

I.

- a) Draw the amplitude spectrum of a harmonic sound having fundamental frequency 500 Hz. Mark the fundamental mode and the overtones to the picture. (4 p.)
- b) Mention a sound synthesis method which can be used to generate the above sound, explain shortly how its parameters should be chosen in order to produce the sound. (2 p.)

II.

- a) What dithering does in AD-conversion? How does it affect the signal-to-noise ratio? How does it affect the perceptual quality of a sound? (3 p.)
- b) What spectrum shaping of quantization noise does in AD-conversion? How does it affect the perceptual quality of sound?
- c) Mention two weighting curves that can be used in spectrum shaping of quantization noise. (1 p.)

III.

The transfer function of an audio effect is  $H(z) = \frac{1}{1 - 0.5z^{-100}}$ .

- a) Draw the block diagram of the effect. (1 p.)
- b) Draw roughly the first 300 samples of the impulse response of the effect so that the most important properties of the response are visible. (2 p.)
- c) The effect is used to model room impulse response, and the sampling frequency is 10 kHz. Calculate the reverb time  $T_{60}$  caused by the effect. (3 p.)

IV. Available is a low-order low-pass filter  $H_{LP}$  having cut-off frequency 200 Hz. The transfer function of the effect is known.

- a) Using  $H_{LP}$  design a shelving filter which boosts frequency band 0..200 Hz by 10 dB. You can design either a continuous-time or discrete-time filter. Express the transfer function  $H(s)$  or  $H(z)$  of the designed filter and calculate the unknown parameters. (4 p.)
- b) Draw the amplitude response of the shelving filter as a function of frequency. (1 p.)
- c) Express how the transfer function has to be modified in order to get a shelving filter which cuts the frequency band 0..200 Hz by 10 dB. (1 p.)

V.

- a) What is the main principle in perceptual audio coding which is used to achieve compression? What is the phenomenon of the human auditory system that the above principle is based on? In what kind of situations the phenomenon occurs? (3 p.)
- b) Mention three other methods which can be used to achieve compression in perceptual audio coding. Explain shortly why the methods achieve compression. (3 p.)

I.

- a) Piirrä jonkin harmonisen äänen amplitudispektri jolla on 500 Hz perustaajuus. Merkitse kuvaan äänen perusmoodi ja ylä-äänekset. (4 p.)  
b) Mainitse jokin äänisynteesimenetelmä jolla voidaan tuottaa yllämainittu ääni, ja selitä lyhyesti miten menetelmän parametrit pitää valita jotta ylläoleva ääni voidaan tuottaa. (2 p.)

II.

- a) Mitä ditherointi tekee AD-muunnoksen yhteydessä? Miten se vaikuttaa signaali-virhe suhteeseen? Entä äänen kuultavaan laatuun? (3 p.)  
b) Mitä kvantisointikohinan spektrin muotoilu tekee AD-muunnoksen yhteydessä? Miten se vaikuttaa äänen kuultavaan laatuun? (2 p.)  
c) Mainitse kolme kuluttajalaitetta joissa käytetään kuulon malleihin perustuvaa audiokoodausta. (1 p.)

III.

Audiodiektin siirtofunktio on  $H(z) = \frac{1}{1 - 0.5z^{-100}}$ .

- a) Piirrä diektin lohkokkaavio (1 p.)  
b) Piirrä diektin impulssivaste 300 ensimmäisen näytteen osalta karkeasti siten, että vasteen tärkeimmän ominaisuudet ovat näkyvissä. (2 p.)  
c) Diektiä käytetään huonevasteen mallintamiseen, kun näytteenottotaajuus on 10 kHz. Laske mikä on diektin aiheuttama jälkikaiunta-aika  $T_{60}$ ? (3 p.)

IV.

Käytössäsi on matala-asteinen alipäästösuodatin  $H_{LP}$  jonka rajataajuus on 200 Hz, ja siirtofunktio on tiedossa.

- a) Suunnittele  $H_{LP}$ :ta hyväksi käyttäen hyllysuodatin joka korostaa 10 dB:llä taajuuskaistaa 0..200 Hz. Voit suunnitella joko jatkuva-aikaisen tai diskreettiaikaisen suodattimen. Esitä suunnittelemasi suodattimen siirtofunktio  $H(s)$  tai  $H(z)$  ja laske sen puuttuvat parametrit. (4 p.)  
b) Piirrä hyllysuodattimen amplitudivaste taajuuden funktiona. (1 p.)  
c) Esitä miten siirtofunktiota muokkaamalla saat suodattimen joka leikkaa 10 dB:llä taajuuskaistaa 0..200 Hz. (1 p.)

V.

- a) Mikä on pääperiaate jolla kuulon malleihin perustuvassa audiokoodauksessa saavutetaan pakkausta? Mihin ihmis-kuulon ilmiöön se perustuu? Missä tilanteissa ilmiötä esiintyy? (3 p.)  
b) Mainitse kolme menetelmää joilla audiokoodauksessa saavutetaan lisätehokkuutta a-kohdan periaatteen lisäksi. Kerro lyhyesti mihin oletuksiin kunkin menetelmän toiminta perustuu. (3 p.)