modelo de referência O.S.I. e descreva as diferentes missões que a cada uma são confiadas. Apresente também um ou dois exemplos de protocolos em que se verifique o colapso de alguma(s) camada(s), discutindo brevemente as razões que terão fundamentado tal opção.
2. Elabore uma breve análise comparativa entre quaisquer dois dos três protocolos seguintes sem fios: ZigBee / Bluetooth / 802.11b wireless LAN.
3. Da bibliografia de leituras aconselhadas para este curso consta o artigo “A comparison of industrial communications networks”, da autoria de Kevin Middaugh, publicado no n.º5 do IEE Transactions on Industrial Applications, vol.29, 5 september/october 1993 – pág.s 846-853. Faça um resumo dos principais critérios aí propostos para o desenho de redes de comunicação industriais. Se assim o entender, faça uma crítica dos métodos propostos em 1993 à luz dos novos desenvolvimentos entretanto verificados e tendências actuais.

Annex 1: MIDI 1.0 Specification Message Summary
Updated 1995 By the MIDI Manufacturers Association

Status	Data Byte(s)	Description
--------	--------------	-------------

Channel Voice Messages [nnnn = 0-15 (MIDI Channel Number 1-16)]

1000nnnn	0kkkkkkk	Note Off event.
	0vvvvvvv	This message is sent when a note is released (ended). (kkkkkkk) is the key (note) number. (vvvvvvv) is the velocity.
1001nnnn	0kkkkkkk	Note On event.
	0vvvvvvv	This message is sent when a note is depressed (start). (kkkkkkk) is the key (note) number. (vvvvvvv) is the velocity.
1010nnnn	0kkkkkkk	Polyphonic Key Pressure (Aftertouch).
	0vvvvvvv	This message is most often sent by pressing down on the key after it "bottoms out". (kkkkkkk) is the key (note) number. (vvvvvvv) is the pressure value.
1011nnnn	0ccccccc	Control Change.
	0vvvvvvv	This message is sent when a controller value changes. Controllers include devices such as pedals and levers. Controller numbers 120-127 are reserved as "Channel Mode Messages" (below). (ccccccc) is the controller number (0-119). (vvvvvvv) is the controller value (0-127).
1100nnnn	0ppppppp	Program Change.
		This message sent when the patch number changes. (ppppppp) is the new program number.
1101nnnn	0vvvvvvv	Channel Pressure (After-touch).
		This message is most often sent by pressing down on the key after it "bottoms out". This message is different from polyphonic after-touch. Use this message to send the single greatest pressure value (of all the current depressed keys). (vvvvvvv) is the pressure value.
1110nnnn	0lllllll	Pitch Wheel Change.
	0mmmmmmm	This message is sent to indicate a change in the pitch wheel. The pitch wheel is measured by a fourteen bit value. Center (no pitch change) is 2000H. Sensitivity is a function of the transmitter. (lllllll) are the least significant 7 bits. (mmmmmm) are the most significant 7 bits.

Channel Mode Messages (See also Control Change, above)

1011nnnn	0ccccccc	Channel Mode Messages.
	0vvvvvvv	This the same code as the Control Change (above), but implements Mode control and special message by using reserved controller numbers 120-127. The commands are:

All Sound Off.

When All Sound Off is received all oscillators will turn off, and their volume envelopes are set to zero as soon as possible.
c = 120, v = 0: All Sound Off
Reset All Controllers.
When Reset All Controllers is received, all controller values are reset to their default values. (See specific Recommended Practices for defaults).
c = 121, v = x: Value must only be zero unless otherwise allowed in a specific Recommended Practice.

Local Control.

When Local Control is Off, all devices on a given channel will respond only to data received over MIDI. Played data, etc. will be ignored. Local Control On restores the functions of the normal controllers.
c = 122, v = 0: Local Control Off
c = 122, v = 127: Local Control On

All Notes Off.

When an All Notes Off is received, all oscillators will turn off.
c = 123, v = 0: All Notes Off
(See text for description of actual mode commands.)
c = 124, v = 0: Omni Mode Off
c = 125, v = 0: Omni Mode On
c = 126, v = M: Mono Mode On (Poly Off) where M is the number of channels (Omni Off) or 0 (Omni On)
c = 127, v = 0: Poly Mode On (Mono Off)
(Note: These four messages also cause All Notes Off)

System Common Messages

11110000 0iiiiiii System Exclusive.
Oddddddd This message makes up for all that MIDI
.. doesn't support. (iiiiiii) is usually a
.. seven-bit Manufacturer's I.D. code. If the
Oddddddd synthesizer recognizes the I.D. code as
11110111 its own, it will listen to the rest of
the message (ddddddd). Otherwise, the
message will be ignored. System Exclusive
is used to send bulk dumps such as patch
parameters and other non-spec data.
(Note: Real-Time messages ONLY may be
interleaved with a System Exclusive.)
This message also is used for extensions
called Universal Exclusive Messages.

11110001 Undefined. (Reserved)

11110010 0IIIIIII Song Position Pointer.
Ommmmmmm This is an internal 14 bit register that
holds the number of MIDI beats (1 beat=
six MIDI clocks) since the start of
the song. I is the LSB, m the MSB.

11110011 0sssssss Song Select.

The Song Select specifies which sequence or song is to be played.

11110100 Undefined. (Reserved)

11110101 Undefined. (Reserved)

11110110 Tune Request.
Upon receiving a Tune Request, all analog synthesizers should tune their oscillators.

11110111 End of Exclusive.
Used to terminate a System Exclusive dump (see above).

System Real-Time Messages

11111000 Timing Clock.
Sent 24 times per quarter note when synchronization is required (see text).

11111001 Undefined. (Reserved)

11111010 Start.
Start the current sequence playing. (This message will be followed with Timing Clocks).

11111011 Continue.
Continue at the point the sequence was Stopped.

11111100 Stop.
Stop the current sequence.

11111101 Undefined. (Reserved)

11111110 Active Sensing.
Use of this message is optional. When initially sent, the receiver will expect to receive another Active Sensing message each 300ms (max), or it will be assume that the connection has been terminated. At termination, the receiver will turn off all voices and return to normal (non-active sensing) operation.

11111111 Reset.
Reset all receivers in the system to power-up status. This should be used sparingly, preferably under manual control. In particular, it should not be sent on power-up.