

Viikkotehtävä 1

Palauta vastauksesi tähän viikkotehtävään kurssin Moodle-oppimisympäristössä tiistaina 4.8.2020 kello 13.59 mennessä pdf-tiedostona. Huomioithan, että sinun on oltava ilmoittautunut viimeistään edellisenä päivänä, jotta pääset Moodleen. Tehtävien ratkaisut käydään läpi ohjatusti Zoomissa tiistaina 4.8.2020 kello 14.15 – 16.00 ja 16.15 – 18.00. Voit osallistua niistä kumpaankin halutessasi. Zoom-linkki on saatavana tietoturvasyistä vain Moodlella. Muistattehan vastatessa, että yliopistossa myös harjoitustehtävissä on plagiointi kielletty, eli esimerkiksi kurssimateriaalista tai muualta suoraan kopioitu tai vähäisesti muunneltu vastaus ei ole sallittu. Opiskeluun yhdessä kannustetaan, mutta kunkin tulee palauttaa itsenäinen tuotos, ei kopiota toisen vastauksista.

1. Laitteiston nopeuserot ja yksiköitä

- (a) Montako milli-, mikro-, nano- ja pikosekuntia on sekunnissa? Kirjoita myös näiden yksikköjen lyhenteet. (Mikrosekunnin lyhenne on μs).
- (b) Tavallinen tietokone voi suorittaa jopa miljardi konekäskyä sekunnissa. Mahdollisesti suoritettavien käskyjen määrään vaikuttaa kuitenkin moni asia. Yksi vaikuttava asia on tiedon sijainti, kun käskyä suoritetaan suorittimella. Järjestä seuraavat nopeusjärjestykseen tiedon hakemisen suhteen: kovalevy, SSD-levy (SSD-muisti), keskusmuisti, rekisteri, internetpalvelin, välimuisti.
- (c) Mitkä yllä mainituista ovat massamuisteja?
- (d) Nykyään tavulla (byte, octet) tarkoitetaan yleensä 8 bittiä. Yleisesti tavun lyhenteenä käytetään isoa B-kirjainta ja bitin lyhenteenä pientä b-kirjainta. Paljonko on metrisillä mitoilla tavuiksi muutettuna (metriset mitat: esimerkiksi kilo = 1000 eikä 1024 ja siten tuhat tavua = 1KB) seuraavat:
 - i. 20 KB
 - ii. miljoona kilotavua
 - iii. 1 GB
 - iv. 8 miljoonaa bittiä
 - v. miljoona megatavua
 - vi. 8 terabittiä

2. Binääriluvut

Kymmenjärjestelmässä on tutusti ykköset, kymmenet, sadat, tuhannet jne eli luvun 10 potenssit. Binäärijärjestelmässä on vastaavasti ykköset, kakkoset, neloset, kahdeksat jne. eli luvun 2 potenssit. Monissa ohjelmointikielissä binäärilukuja merkitään etuliitteellä 0b

(esimerkiksi Java: `int luku = 0b1100_0010`; ja Python: `luku = 0b1100_0010`. Voit käyttää selkeyden vuoksi tuota etuliitettä.

- (a) Harjoittele muuntamaan 4-bittisiä binäärilukuja kymmenjärjestelmän luvuiksi taulukon alkuosan mukaisella kaavalla. Tee harjoittelu käsin ruutupaperille. Kirjoita siis ylle ”kasis, neloset, kakkoset ja ykköset”. Älä käytä laskinta, jotta opit tehokkaammin. Kirjoita lopuksi vastaukseesi nuo lukumuunnokset. Vastaa siis näin: `0b0011` on $2+1 = 3$, `0b1010` on $8+2 = 10$ jne.

Binääriluku	8	4	2	1	Muunnos
0011	0	0	1	1	$2 + 1 = 3$
1010	1	0	1	0	$8 + 2 = 10$
1100					
1011					
0010					
0100					
0101					

Ylimääräinen harjoitus: opeta jollekin kaverille tai läheiselle, lapselle tai aikuiselle, miten tuo nelibittisen binääriluvun muunnos kymmenjärjestelmän luvuksi tehdään :)

- (b) Tee vastaava harjoitus 8-bittisillä luvuilla. Harjoittele muuntamista ruutupaperilla juuri tämän tyyppisesti, niin jatkossa muunnokset ovat paljon helpompia. Kirjoita lopuksi vastauksesi tällä tavalla kuhunkin taulukon lukuun: `1010 1010` on $128+32+8+2=170$.

Binääriluku	128	64	32	16	8	4	2	1	Muunnos
1010 1010	1	0	1	0	1	0	1	0	$128+32+8+2=170$
1010 0101									
1110 1110									
0001 1111									
1111 1011									
0100 1001									

- (c) Muunnokset kymmenjärjestelmän luvusta binääriluvuksi.

Kurssin mooc-sivulla on esitetty tapa, miten kymmenjärjestelmän luku muunnetaan binääriluvuksi. Tässä esitetään pienten lukujen muuttamiseen toinen, ehkä suoraviivaisempi ja helpompi tapa. Tarkastellaan ensin esimerkkiä luvun muuntamisesta. Varsinainen tehtävä

on esimerkin jälkeen. Harjoittele tätä kynällä paperille. Kirjaa paperille kakkosen potenssit vastaavasti kuin tehtiin a ja b -tehtävissä.

Muunnetaan luku 198 binääriluvuksi. Tee ensin paperille tämän tyyppinen taulukko: Yläriville luettelet kahden potenssin oikealta vasemmalle. Suurin kahden potenssi mitä tarvitaan on tässä tapauksessa 128, sillä seuraava olisi 256, joka on isompi kuin tuo luku 198.

Merkitään nyt luku 1 jokaiseen kohtaan, mitä tarvitaan, että saadaan summaksi 198. Selvästi tarvitaan ainakin luku 128.

Luku	128	64	32	16	8	4	2	1	Vähennys
198	1								198-128 = 70

Huomataan, että tarvitaan lisäksi 70. Valitaan nyt suurin kakkosen potenssi, joka on enintään luvun 70 suuruinen eli luku 64 ja merkitään luvun 64 kohdalle 1:

Luku	128	64	32	16	8	4	2	1	Vähennys
198	1	1							70-64 = 6

Nyt tarvitaan vielä luvun 6 verran summattavia. Tämä on jo sen verran pieni luku, että nähdään suoraan, että $4+2=6$. Laitetaan siis lukujen 4 ja 2 kohdalle 1 ja muiden kohdalle 0:

Luku	128	64	32	16	8	4	2	1	Vähennys
198	1	1	0	0	0	1	1	0	6-4-2=0

Taulukosta voidaan vielä tarkistaa, että laskenta sujui oikein: $128+64+4+2 = 198$. Muunnos on tehty siis oikein ja luku 198 on siten binäärilukuna 1100 0110.

Isommat luvut menevät samalla tavalla. Esimerkiksi luku $900 = 512 + 256 + 128 + 4$, joten se on binäärilukuna 11 1000 0100 ja 16-bittisessä muodossa 0000 0011 1000 0100.

(d) Käytä nyt tuota menetelmää ja muuta seuraavat luvut 8-bittisiksi binääriluvuiksi.

Huomioi 8-bittisyys! Esimerkiksi luku 2 on tällöin 0000 0010, eikä vain 10. Kirjaa vastaukseen myös minkä kahden potenssien summana nuo luvut ovat. Esimerkiksi siis näin: $198 = 128+64+4+2$, joten se on binäärilukuna 0b 1100 0110.

- i. 255
- ii. 127
- iii. 201
- iv. 55
- v. 17

3. Heksadesimaaliluvut

Heksadesimaaliluvut ovat 16-kantaisia lukuja. Kun kymmenjärjestelmässä on kymmenen potenssit eli ykköset, kympit, sadat jne. ja binäärijärjestelmässä kahden potenssit eli ykköset, kakkoset, neloset jne., niin heksadesimaalijärjestelmässä on 16 potenssit eli ykköset, kuudettoista, kaksisataaviisikymmentäkuutoset jne.

Koska 16-kantaisessa järjestelmässä tarvitaan 16 numeroa, on käytössä kirjaimet A – F kuvaamaan ”numeroita” 10 – 15. Niinpä numerot nolasta yhdeksään ovat samat, mutta: 10 = A, 11 = B, 12 = C, 13 = D, 14 = E ja 15 = F.

Kun alla tehtävissä pyydetään muuntamaan heksadesimaalilukuja desimaaliluvuiksi, ilmoita **välivaiheet** seuraavaan tyyliin:

$$0x1AB = 1 * 256 + A * 16 + B * 1 = 1 * 256 + 10 * 16 + 11 = 256 + 160 + 11 = 427.$$

$$\text{Potenssimerkinnöin tämä on } 1 * 16^2 + 10 * 16^1 + 11 * 16^0 = 256 + 160 + 11 = 427.$$

Etuliite 0x on käytössä monissa ohjelmointikielissä, ainakin Javassa ja Pythonissa.

- (a) Anna luvut 0xAA, 0x1B, 0xFF desimaalilukuina ja desimaaliluvut 42, 127 ja 200 kahdeksanbittisinä heksadesimaalilukuina.
- (b) Anna desimaaliluvun (kymmenjärjestelmäluvun) 2049 esitys 16-bittisenä binäärimuodossa ja heksadesimaalimuodossa. Älä käytä laskinta, vaan laske se aiemmin esitetyllä tavalla, jotta opit.
- (c) Anna desimaaliluvun 2049 esitys 32-bittisenä binäärilukuna ja heksadesimaalilukuna.
- (d) Anna luku 1010 1010 1011 heksadesimaalilukuna. Entä mikä on sen desimaaliarvo? Laske heksadesimaalimuodosta desimaalimuotoon (ilman laskinta). Näytä välivaiheet.
- (e) Anna luku 0x2AC 16-bittisessä binäärimuodossa ja sen desimaaliarvo muunnettuna heksadesimaalimuodosta? Laske paperilla tai päässäsi, mutta ilman laskinta! Kirjoita välivaiheet.
- (f) Anna luku 0x1234ABCD 32-bittisessä binäärimuodossa ja desimaaliarvo muunnettuna heksadesimaaliluvusta. Tässä varmaan haluat käyttää laskinta, mutta kirjoita vastaukseen välivaiheet tehtävänannon potenssiesitysmallin mukaisesti.

4. Tavujärjestykset, negatiiviset kokonaisluvut ja merkkijonot

- (a) Oletetaan, että kokonaisluku 42 on talletettu muistiin tavuosoitteeseen 0x2210. Mitkä ovat osoitteiden 0x2210 – 0x2213 arvot, jos luku on talletettu seuraavissa esitysmuodoissa:
 - i. 32-bittinen Big-Endian etumerkillinen (sign and magnitude)
 - ii. 32-bittinen Big-Endian yhden komplementti

- iii. 32-bittinen Big-Endian kahden komplementti
- iv. 16-bittinen Big-Endian kahden komplementti
- v. 8-bittinen Big-Endian kahden komplementti
- vi. 8-bittinen Big-Endian vakiolisäys 127
- vii. 24-bittinen Little-Endian kahden komplementti
- viii. 8-bittinen Little-Endian kahden komplementti

(b) Oletetaan, että kokonaisluku -10 on talletettu muistiin tavuosoitteeseen 0x2210. Mitkä on osoitteiden 0x2210 – 0x2213 arvot, jos luku on talletettu seuraavissa esitysmuodoissa:

- i. 32-bittinen Big-Endian etumerkillinen (sign and magnitude)
- ii. 32-bittinen Big-Endian yhden komplementti
- iii. 32-bittinen Big-Endian kahden komplementti
- iv. 16-bittinen Big-Endian kahden komplementti
- v. 8-bittinen Big-Endian kahden komplementti
- vi. 8-bittinen Big-Endian vakiolisäys 127
- vii. 24-bittinen Little-Endian kahden komplementti
- viii. 8-bittinen Little-Endian kahden komplementti

(c) Tavuosoitteessa 0x1236 on luku (siis alkaen tavuosoitteesta 0x1236). Mikä on luvun arvo kymmenjärjestelmän lukuna seuraavissa tapauksissa? Näytä myös välivaiheet ja selosta.

- i. 32-bittinen Big-Endian kahden komplementti -muodossa talletettu kokonaisluku 0x 00 00 00 1A.
- ii. 32-bittinen Little-Endian kahden komplementti -muodossa kokonaisluku 0x FB FE FF FF.
- iii. 16-bittinen Little-Endian 0x FE FF.
- iv. 8-bittinen Little-Endian vakiolisäys 127 -muodossa talletettu kokonaisluku 0x5A.

(d) Tavuosoitteessa 0x2224 on tallennettuna merkkijono Big-Endian järjestyksessä koodattuna kuten C-kielessä. Tavuosoitteiden 0x2224 – 0x222B sisältö on 0x41, 0x6E, 0x6E, 0x61, 0x00, 0x4C, 0x4F, 0x4C. Merkistönä on ISO-8859-15 eli Latin 9. Mikä tämä merkkijono on? Minkä pituinen merkkijono on?

- (e) Tavusoitteessa 0x3000 on tallennettuna merkkijono materiaalissa kuvatulla eri kuin C-kielen tallennustavalla. Muistipaikkojen 0x3000 – 0x3007 sisältö on 0x04, 0x45, 0x6C, 0x73, 0x61, 0x3A, 0x2D, 0x70. Tässäkin merkistönä on Latin 9. Mikä tämä merkkijono on? Minkä pituinen merkkijono on?

5. Liukuluvut

- (a) Johdantoa:

- i. Mitä desimaalijärjestelmän lukua binääriluku 101010.1010 vastaa?
- ii. Entä binääriluku 111.0101?
- iii. Muunna desimaaliluku 60,75 binääriluvuksi.
- iv. Muunna desimaaliluku 21,875 binääriluvuksi.

- (b) Tämä tehtävä koskee 32-bittisiä IEEE-754 -standardin mukaisia liukulukuja. Merkitse muunnoksissa välivaiheina myös mitkä ovat merkki, eksponentti ja mantissa ja miten niihin päädyit. Pyri kirjoittamaan vastauksesi aivan kuin opettaisit sen toisille.

- i. Anna luku 60,75 liukulukuna.
- ii. Anna luku -21,875 liukulukuna.
- iii. Anna luku 0,0 liukulukuna.
- iv. Anna luku +ääretön liukulukuna.
- v. Anna luku -ääretön liukulukuna.
- vi. Anna esimerkki erittäin pienestä liukuluvusta, joka on normalisoimaton.
- vii. Anna esimerkki luvusta, jota ei voi esittää täsmälleen liukulukuna ja perustele miksi ei voi.
- viii. Tavusoitteeseen 0x2000 on talletettu luku 0x 00 E0 1B C3. Siis osoitteissa 0x2000 – 0x2003 on luvut 0x00, 0xE0, 0x1B ja 0xC3. Kyseessä on IEEE-standardin mukainen liukuluku ja se on talletettu Little-Endian -muodossa. Mikä kymmenjärjestelmän luku on kyseessä? Esitä välivaiheet ja ratkaisu.
- ix. Mitä tarkoittaa IEEE-liukuluvun normalisointi? Anna esimerkki. Mitä hyötyä normalisoinnista on? Mitä haittaa? Entä mikä on piilobitti? Mikä sen arvo on milloinkin? Milloin kyseinen bitti piilossa? Milloin esillä?

6. Tietueet ja taulukot

Ohjelmoidessa käytetään erilaisia tietorakenteita. Tietorakenteista muuttujat, tietueet ja taulukot ovat monen monimutkaisemman tietorakenteen rakennusaineiksia. Taulukoiden käyttö on tehokasta, kun ne toteutetaan perättäisiin muistipaikkoihin. Tiedon hakeminen keskusmuistista välimuistiin on hitaampaa kuin kerto- ja yhteenlaskun suorittaminen indeksin selvittämiseksi, joten tällaista taulukoiden käyttötapaa hyödynnetään tehokkaita algoritmeja ohjelmoidessa.

Oletetaan tässä tehtävässä, että käytössä on sanaosoitteet, jossa sana on 4 tavun pituinen. Yhteen osoitteeseen siis on siis tallennettuna 4 tavun verran tietoa.

(a) Tietueet

Tietue on perättäisten muistipaikkojen sisältämää tietoa. Ohjelman laatija tietää minkä kokoista tietoa ohjelmassa taltioidaan ja luetaan. Esimerkkinä tietueesta voisi olla henkilön opiskelijanumero, kurssitunnus ja arvosana. Oletetaan, että kutakin tietueen alkioita varten tarvitaan yksi sanaosoite. Oletetaan edelleen, että kaikki tällaiset kurssisuoritustietueet on tallennettu alkaen sanaosoitteesta 0x0FA0 eli desimaalilukuna ilmaisten 4000.

- i. Ensimmäiseksi on tallennettu Annan, Liisan ja Marian kurssisuoritukset Tito-kurssista. Missä osoitteissa ovat Marian Tito-kurssin suorituksen opiskelijanumero, kurssitunnus ja arvosana?
- ii. Missä osoitteissa ovat tallennusjärjestykseltään n. opiskelijan opiskelijanumero, kurssitunnus ja arvosana? Anna ne kaavana luvun n suhteen.

(b) Yksiulotteiset taulukot

Yksiulotteinen taulukko Y on tallennettu perättäisiin muistipaikkoihin. Taulukolle on varattu tilaa 100 sanaa. Taulukon alkuosoite on 0x1388 eli desimaalilukuna 5000.

- i. Missä osoitteessa on taulukon ensimmäinen sana?
- ii. Entä toinen sana?
- iii. Entä missä osoitteessa on taulukon viimeinen sana?

(c) Kaksiulotteinen taulukko riveittäin

Kaksiulotteinen taulukko T on tallennettu riveittäin perättäisiin muistipaikkoihin. Taulukko on kooltaan 8 riviä ja 5 saraketta. Taulukon alkuosoite on 0x1770 eli desimaalilukuna 6000. Merkitään alkion paikkaa taulukon indekseissä rivi, sarake näin: $T[\text{rivi}, \text{sarake}]$

- i. Mikä on taulukon T ensimmäisen rivin 3.:nen sarakkeen osoite?
- ii. Missä osoitteessa on $T[1, 3]$?
- iii. Mitä eroa kohdassa i ja ii mainituilla on? Miksi ne ovat eri asia?
- iv. Anna kaava, jolla saa laskettua osoitteen taulukon alkioille $T[\text{rivi}, \text{sarake}]$.

(d) Kaksiulotteinen taulukko sarakkeittain

Kaksiulotteinen taulukko S on talletettu sarakkeittain perättäisiin muistipaikkoihin. Taulukko on kooltaan 10 riviä ja 4 saraketta. Taulukon alkuosoite on $0x1B58$ eli desimaalilukuna 7000. Merkitään kuten edellä taulukon indekseissä rivi, sarake näin: $S[\text{rivi}, \text{sarake}]$

- i. Mikä on alkio $S[2,3]$ osoite?
- ii. Anna kaava, jolla saa laskettua osoitteen taulukon alkion $S[\text{rivi}, \text{sarake}]$