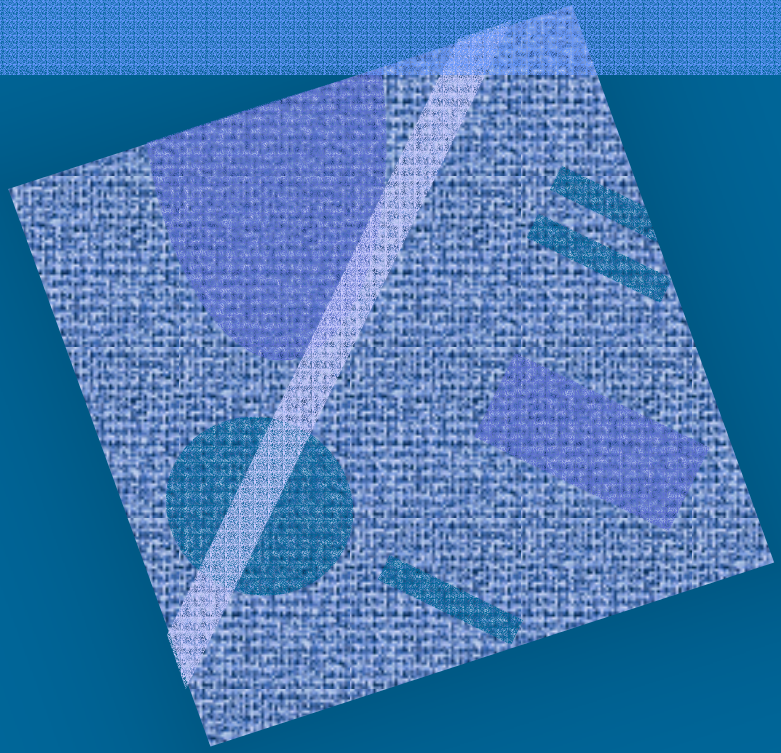
# Jakso 6

# Tiedon esitysmuodot



Lukujärjestelmät

Kokonaisluvut

Liukuluvut

Merkit, merkkijonot

Totuusarvot

Kuvat, äänet, hajut(?)

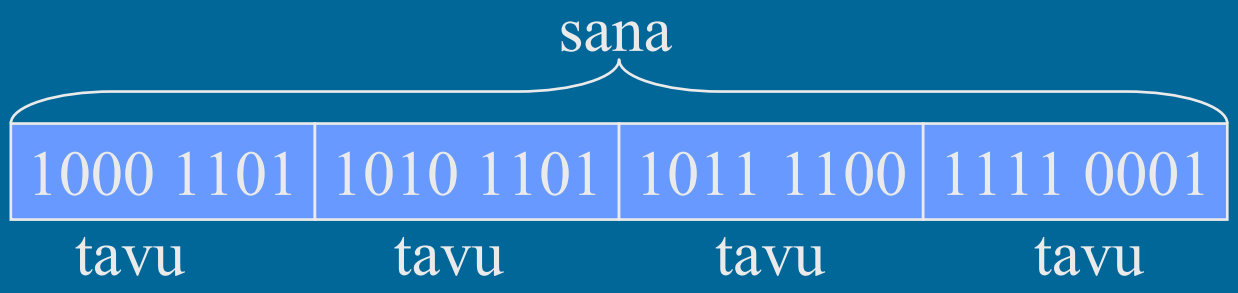
Ohjelman esitysmuoto

# Tiedon tyypit

- Kommunikointi ihmisen kanssa
  - kuva, ääni, merkit, …
- Laitteiston sisäinen talletus
  - kuvaformatit, ääniformatit, pakkausstandardit, ...
  - kokonaisluvut, liukuluvut,merkit, merkistöt
  - ohjelmat
- Suorittimen omana lajinaan ymmärtämät tyypit
  - on olemassa konekäskyjä tälle tietotyypille
  - kokonaisluvut
  - liukuluvut (useimmat suorittimet nykyään)
  - totuusarvot (jotkut suorittimet)
  - merkit (jotkut suorittimet)
  - konekäskyt

# Tiedon esitys laitteistossa (4)

- Kaikki tieto koneessa on binääribitteinä (0 tai 1)
  - binäärijärjestelmän numerot: 0, 1
  - helppo toteuttaa piireillä
  - helppo suunnitella logiikkaa Boolen algebran avulla
- Muisti jaettu tasapituisiin sanoihin (word)
  - sana = word = 32 bittiä (16 bittiä, 64 bittiä, …)
- Usein sana on jaettu tasapituisiin 8-bittisiin tavuihin (byte)



# Tiedon esitys laitteistossa (4)

- Tietoa siirretään muistiväylää pitkin sanoina
  - joskus useampi kuin yksi sana kerrallaan (lohko)
- Prosessorin rekisterit ovat yleensä yhden tai kahden sanan mittaisia
  - 1 sana: kokonaisluku, pieni liukuluku
  - 1 sana: 1 merkki tai 4 merkkiä
  - 2 sanaa: pitkä kokonaisluku, iso liukuluku

# Tiedon esitys (7)

- Kysymys: miten esittää eri tyyppisiä tietoja?
- Vastaus: koodataan ne biteiksi
  - kaikki tieto on koneessa bitteinä
- Kaikelle käsitellylle tiedolle on omat koodausmenetelmänsä
  - kaikkia koodausmenetelmiä ei ole standardoitu
  - samalla tietotyypille voi olla useita koodausmenetelmiä
    - kokonaisluvut, liukuluvut, merkit, merkkijonot, kuvat, ...
  - ongelma: ymmärtävätkö koneet toisiaan?
    - tiedon esitysmuotoa voidaan joutua muuttamaan kun tietoa siirretään koneelta toiselle

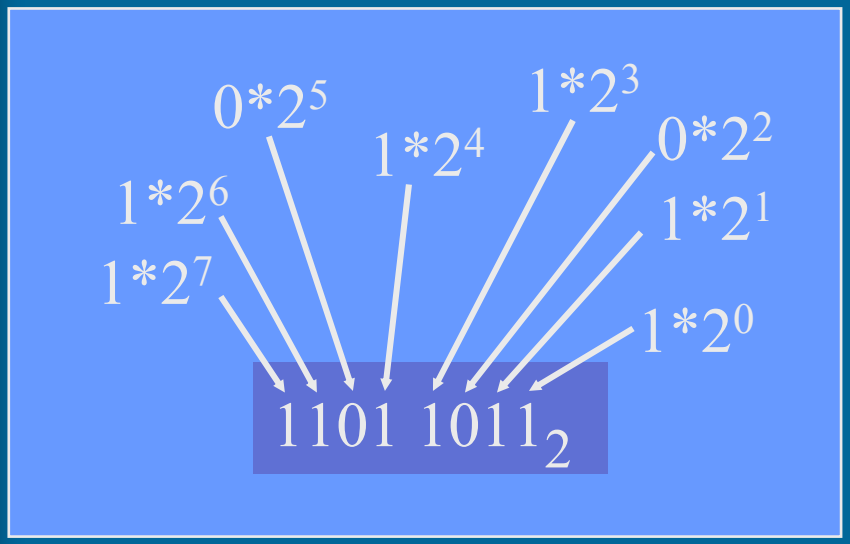
# Suorittimen ymmärtämä tieto (9)

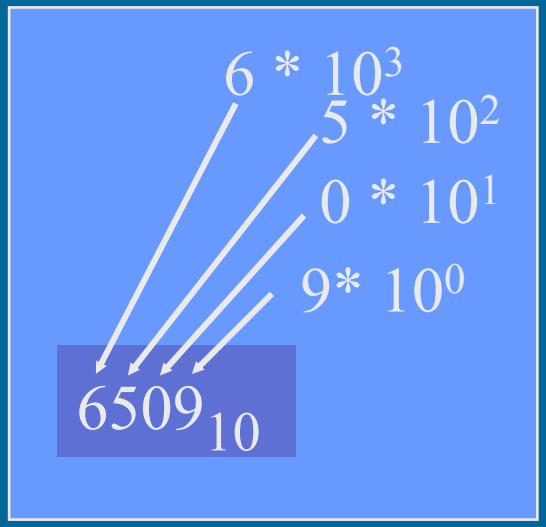
- Kaikki tieto koneessa on koodattuna biteiksi
- Muistissa voidaan esittää kaikki tieto sovitulla esitystavalla (koodauksella)
- Suoritin osaa tehdä operaatioita joillakin esitystavoilla koodatuille tiedoille
  - kokonaisluvut ja liukuluvut (aina)
  - totuusarvot, merkit ja merkkijonot (joskus)
  - kuvat ja äänet (ei yleensä ellei erikoistunut suoritin)
  - hajut (ei vielä)
- Muiden tietojen käsittely tapahtuu ohjelmallisesti
  - esim. merkkejä voidaan käsitellään kokonaislukuoperaatioilla ja aliohjelmilla

TTK-91: kokonaisluvut

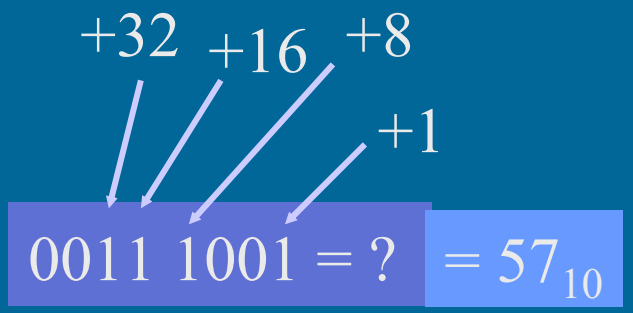
# Binäärijärjestelmä (2)

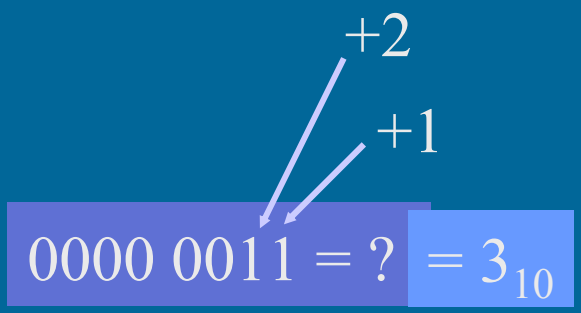
- Kantaluku 2, numerot 0 ja 1
  - numeroiden painoarvot oikealta vasemmalle: $1=2^0$, $2=2^1$, $4=2^2$, $8=2^3$, $16=2^4$, $32=2^5$, …
  - kymmenjärjestelmässä painoarvot ovat $1=10^0$, $10=10^1$, $100=10^2$, $1000=10^3$, …

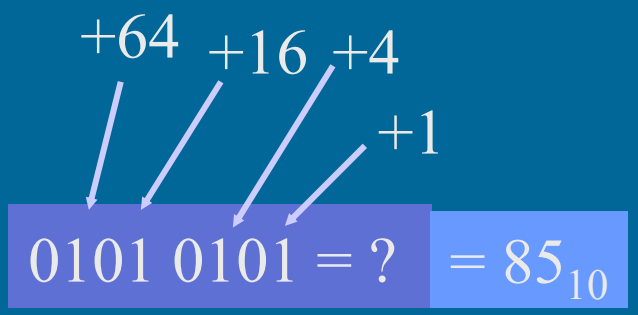


# Binäärilukuesimerkkejä



# Bonäärilukujen laskutoimitukset

| + | 0 | 1 |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 10 |

```
  1 1
  1 0 1 1 0 1
+   1 1 0 0
=============
  1 1 1 0 0 1
```

```
   45
+  12
 ----
   57
```

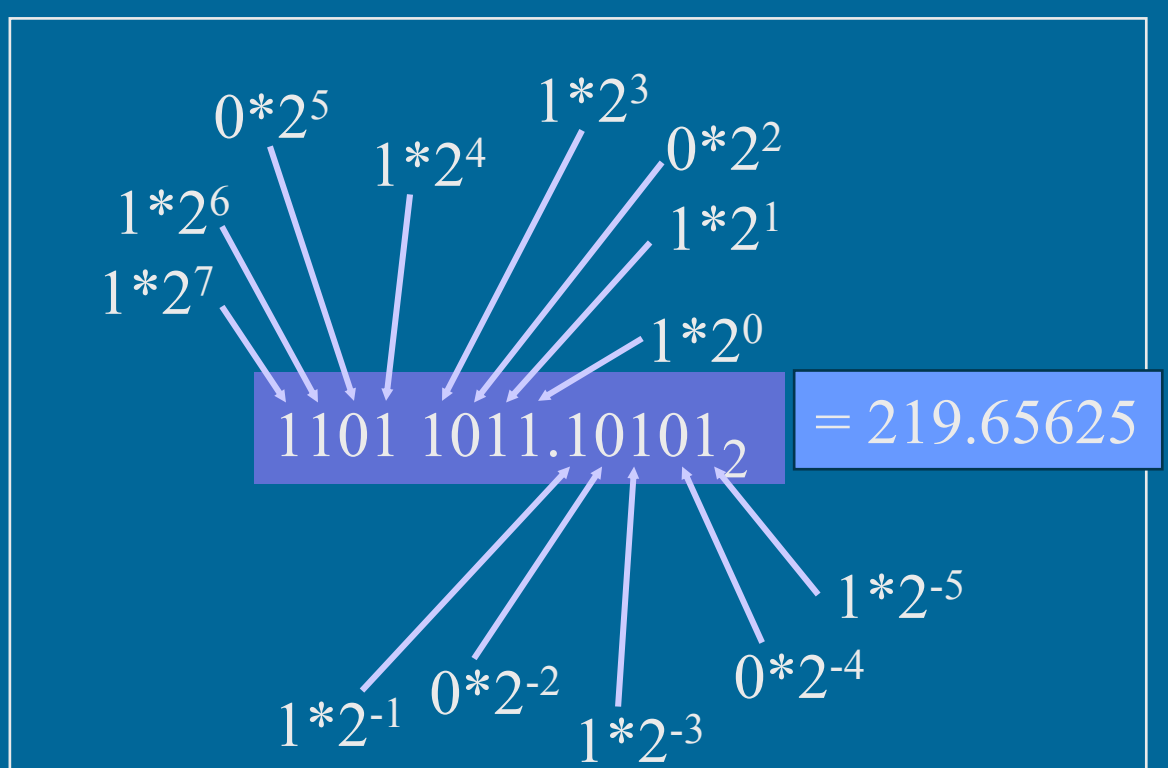
| * | 0 | 1 |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |

```
      1 0 1
    * 1 0 1
  =========
      1 0 1
  + 1 0 1
  =========
    1 1 0 0 1
```

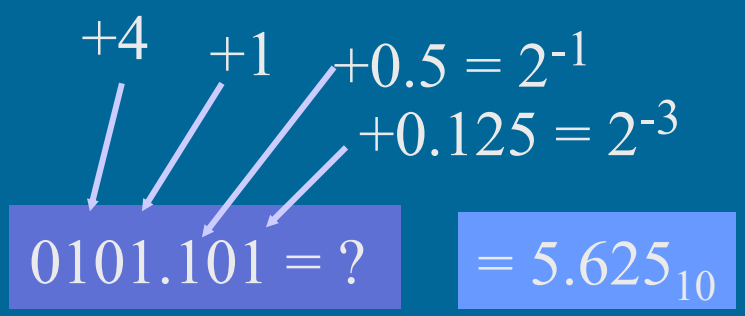
```
    5
  * 5
 ----
   25
```

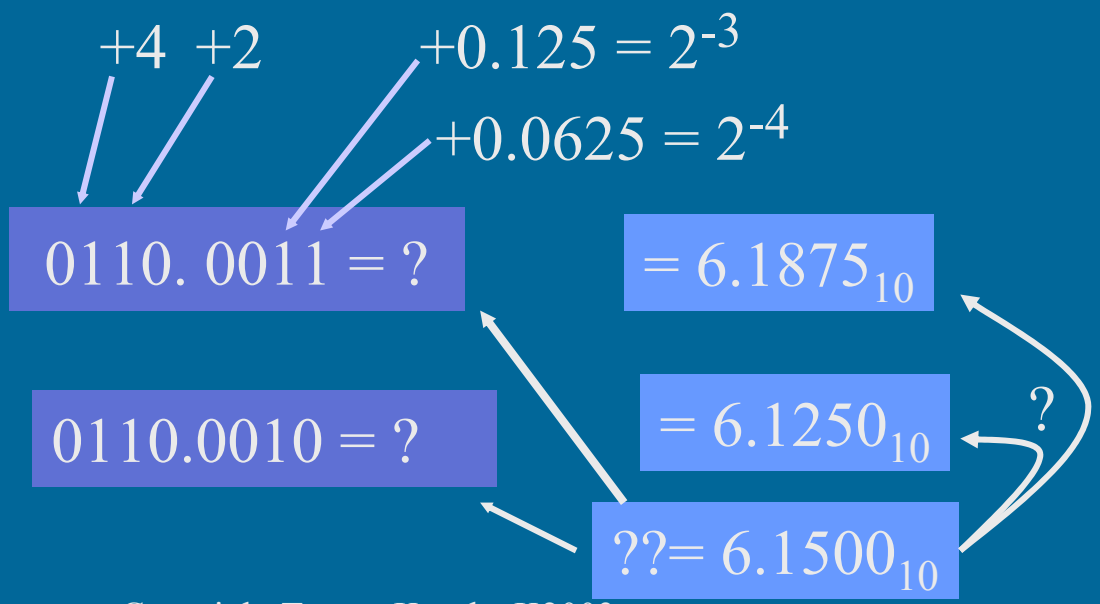
# Binääripiste (2)

- Binääriluvuilla voi olla myös binääriosa (vrt. desimaaliosa)



# Binääripiste-esimerkkejä



# Muunnokset lukujärjestelmien välillä (5)

- 2-järjestelmä $\Rightarrow$ 10-järjestelmä
  - esitettiin jo edellä
- 10-järjestelmä $\Rightarrow$ 2-järjestelmä
  - kokonaisosa ja desimaaliosa erikseen
  - kokonaisosa:
    - jaa toistuvasti 2:lla, kunnes 0 jäljellä
    - ota jakojäännökset käännetyssä järjestyksessä

# 10-järj ⇒ 2-järj kokonaislukuesimerkki (11)

$57_{10} = ?$

57/2 = 28 jää 1

28/2 = 14 jää 0

14/2 = 7 jää 0

7/2 = 3 jää 1

3/2 = 1 jää 1

1/2 = 0 jää 1

loppu

$= 11\ 1001_2$

$= 0011\ 1001_2$

# 10-järj ⇒ 2-järj
# desimaaliosa => binääriosa

- Kerrotaan toistuvasti desimaaliluvun desimaaliosa 2:lla, kunnes
  - desimaaliosa = 0 (tarkka binääriesitys)
  - tarpeeksi numeroita haluttuun tarkkuuteen
- Tulos saadaan ottamalla saatujen desimaalilukujen kokonaisosat (0 tai 1) lasketussa järjestyksessä

# 10-järj $\Rightarrow$ 2-järj binääriosaesimerkki

$0.1875_{10} = ?$

$2 * 0.1875 = 0.375 = 0 + 0.375$

$2 * 0.375 = 0.75 = 0 + 0.75$

$2 * 0.75 = 1.5 = 1 + 0.5$

$2 * 0.5 = 1.0 = 1 + 0.0$

loppu

$= 0.0011_2$

$= 0.00110000000000000000_2$

# Heksadesimaaliesitys (6)

- Binäärilukuja käyttö on tarpeellista, mutta niitä on ikävä kirjoittaa
  - liikaa numeroita
- Kirjoitetaan ne 16-järjestelmässä eli heksadesimaalijärjestelmässä
- 4 bittiä vastaa aina yhtä 16-järjestelmän numeroa
- Yksi 16-järjestelmän numero vastaa aina 4 bittiä
- 16-järjestelmän numerot ovat:
  0,1,2,3,4,5,6,7,8,9, A, B, C, D, E ja F

| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|

# Heksadesimaaliesimerkkejä (11)

binääri: 0100 0111 1001 1010 1111

16-järj: 4 7 9 A F

$= 479AF_{16}$

$= 0004\ 79AF_{16} =$ **0x** 479AF

16-järj: $120ADF_{16}$ 1 2 0 A D F

binääri: 0001 0010 0000 1010 1101 1111

# Oktaaliesimerkkejä (13)

Numerot: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

binääri: 01 000 111 100 110 101 111

8-järj: 1 0 7 4 6 5 7 $= 1074657_8$

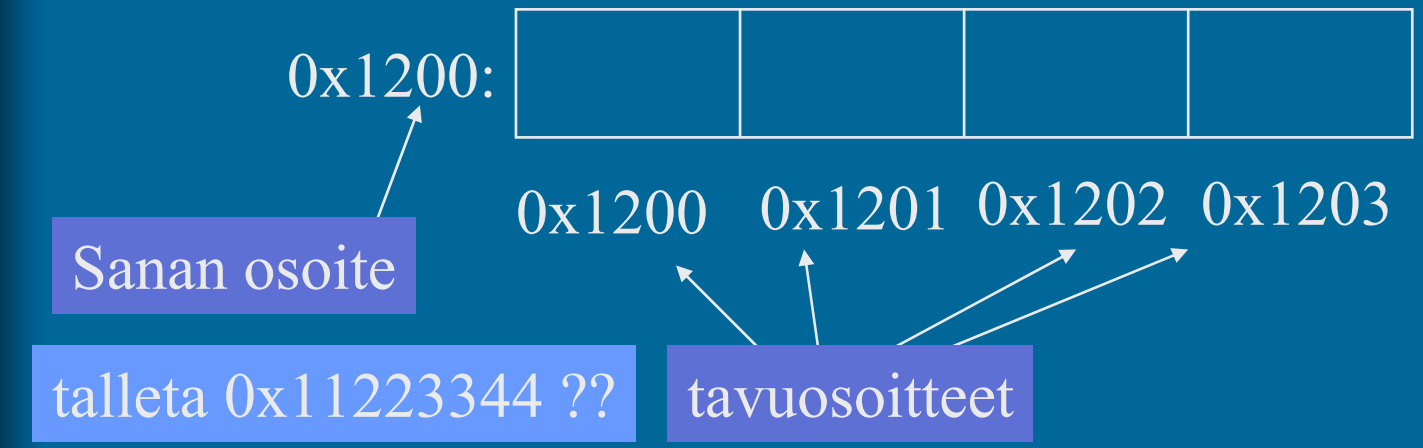
$= 0001074657_8 = \underline{0}1074657$

8-järj: $120371_8$ 1 2 0 3 7 1

binääri: 001 010 000 011 111 001

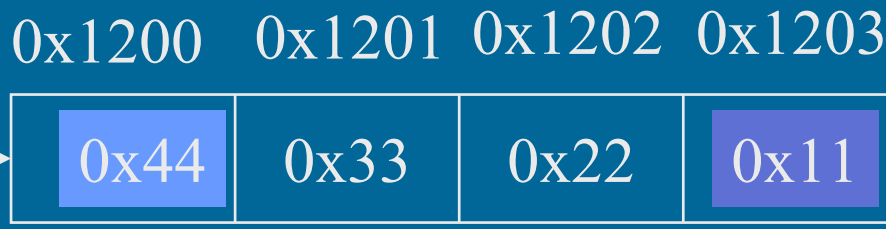
# Big vs. Little Endian (3)

- Miten monitavuiset arvot talletetaan?




Big-Endian: eniten merkitsevä tavu pienimpään osoitteeseen


Little-Endian: vähiten merkitsevä tavu pienimpään osoitteeseen



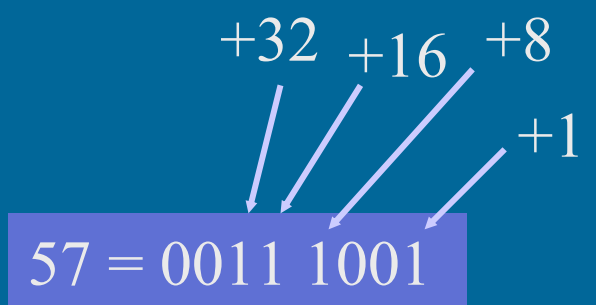
# Big vs. Little Endian (5)

- Monitavuisen tiedon (sana-) osoite on sama molemmissa tapauksissa
- Tavujen sisäinen järjestys vaihtelee
- Suorittimen suunnittelija päättää
  - Matematiikkapiirien tulee tietää miten luvut esitetty
  - Täytyy ottaa huomioon siirrettäessä tietoa verkon yli
- Power-PC: bi-endian - molemmat moodit käytössä
  - voidaan valita ohjelmakohtaisesti
  - etuoikeutetussa tilassa voidaan vielä valita erikseen
  - suoritin osaa laskea kummallakin tavalla talletetuilla luvuilla

TTK-91: big-endian

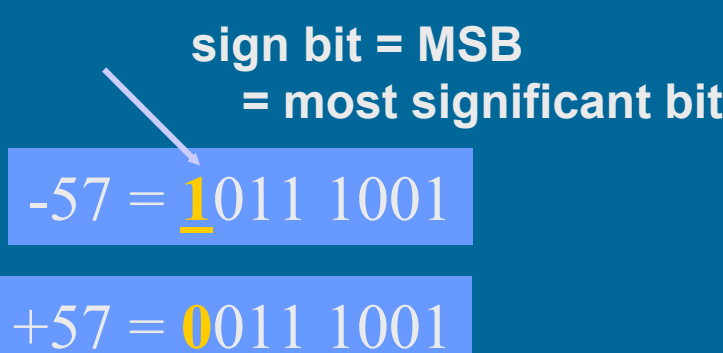
# Kokonaislukujen esitysmuoto (8)

Kaikki esitetty biteillä 0 ja 1
- ei etumerkkejä
- ei desimaalipistettä




- Etumerkittömät kokonaisluvut helppoja
- Positiiviset luvut helppoja
  - normaali binäärilukuesitys

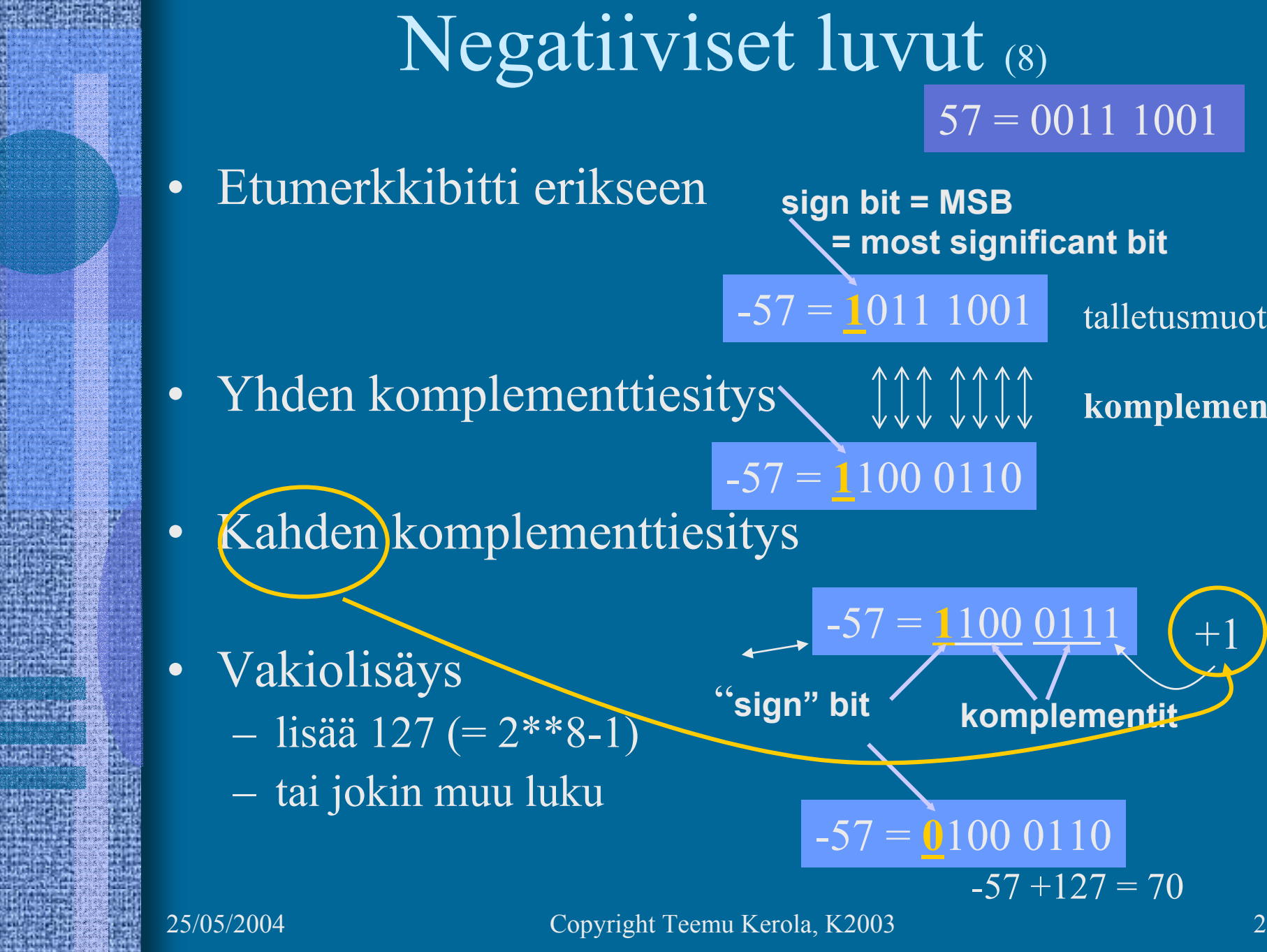
- **Negatiiviset luvut**
  - -57, -256 ???
  - Eräs tapa



# Negatiiviset luvut (8)

57 = 0011 1001

- Etumerkkibitti erikseen
- Yhden komplementtiesitys
- Kahden komplementtiesitys
- Vakiolisäys
  - lisää 127 (= 2**8-1)
  - tai jokin muu luku



# Yhden ja kahden komplementti

- Yhden komplementti:
  - ykköset nolliksi ja nollat ykkösiksi

ones complement: -0 = 1111 1111
-1 = 0000 0000
-57= 1100 0110

- Kahden komplementti
  - ykköset nolliksi ja nollat ykkösiksi
  - ja lisätään vielä ykkönen

```
 57 = 0011 1001
-57 = 1100 0110
        +      1
==============
       1100 0111
```

+2 = 0000 0010
+1 = 0000 0001
+0 = 0000 0000
-0 = 0000 0000
-1 = 1111 1111
-2 = 1111 1110

# Kahden komplementti

- Useimmiten käytössä

+57 = 0011 1001

- Etu: vain yksi nolla
  - Yhden komplementissa 2 nollaa
    - +0= 0000 0000 -0= 1111 1111
- Helpot muunnokset: arvo ⟷ esitysmuoto
  - Miten arvo -75 esitetään?
    - 75 = 0100 1011=>
    - -75 = 1011 0100 + 0000 0001 = 1011 0101
  - Mitä arvoa esitysmuoto 1100 1100 tarkoittaa?
    - 1100 1100 - 1 = 1100 1011 => 0011 0100 = 52

      (eli 52 = 0011 0100, kahden komplementtimuodossa = 1100 1011 + 1 = 1100 1100)
    - tai: -(1100 1100) = 0011 0011 + 1 = 0011 0100 = 52

- Kahden komplementtimuodossa vähennyslasku korvautuu yhteenlaskulla
  - 57 - 52 = 57 + (-52);

57: 0011 1001

-52: 1100 1100 +

1 0000 0101 = 5

-57 + 52

-57: 1100 0111

52: 0011 0100 +

1111 1011 = -5

# Liukuluvut

- Tietokoneessa ei ole realilukuja tai rationaalilukuja (matemaattiset käsitteet)
- Aina rajallinen esityksen tarkkuus
  - lukuja π, SQRT(2) tai 1/3 ei voi esittää tarkasti
  - luvut 1.000000000 ja luvut 1.000000001 ovat yhtäsuuria (joissakin esityksissä)
- Yleinen realilukuja vastaava esitysmuoto on liukulukuesitysmuoto

  float, double, real
  - 32 bittiä, noin 7-8 desimaalinumeron tarkkuus
  - 64 bittiä, noin 16-17 desimaalinumeron tarkkuus

# Liukulukujen esitys (4)

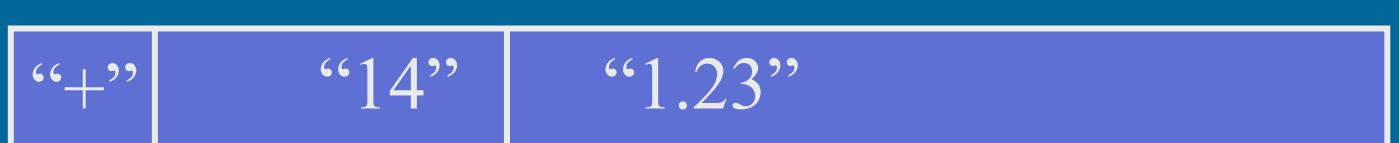
$+1.23 = +1.23 * 10^{0}$

$+123.0 = +1.23 * 10^{2}$

$+0.123 = +1.23 * 10^{-1}$

$-0.000\ 000\ 000\ 123 = -1.23 * 10^{-10}$

$+123\ 000\ 000\ 000\ 000 = +1.23 * 10^{14}$




sign exponent (exponentti) mantissa or significand (mantissa)

# IEEE 32-bit Floating Point Standard (3)

IEEE Standard 754

| "+" | "15" | "1.1875" = "1.0011" |
|---|---|---|

sign exponent mantissa or significand

(2:n potenssi)

- Etumerkki
  - 1 bitti etumerkille, 1⇒ "-", 0 ⇒ "+"
  - etumerkkibitti $S$ ⇒ etumerkin arvo = $(-1)^S$

# IEEE 32-bit FP Standard

| "+" | "15" | "1.1875" = "1.0011" |
|---|---|---|

sign **exponent** mantissa or significand

8 bittiä eksponentille, lisättynä 127:llä (biased form)

exponent = 5 → store → 5+127 = 132 =1000 0100

exponent = -1 → store → -1+127 = 126 = 0111 1110

exponent = 0 → store → 0+127 = 127 = 0111 1111

esitysmuodot 0 and 255 erikoistapauksia: hyvin pieni, ääretön, ei luk

– talletettu arvoalue: **1 - 254** ⇒ todellinen arvoalue: **-126 - +127**

Entä kun eksponentti on **15?**

127 +15 = 142
= 1000 1110

# IEEE 32-bit FP Standard (7)

1/8 = 0.1250
1/16= 0.0625
0.1875

| "+" | "15" | "0.1875" = "0.0011" |
|---|---|---|

sign exponent **mantissa** or significand

- 23 bittiä mantissalle, siten että ...

1) Binääripiste (.) on heti ensimmäisen bitin jälkeen

2) Mantissa on normalisoitu: vasemmanpuolimmainen bitti on1

3)Vasemmanpuolimmaista (eniten merkitsevä) bittiä (1) ei talleteta (implied bit, piilobitti)

| mantissa | eksponentti |
|---|---|
| 0.0011 | "15" |
| **1**.1000 | "12" |
| 1000 | "12" |

24 bitin mantissa!

# IEEE 32-bit FP Values (8)

$23.0 = +10111.0 * 2^0 = +1.0111 * 2^4 = ?$

4+127=131

| 0 | 1000 0011 | 011 1000 0000 0000 0000 0000 |
|---|---|---|
| sign | exponent | mantissa or significand |
| 1 bit | 8 bits | 23 bits |

$1.0 = +1.0000 * 2^0 = ?$

0+127 = 127

| 0 | 0111 1111 | 000 0000 0000 0000 0000 0000 |
|---|---|---|
| sign | exponent | mantissa or significand |
| 1 bit | 8 bits | 23 bits |

# IEEE 32-bit FP Values (6)


X = ?

$X = (-1)^{0} * 1.1111 * 2^{(128-127)}$

$= + 1.1111_2 * 2$

$= (1 + 1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16) * 2$

$= (1 + 0.5 + 0.25 + 0.125 + 0.0625) * 2$

$= 1.9375 * 2$

$= 3.875$

# Merkit (4)

- Yleensä 1 tavu per merkki
- ASCII, 7 bittiä/merkki (+ tark. bitti?)

  ’A’ = 0x41, ’a’ = 0x61, LF = 0x0A
- EBCDIC, 8 bittiä/merkki
- ISO/IEC 8859-15 ('Latin-9'),
  - 8-bittiä/merkki, 256 eri merkkiä käytössä
  - mukana myös ä, ö, š, €

Lisää tietoa: kts.
http//:www.tieke.fi/edisty/edis699/stand699.htm

# UCS ja Unicode (5)

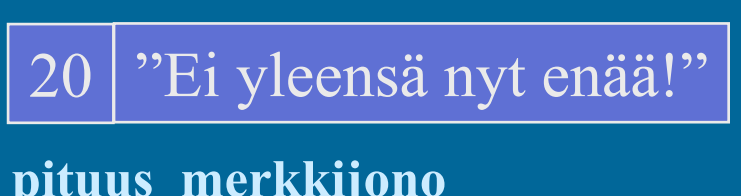
- UCS - Universal Character Set
- Samat merkistöt, eri standardit
- 2 tavua eli 16 bittiä per merkki
  - 65536 merkkiä koko maailmassa käytössä oleville n. 200000 symbolille
- Kontrollimerkit
  - 0x0000-001F and 0x0080-009F
  - 0x007F = DELETE,  0x0020 = SPACE
- UCS:ssä myös 8-bittiset koodi ”rivit”
  - eri alueille tai tarkoituksiin (zone) omat 8-bittiset koodinsa

# UCS ja Unicode

- Merkit välillä 0x0000-00FF samassa järjestyksessä kuin Latin-9 merkistössä
  - 16-bittisen UCS:n ”rivi 00” = 8-bittinen Latin-9
- Myös muut aakkoset:
  - I-zone = Kanji (0x4E00-9FFF, 20992 merkkiä)
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla

# Merkkijonot

- Yleensä peräkkäin talletettu joukko tavuja
- Lisäksi tarvitaan jollain tavalla koodata merkkijonon pituus
  - laitetaan loppuun erikoismerkki
    - C-kieli: ’\0’ = 0x00
  - toteutetaan tietueena




  - ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla
    - kokonaisluku- ja bittimanipulointikäskyt
    - joissakin koneissa ”strcopy”- ja strcmp”-käskyt

# Totuusarvot (4)

- Boolean TRUE ja FALSE
- Yleensä koodattu TRUE=1, FALSE=0
  - muttei aina!
  - totuusarvolauseke **A and B** = kokonaislukulauseke **A*B**
- Usein Boolean arvo per sana
  - loput 31 bittiä nollia
  - ohjelmointikielten Boolean-muuttujat
- Joskus pakatussa muodossa 32/arvoa per sana
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla
  - kokonaisluku ja bittimanipulointikäskyt
  - haluttu käsky **”JTRUE …”** voidaan toteuttaa käskynä **”JPOS …”** (jos TRUE =1)

# Kuvat

- Monta kuvastandardia
  - yleisyys, siirrettävyys, pakkaustiheys
  - näyttöä varten tarvittavan laskennan määrä
- Kuvatiedoston alussa otsake kertoo talletusformaatin
- Viiva- ja vektorikuvat
  - kuva koodattuna objekteina
    - ympyrä, monikulmio, käyrä, alueen väri
- Rasterikuvat
  - kuva koodattuna pisteinä
    - kunkin pisteen väri koodattu esim. 24 bitillä

# Kuvat

- Kuvat ovat yleensä pakattu mahdollisimman vähän tilaa vievää muotoon
  - optimoitu tilan, ei laskennan mukaan
  - purkaminen voi vaatia paljon laskentaa
- GIF, JPEG, TIFF, BMP, ….
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla

# Videokuva

- Vie hyvin paljon muistitilaa
- Talletus kuva kerrallaan, esim. 25 kuvaa/sek
  - 1 sekunti hyvälaatuista videokuvaa pakkaamattomassa muodossa 20 MB
- Talletus ”incrementaalisesti”
  - kun seuraava kuva poikkeaa edellisestä vain vähän
  - talleta vain muutokset edelliseen

# Videostandardit

- MPEG (Moving Pictures Expert Group)
- AVI (Audio Visual Interleave)
- MOV, INDEO, FLI, GL, DVD, ...
- ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla
- tai erikoisprosessoreilla (GPU), joiden käskykanta suunniteltu (jonkin standardin mukaisten kuvien) kuvankäsittelyyn
  - grafiikkakorteilla

# Grafiikkakortit

- Esim. 4-64 MB (dual-port) muistia
  - 2 lukua/kirjoitusta samanaikaisesti
  - tai ‘tavallista’ , mutta hyvin nopeaa RAMia
- Nopea väylä (ennen PCI, nyt AGP) suorittimelle
- Näytönohjaus monitoristandardien (VGA, XGA, RGB, ..) mukaisesti
- Oma suoritin (GPU)
  - lukee videodataa ja generoi näytettävän kuvan näyttöpuskuriin, josta monitori sen näyttää
- Voi olla integroitu emolevyn kanssa

# Äänet

- Täydellinen äänidata
  - 44100 näytettä/sek, 16 b/näyte, 88KB/sek
- Syntetisoitu ääni
  - MIDI-käskyjä
    - Music Instrument Digital Interface
    - ”Soita nuotti N voimakkuudella V”
- ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla
- tai erikoisprosessoreilla, joiden käskykanta suunniteltu äänen käsittelyyn
  - äänikortit

# Äänikortit

- Esim. 4-64 MB VRAM- tai RAM-muistia
- nopea väylä (esim. PCI) suorittimelle
- oma suoritin, joka lukee äänidataa ja generoi äänet kaiuttimille tai vahvistimeen
  - kaiuttimet tai vahvistin kiinni äänikortilla
- Voi olla integroitu emolevyn tai grafiikkakortin kanssa

# Maku, haju, tunto ja muu data (3)

- Tähtien kirkkaus, hajut, veneen tyyppi, tunteen palo, ….
- Sovelluskohtaisesti, ei vielä yleisiä standardeja
  - kokonaisluvut (diskreetti data)
  - liukuluvut (jatkuva data)
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi omilla aliohjelmilla

ks. HS artikkeli 5.5.2000

# Konekäskyjen esitysmuoto muistissa (4)

- Konekohtainen, jokaisella omansa
- Käskyt ovat 1 tai useamman tavun mittaisia
  - SPARC, kaikki käskyt: 1 sana eli 4 tavua
  - PowerPC, kaikki käskyt: 1 sana eli 4 tavua
  - Pentium II: 1-16 tavua, paljon variaatioita
- Käskyillä on yksi tai useampi muoto, kussakin tietty määrä erilaisia kenttiä
  - opcode, Ri, Rj, Rk, osoitusmoodi
  - pitkä tai lyhyt vakio

TTK-91, kaikki käskyt: 1 sana, 1 muoto

# TTK-91 konekäskyn rakenne

- Käskyn esitys bittitasolla on aina:


muistiosoite tai (pienehkö) vakio

Rj = käskyn ensimmäinen operandi

Ri = indeksirekisteri

M = muistinoutojen määrä toiseen operandiin (ennen mahdollista muistiin talletusta) (addressing mode)

- 00 eli 0 kpl, rekisteri tai välitön osoitus
- 01 eli 1 kpl, suora osoitus
- 10 eli 2 kpl, epäsuora osoitus
- ( 11 eli 3 kpl, epäkelpo arvo → poikkeustilanne )

# Konekäskyn operandit ja tulos

- Tulos: rekisteri Rj
  - paitsi WRITE- tai PUSH-käskyissä muistipaikan sisältö
- Ensimmäinen operandi: rekisteri Rj
- Toinen operandi
  - laske ensin arvo Ri+ADDR ja käytä sitä sellaisenaan ta
    käytä sitä muistisoitteena
  - arvo: Ri + ADDR
  - muistipaikan M[Ri+ADDR] sisältö
  - muistipaikan M[ M[Ri+ADDR] ] sisältö

Kone-kielen tiedon osoitus-moodit

jos Ri = R0,
niin pelkkä ADDR

# Taulukkojen esitysmuoto

- Peräkkäisrakenteena, kuten esimerkit aikaisemmin
- riveittäin tai sarakkeittain
- ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla tai loopeilla
  - paitsi ns. vektorikoneet, joilla on omia konekäskyjä vektorioperaatioita varten
- Indeksoitu tiedonosoitusmoodi tukee yksiulotteisten taulukoiden käyttöä

# Tietueiden esitysmuoto

- Tietueet peräkkäisrakenteena
- Osoite on jonkin osoitemuuttujan arvo
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla tai kääntäjän generoimien vakiolisäysten avulla
- Indeksoitu tiedonosoitusmoodi tukee tietueiden käyttöä

# Olioiden esitysmuoto

- Kuten tietueet, yleensä varattu keosta (heap)
- Useat olion kentistä sisältävät vuorostaan osoitteen keosta suoritusaikana varattuun toiseen olioon
- Metodit ovat aliohjelmien osoitteita
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla

# -- Jakson 6 loppu --