

Luento 1 (verkkoluento 1)
581305-6 Tietokoneen toiminta
(Computer Organization I)
Teemu Kerola

Kurssin hallinto
Järjestelmän rakenne

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

1

Tietokoneen toiminta

- Kurssin aihepiiri ja tavoitteet
- Kurssin suoritusmuoto
 - Verkkoluennot
 - Luennot
 - Harjoitustehtävät
- Ttk-91 esimerkkietokone
 - Tietokone simulaattori
 - Tietotrainer ympäristö
 - Paja
- Lue www-sivut huolella

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

2

Kurssin näkökulma: yhden ohjelman suorittaminen

- Mikä on ohjelman esitysmuoto laitteistossa?
- Miten laitteisto suorittaa ohjelmaa?
- Mitkä laitteiston osat osallistuvat tähän ja miten?
- Tavoitteena: yleiskuva tietokoneen toiminnasta ja sen perusrakenteesta

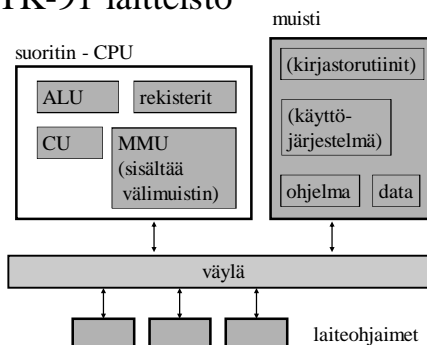
Keskustele

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

3

TTK-91 laitteisto



4

Copyright 2012 TeemuKerola

23.10.2012

Tietokone numeroina

- Suoritinesimerkkejä:
 - AMD Athlon II X4 645, 3.1 GHz
 - Intel Core i5-520U, 2.4 GHz
 - ARM Cortex A-8, 600 MHz – 1 GHz
- Keskusmuisti
 - 2 Gt – 192 Gt (gigatavu, giga byte, GB)
 - Kt, Mt, Gt
- Mitä tarkoittaa GHz?
- Montako bittiiä tarvitaan osoitteeseen?

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

5

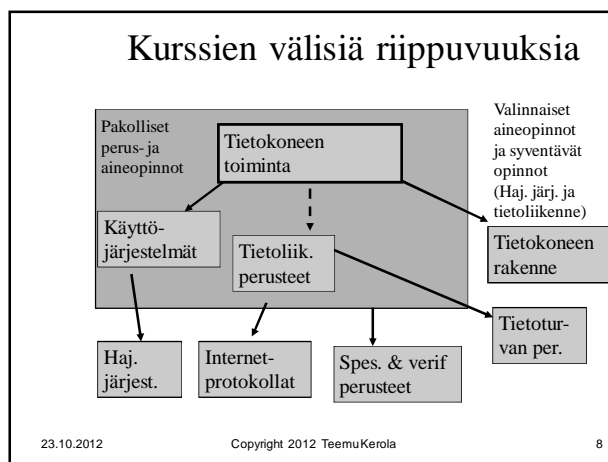
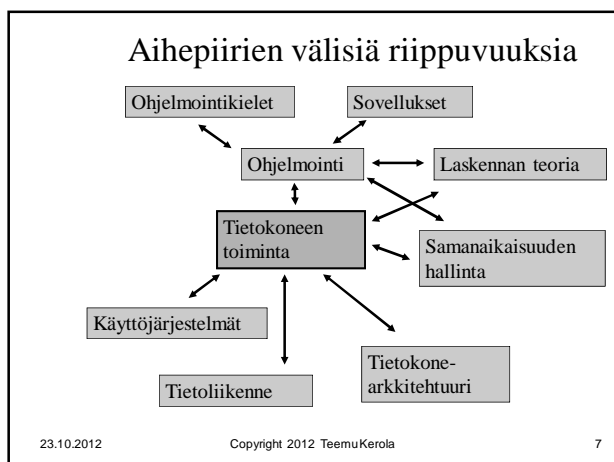
SI-järjestelmän kerrannaisyksiköt

Exp.	Explicit	Prefix	Exp.	Explicit	Prefix
10 ⁻³	0.001	milli	10 ³	1,000	Kilo
10 ⁻⁶	0.000001	micro	10 ⁶	1,000,000	Mega
10 ⁻⁹	0.000000001	nano	10 ⁹	1,000,000,000	Giga
10 ⁻¹²	0.000000000001	pico	10 ¹²	1,000,000,000,000	Tera
10 ⁻¹⁵	0.000000000000001	femto	10 ¹⁵	1,000,000,000,000,000	Peta
10 ⁻¹⁸	0.000000000000000001	atto	10 ¹⁸	1,000,000,000,000,000,000	Exa
10 ⁻²¹	0.000000000000000000001	zepto	10 ²¹	1,000,000,000,000,000,000,000	Zetta
10 ⁻²⁴	0.000000000000000000000001	yocto	10 ²⁴	1,000,000,000,000,000,000,000,000	Yotta

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

6



TiTo (4 op), suoritusmuodot

- Luentokurssi
 - Luennot **”Tavallinen kurssi”**
 - Verkkoluennot, oppikirjat, kertauskysymykset
 - Pajatyöskentely: Titokone/TitoTrainer
 - Harjoitustehtävät, Titokone/TitoTrainer
 - Kurssikoe
- Erilliskoe **”Itseopiskelu”**
 - Viimeksi pidetyllä luentokurssilla esitetyt asiat
 - Oppikirjoista [Stal13 ja Tane10] kurssin kotisivulla mainitut luvut
 - Ohjelmointi ttk-91 symbolisella konekielellä
 - Titokone, TitoTrainer

23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola 9

Opintopiirityöskentely

- Ryhmätyötä
 - Ryhmässä on parempi opiskella kuin yksin
 - Vertaisopiskelijoiden tuki
 - Opintopiirit muodostetaan 1. viikon ryhmätapaamisessa
- Opiskelijakeskeinen oppiminen
 - Vastuu oppimisesta on opiskelijalla
 - Ohjaajat edistävät opiskelijan oppimista
 - Ohjaajat luovat puitteet oppimiselle
- Eri tyyppistä ryhmätyötä
 - Harjoitustehtävien ratkaisu itsenäisesti ja niistä keskustelu ryhmässä
 - Projektin (Titokone/TitoTrainer) työstäminen ryhmätyönä
 - Muu vapaamuotoinen yhteistyö

23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola 10

Verkkokurssi

- Merkittävä osa kurssin materiaalista ja toiminnoista verkossa
 - Verkkoluennot, kertauskysymykset, Titokone, TitoTrainer, TitoTrainer-tehtävät
 - Tiedotus, kalvokopiot, tehtävät, tulokset
- Verkkokurssi ≠ etäopiskelu
 - Luennot
 - Pajatyöskentely
 - Viikoittaiset harjoitustilaisuudet
 - Osan kurssin osioista voi tehdä verkon avulla etäopiskeluna

23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola 11

Verkkoluennot

- Itseopiskelumateriaalia verkossa, luennot 1-11
 - Varatkaa noin kaksi tuntia kunkin luennon läpikäyntiin
 - Materiaalia noin 60-90 min per kerta
 - Materiaalin käytöstä ei pidetä kirjaa
- Materiaalin tuotanto
 - Teemu Kerola 2004-2005 Macromedia Authorware-ohjelmistolla
- Käyttö <https://www.cs.helsinki.fi/i/kerola/tito/verkkoluennot/>
 - Selaimen Authorware-liitospalikka Windows-ympäristössä
 - Ilmeisesti vain Firefox? ja Chrome?
 - Flash-versiot, useimmissa ympäristöissä
 - Pdf-versiot (vain teksti, ei puhetta)

23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola 12

Luennot

- Annetusta aihepiiristä (ks. aikataulu)
 - Opiskele etukäteen (kirja, verkkoluennot)
 - Jos et ole opiskellut aihepiiriä etukäteen, luentojen hyöty voi olla pieni
- Pienryhmäkeskustelua joistakin aihepiirin alueista
- Kysy epäselvät asiat

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

13

Kertaustehtävät

- Kertaustehtävät
 - Itsearviointia
 - tehdään vasta aihepiiriin perehtymisen jälkeen
 - osaanko jo tämän asian?
 - testaa vain osan aihepiiriä, ei takaa osaamista
 - Materiaalin käyttö ei vaikuta suoraan arvosanaan
 - materiaalin käytöstä ei pidetä kirjaa
 - materiaalin käytöstä ei saa arvosanaan vaikuttavia pisteitä
 - Laatijat: Aiempien vuosien projektit

<https://www.cs.helsinki.fi/i/kerola/tito/kertaus/pract.html>

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

14

Harjoitustehtävät (8/60 p)

- Tavanomaiset laskuharjoitustehtävät
- Oppiminen tapahtuu tehtäviä ratkaistaessa ja niistä keskusteltaessa
 - opiskele aihepiirin asiat ennen tehtävien työstämistä itsenäisesti
 - työstä tehtäviä itsenäisesti ennen niistä käytävää keskustelua
 - valmiin vastauksen lukeminen tai toiselle antaminen on hyvän oppimistilaisuuden hukkaan heittämistä!
- Vaikuttavat arvosanaan
 - tehdystä tehtävästä saa harjoitustehtävapistettä (htp)
 - vain ryhmätapaamisessa läsnäoleville
 - htp:t skaalataan lineaarisesti arvosanapisteiksi (83% → 8p)

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

15

Harjoitustilaisuudet



- Opiskelijat jaetaan ”pöytiin”
 - Joka pöydässä kuhunkin tehtävään ainakin yksi sen tehtävän ratkaisut opiskelija?
- Harjoitustehtävien läpikäynti opiskelijavetoisesti pienryhmissä
 - Ei valmiiden ratkaisujen esityksiä kaikille
 - Voi otaksua, että kaikki ovat tutustuneet tehtäviin etukäteen ja ainakin yrittäneet ratkaista ne
 - Ohjaaja auttaa tarvittaessa
- Malliratkaisut käytettävissä tilaisuuden loppupuolella
 - Mukana ylim. keskustelutehtäviä
- Kaikki ovat paikalla loppuun asti
- Englanninkielisessä tilaisuudessa kuka tahansa voi päätyä englanninkieliseen pöytään
 - Osa pöydistä voi silti olla (ja yleensä on) suomeksi

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

16

Ttk-91 esimerkkietokone

- Auvo Häkkinen, 1991
 - Tietokoneen toiminta –kurssi 1991
- Yksinkertainen tietokonearkkitehtuuri
 - Määrittelytaso juuri tälle kurssille sopiva
- Yksinkertainen (symbolinen) konekieli
 - Helppo oppia, ei liikaa konekäskyjä
 - Sopiva tämän kurssin tavoitteisiin
- Tavoitteet
 - Ymmärtää, minkälaista koodia suoritin käyttää
 - Ymmärtää, miten järjestelmä suorittaa ohjelmaa

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

17

Titokone

- Java-ohjelma, joka simuloi ttk-91 tietokonetta ja sen käyttöjärjestelmää
 - ttk-91 spesifikaatio ja simulaattori, Auvo Häkkinen, 1991
 - Toimii samalla tavalla kuin laitteistolla toteutettu ttk-91 kone ja sen käyttöjärjestelmä
 - Ohjelmistotuotantoprojekti Koski, kevät 2004
- Sisältö
 - Ttk-91 symbolisen konekielen kääntäjä
 - Ttk-91 emulaattori, joka suorittaa käännettyjä ttk-91 konekielisiä ohjelmia
 - Ohjelmistonkehitysympäristö sisäänrakennettuna emulaattorissa
 - Animaattori, joka visualisoi käskyjen suoritusta ttk-91 arkkitehtuurin laitteistossa
 - Graafinen käyttöliittymä

Keskustele

<http://www.cs.helsinki.fi/group/nodes/kurssit/tito/esimerkit/>

<http://www.cs.helsinki.fi/group/titokone/distr/titokone-1.203.jar>

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

18

TitoTrainer

- Nykyinen versio: TitoTrainer2
- Titokoneen "päälle" rakennettu ohjelmisto
- Toteutetaan ttk-91 ohjelmia tai niiden osia
 - Samoja ohjelmia voi myös ajaa Titokoneella
- Vastauksen oikeellisuus tarkistetaan automaattisesti

<http://titotrainer2.users.cs.helsinki.fi>

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

19

TitoTrainer tehtävät (12/60 p)

- Ttk-91 symbolisen konekielen harjoitteluun TitoTrainer-ympäristössä
- Paja
 - Kurssiviikko 2 (4 p)
 - Kurssiviikko 3 (4 p)
- Itsenäinen työskentely (kaverien kanssa?) pajan jälkeen
 - Kurssiviikot 4-6, (4p)

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

20

Kurssikoe (40/60 p)

- Tavanomainen kirjallinen koe
 - 2.5 tuntia
 - 3-4 tehtävää
- Uusintakoe = seuraava erilliskoe
 - Muistuta asiasta koepaperilla
 - Arvostellaan erilliskokeena
 - Vain tämä koe vaikuttaa arvosanaan
 - Arvostellaan kurssikokeena
 - Arvostelu kuten kurssikokeen yhteydessä
 - Harjoituspisteet ja TitoTrainer-pisteet vaikuttavat arvosanaan
- Parempi arvosana jää voimaan

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

21

Kurssin arvostelu

Harjoitustehtävät	8 p
TitoTrainer-tehtävät	
Tito-paja, vk 2	4 p
Tito-paja, vk 3	4 p
Itsenäinen harjoittelu, vk 4-6	4 p
Kurssikuulustelu, uusintakuulustelu	40 p
<i>minimitaso 20 p</i>	
Yhteensä	60 p
<i>minimitaso 30 p</i>	

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

22

Oppimateriaali

- Oppikirjat
 - Stallings: Computer Org. and Architecture, 9th ed., 2013 (8th ed., 2010 myös OK)
 - Tanenbaum: Structured Computer Organization, 5th Ed, 2010
- Verkkoluennot 1-11
- Luennot
- Titokone ja TitoTrainer harjoitteluympäristöt
- Harjoitukset
- Kertaustehtävät

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

23

WWW Informaatio

- Kurssin kotisivu
 - Kurssin aikataulu
 - Kaikki tiedotus
- Osa materiaalista on TKTL Intranetissä
 - Verkkoluennot (Authorware)
 - Kertauskysymykset
 - Harjoitusten esimerkkivastaukset
 - Kaikki tarvitsevat TKTL tunnuksen
 - Ohjeet tunnuksen hankkimiseksi laitoksen www-sivulla

23.10.2012

Copyright 2012 TeemuKerola

24

Kurssin sisältö

- Tietokonejärjestelmän rakenne
- TTK-91 -tietokone ja sen simulaattori
- Konekielinen ohjelmointi
- Aliohjelmien toteutus

- Suoritin ja väylä
- Tiedon esitysmuodot
- Tiedon muuttumattomuus ja muisti

- Ohjelman ja käyttöjärjestelmän toteutus
- Ulkoinen muisti ja I/O:n toteutus
- Käännös, linkitys ja lataus
- Tulkinta ja emulointi

23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola 25

Tito vs. Tikra

Muisti

Suoritin

Väylä

Ohjain

Levy

Tietokoneen toiminta (Tito)

Tietokoneen rakenne (Tikra)

Tito: Mitä systeemiässä tapahtuu?
Mitä käyttöjärjestelmä tekee?

Tikra: Miten CPU ja muisti on toteutettu?
Miten kellopulssi saa käskyt suoritetuksi?


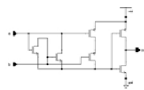
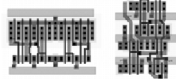
23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola 26

Suorittimen toteutushierarkia (2)

- Konekieliarkkitehtuuri
 - ADD R1, R2
- Moduulit
 - Adder, register, ALU
- Loogiset portit
 - AND, OR, NOR
- Piirisuunnittelu
 - Virrankulutus, ajoitus, piuhojen sijoitus
- Toteutuslaitteisto
 - Elektroniputki, transistori, mikropiiri

↑ Tikra

↑ Tito







23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola 27

Motto

- “Kunto ei nouse, jos ei tule hiki”
 (“It is not good exercise, if you do not sweat”)
– Ei tämä silti mikään maraton ole!
- Käytä kurssiin n. 12 t / viikko
+ kokeeseen valmistautuminen + koe

$$5 \text{ v} / 300 \text{ op} = 1 \text{ v} / 60 \text{ op} = 1600 \text{ t} / 60 \text{ op} = 26.67 \text{ t} / 1 \text{ op} = 107 \text{ t} / 4 \text{ op}$$

23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola 28

Verkkoluento 1

Tietokonejärjestelmän rakenne

Järjestelmän eri tasot
Laitteiston nopeus

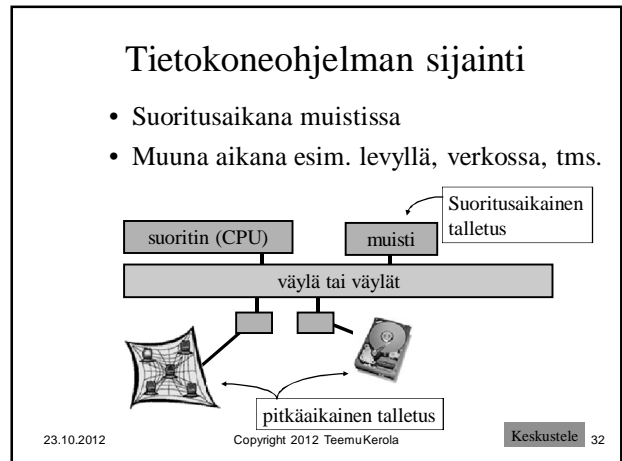
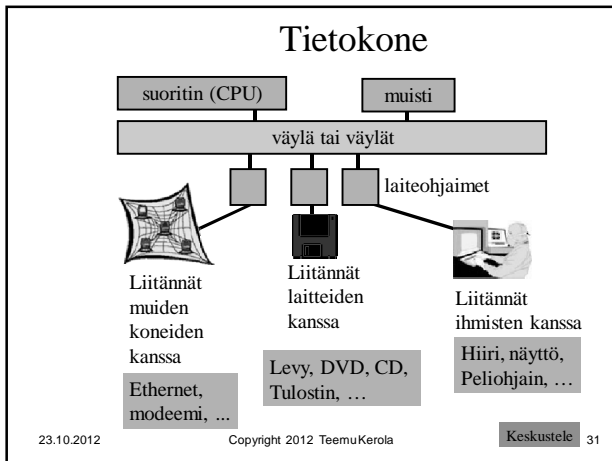
23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola 29

Verkkoluento 1

Tietokonejärjestelmän rakenne

Järjestelmän eri tasot
Laitteiston nopeus

23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola 30



Teemun juustokakku

Rekisterien, välimuistin, muistin, levymuistin ja magneettinauhan nopeudet suhteutettuna juuston hakuajanaan juustokakkuja tehdessä?

käsi

0.5 sek
(rekisteri)

pöytä

1 sek
(välimuisti)

jääkaappi

10 sek
(muisti)

kuu

12 pv
(levy)

Europa (Jupiter)

4 v
(nauha, ihminen)

23.10.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola Keskustelee 33

-- loppu --

Konrad Zuse: Z1 (1938 Saksa)

- mekaaninen "laskin", kelloaajuus 1 Hz (käännä kampea!)
- kertolasku 5 s
- datamuisti 64W à 24b
- ohjelma reikänauhalta (filmiltä)

Components of the Z1

Memory - 64 words à 22 bits

Selection Unit	Memory Block 64 x Exponent + Sign à 8 bits	Memory Block 32 x Mantissa à 14 bits	Memory Block 32 x Mantissa à 14 bits
Program Unit	Memory Control	Memory Control	Memory Control
Sign Unit	Arithmetic Unit (Floating Point)		
Control Unit	Exponent	Mantissa	Mantissa
	Register R1	Register R2	
	Control Unit	Output	Input

http://irb.cs.tu-berlin.de/~zuse/Konrad_Zuse/en/Rechner_Z1.html

28.8.2012 Teemu Kerola 34