

Luento 7

Tiedon esitysmuodot (jatk)

Tiedon muuttumattomuuden tarkistus

Järjestelmän sisäinen muisti

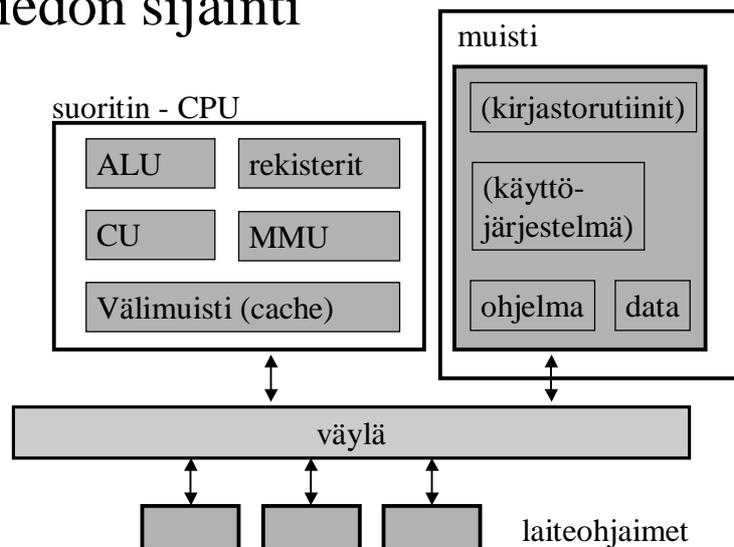
Pariteetti
Hamming-koodi
Välimuisti
Tavallinen muisti
Muistien historiaa

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

1

Tiedon sijainti



6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

2

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

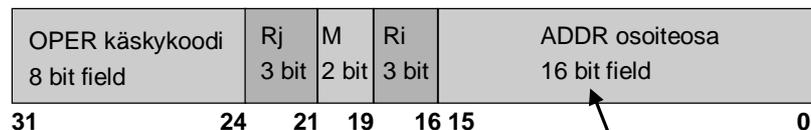
6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

3

TTK-91 konekäskyn rakenne

- Käskyn esitys bittitasolla on aina:



Rj = käskyn ensimmäinen operandi

Ri = indeksirekisteri (R0 ≡ 0)

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

00 eli 0 kpl, välitön osoitus (STORE: suora osoitus)

01 eli 1 kpl, suora osoitus (STORE: epäsuora osoit.)

10 eli 2 kpl, epäsuora osoitus (STORE: epäkelpo arvo)

(11 eli 3 kpl, epäkelpo arvo → poikkeustilanne)

muistiosoite tai
(pienehkö) vakio

(addressing
mode)

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

4

Konekäskeyn operandit ja tulos

- Tulos: rekisteri R_j
 - paitsi WRITE- tai PUSH-käskeyissä muistipaikan sisältö
- Ensimmäinen operandi: rekisteri R_j
- Toinen operandi
 - laske ensin arvo $R_i + ADDR$ ja käytä sitä sellaisenaan tai käytä sitä muistisoitteena

Kone-
kielen
tiedon
osoitus-
moodit

- arvo: $R_i + ADDR$
- muistipaikan $M[R_i + ADDR]$ sisältö
- muistipaikan $M[M[R_i + ADDR]]$ sisältö

jos $R_i = R_0$,
niin pelkkä $ADDR$

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

5

Taulukkojen esitysmuoto

- Peräkkäisrakenteena, kuten esimerkit aikaisemmin
- Riveittäin tai sarakeittain
- Ei omia konekäskeyjä, manipulointi aliohjelmilla tai loopeilla
 - Poikkeus: vektorisuorittimet, joilla
 - vektorirekisterit (esim. 64 liukulukua) tavallisten rekistereiden lisäksi
 - omia konekäskeyjä vektoriopeaatioita varten
- Indeksoitu tiedonosoitusmoodi tukee 1-ulotteisten taulukoiden käyttöä

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

6

Tietueiden esitysmuoto

- Peräkkäisrakenteena
- Osoite on jonkin osoitinmuuttujan arvo
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla tai kääntäjän generoimien vakioolisäysten avulla
- Indeksoitu tiedonosoitusmoodi tukee tietueiden käyttöä

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

7

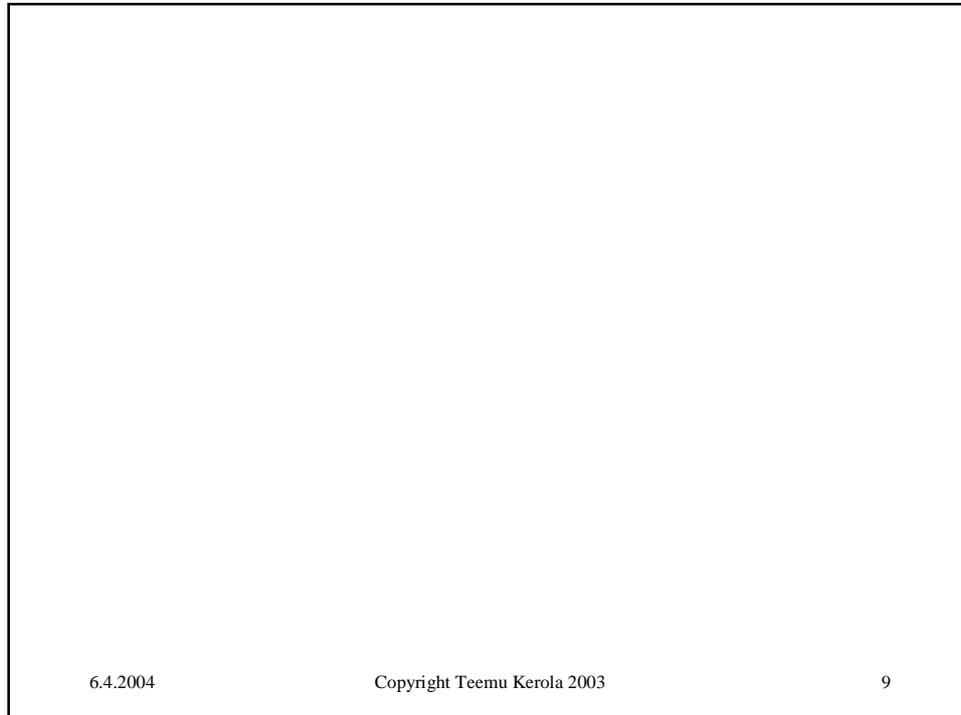
Olioiden esitysmuoto

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

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

8



Tiedon muuttumattomuus

- Muuttumattomuus vaikuttaa itsestäänselvyydeltä, mutta ...
- Laitteisto voi vioittua ja aiheuttaa muutoksia tallennettuihin tietoihin
 - Bitti vaihtaa tilaa (0 ->1 tai 1 ->0)
- Ohjelmassa voi olla virhe, joka aiheuttaa tiedon tallennuksen väärään paikkaan
 - Koko muistipaikan sisältö vaihtuu

Entä jos bitti kääntyy?

- Bitti vaihtaa tilaa valvomattomasti
- Bitti voi muuttua muistissa tai tiedon siirrossa sekä väylällä että koneiden välillä
- Syytä
 - sähköinen komponentti tai johdin vaurioituu
 - lämpöherkkä komponentti (lämmettyään lakkaa toimimasta)
 - jännitepiikki
 - elektromagneettinen säteily
 - irtonainen johdin (huono liitos)

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

11

Tiedon tarkistus ⁽³⁾

- Tiedon oikeellisuutta ei voi tarkistaa yleisessä tapauksessa
- Laitteistovirheitä voidaan havaita ja joskus automaattisesti korjata
 - muistipiirissä voi olla vika (staattinen vika)
 - sopiva alkeishiukkanen voi muuttaa bitin tiedonsiirron aikana (transientti virhe)
 - korjaamattomasta virheestä voi aiheutua häiriö
- Tietokannan eheys on eri asia!

Lisää
tietoa?



Tieto-
kanta
kurssit

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

12

Bittitason tarkistukset ⁽⁵⁾

- Muistipiirit, levyt, väylät, tiedonsiirrot 120464-121C
- Monenko bitin muuttuminen havaitaan? Hetu: 1
- Monenko bitin muuttuminen voidaan automaattisesti korjata? Hetu: 0
- Havaitsemiseen ja/tai korjaamiseen tarvitaan enemmän (ylimääräisiä) bittejä
 - lisämuistitilan tai levytilan tarve?
 - lisäpiuhojen tarve väylällä? Hetu: +10%
- Tarkistukset/korjaukset laitteisto- vai SW-tasolla? Hetu: ohjelmistotasolla

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

15

Ylimääräisten bittien käyttö

- Yksi ylimääräinen bitti
 - Voidaan havaita yhden bitin virhe
 - Pariteettibitiksi
- Useampia ylimääräisiä bittejä
 - Voidaan havaita useamman bitin virhe tai korjata yhden tai muutaman bitin virhe
 - Hamming-koodaus pienehkölle bittiryhmälle (esim. tavu)
 - CRC (Cyclic Redundancy Code) isommalle määrälle

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

16

Pariteettibitti ⁽⁹⁾

- Yksi ylimääräinen bitti per tietoalkio
 - sana, tavu, tietoliikennepaketti
- Parillinen (pariton) pariteetti: 1-bittien lukumäärä on aina parillinen (pariton)
- Havaitsee: 1 bitti
- Korjaa: 0 bittiä
- Esimerkki (parillinen pariteetti)

0010 001 0

1000 1101 1111 001 1

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

17

Hamming etäisyys ⁽³⁾

- Montako bittiä jossain koodijärjestelmässä (esim ISO Latin-1) esitetyllä koodilla (esim. 'A' = 0x41 = 0100 0001) täytyy muuttua, että se muuttuu johonkin toiseen (mihin tahansa) lailliseen koodiin.

'A' = 0x41 = 0100 0001

2 bittiä

'B' = 0x42 = 0100 0010

1 bittiä

'C' = 0x43 = 0100 0011

- ISO Latin-1:n Hamming etäisyys: 1
- Pariteettibitin kanssa Hamming etäisyys: 2
 - mikä todennäköisyys 2 bitin (vs. 1 bitin) virheeseen?
 - riittävän pieni? $(\text{Prob}\{ \text{"yhden bitin virhe"} \})^2$

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

18

Hamming etäisyys

- Kertoo mahdollisuudet bittivirheiden havaitsemiseen tai korjaamiseen
- Merk. d joukon pienin Hamming etäisyys
- m -bittinen virhe havaitaan, kun

$$d \geq m+1$$
- m -bittinen virhe voidaan korjata, kun

$$d \geq 2m+1$$

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

19

Virheen korjaava Hamming koodi₍₅₎

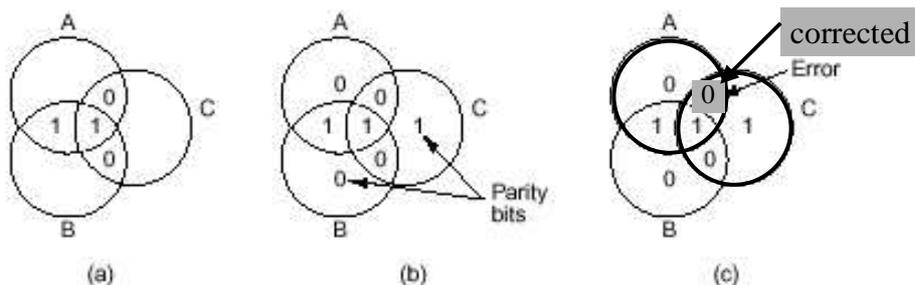


Figure 2-14. (a) Encoding of 1100. (b) Even parity added. (c) Error in AC.

[Tane99]

(a) Kukin databitti (4 kpl) kuuluu erilaisiin pariteettijoukkoihin (3 kpl)

(c) Joukot A ja C havaitsevat virheen ja siten paikallistavat virheellisen bitin

Täsmälleen 1 databitti identifioituu kerrallaan!

(b) Tarvitaan 3 ”ylimääräistä” bittä!

entä jos virhe pariteettibitissä?

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

20

Hamming koodi ⁽⁹⁾

- Käytetään useampia pariteettibittejä
- Havaitsee: 2:n bitin muuttuminen
- Korjaa: 1 bitin muuttuminen

Data + parit. 100 1100

4 bittiä dataa,
3 pariteettibittiä

Bitti nro: 765 4321

Kaikki bitit nro 2^i ovat pariteettibittejä,
muut ovat databittejä (numerot alkavat 1:stä)

Kutakin databittiä n tarkistavat ne pariteettibitit
joiden summana n voidaan esittää. Parillinen pariteetti.

$6 = 4 + 2 \Rightarrow$ databittiä 6 tarkistavat par. bitit 4 ja 2

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

21

Virheen korjaava Hamming koodi ⁽⁸⁾

(ECC)

Data:

(100) 1100

(10) 1100

(parillinen
pariteetti)

Bitti nro: 765 4321

765 4321

421

Pariteettibitti 1 tarkistaa bittejä 1, 3, 5, 7

Pariteettibitti 2 tarkistaa bittejä 2, 3, 6, 7

Pariteettibitti 4 tarkistaa bittejä 4, 5, 6, 7

Tapahtuu virhe: bitti 6 muuttuu (flips)

1 = 001

2 = 010

3 = 011

4 = 100

5 = 101

6 = 110

7 = 111

Pariteettibitti 2 tarkistaa bittejä 2, 3, 6, 7: VIRHE

Pariteettibitti 4 tarkistaa bittejä 4, 5, 6, 7: VIRHE

 $2+4 = 6 \Rightarrow$ korjaa bitti nro 6

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

22

Virheen korjaava Hamming koodi (ilman animaatioita)

Data: **100 1100** **110 1100** (parillinen pariteetti)

Bitti nro: 765 4321 765 4321

Pariteettibitti 1 tarkistaa bittejä 1, 3, 5, 7

Pariteettibitti 2 tarkistaa bittejä 2, 3, 6, 7

Pariteettibitti 4 tarkistaa bittejä 4, 5, 6, 7

Tapahtuu virhe: bitti 6 muuttuu (flips)

Pariteettibitti 2 tarkistaa bittejä 2, 3, 6, 7: **VIRHE**

Pariteettibitti 4 tarkistaa bittejä 4, 5, 6, 7: **VIRHE**

$2+4 = 6 \Rightarrow$ korjaa bitti nro 6

1 = 001

2 = 010

3 = 011

4 = 100

5 = 101

6 = 110

7 = 111

6.4.2004
Copyright Teemu Kerola 2003
23

Hamming koodi

Data Bits	Single-Error Correction		Single-Error Corr & Double-Error Detection	
	Check Bits	%increase	Check Bits	%increase
8	4	50	5	62.5
16	5	31.25	6	37.5
32	6	18.75	7	21.875
64	7	10.94	8	12.5
128	8	6.25	9	7.03
256	9	3.52	10	3.91

Table 5.2 [Sta03]

6.4.2004
Copyright Teemu Kerola 2003
24

Hamming: 8 databittiä												
Positio	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Bin. lukuna	1100	1011	1010	1001	1000	0111	0110	0101	0100	0011	0010	0001
Data bitti	D8	D7	D6	D5		D4	D3	D2		D1		
Tark. bitti					C8				C4		C2	C1
Tallettu	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
						D3 muuttuu 0->1						
Noudettu	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Tark. bitti					0				0		0	1

6.4.2004 Copyright Teemu Kerola 2003 Fig 5.10 [Sta03]
25

CRC - Cyclic Redundancy Code ⁽⁷⁾

- Tiedonsiirrossa käytetty tarkistusmenetelmä
- Tarkistussumma (16 bittiä) isolle tietojoukolle
 - laske $CRC = f(\text{viesti}) \% 2^{16}$ (ota 16 viimeistä bittiä)
 - lähetä viesti ja CRC
 - vastaanota viesti ja CRC
 - laske CRC ja tarkista, oliko se sama kuin viestissä
 - jos pielessä, niin pyydä uudelleenlähetystä

CRC-CCITT CRCs detect:

All single- and double-bit errors
 All errors of an odd number of bits
 All error bursts of 16 bits or less
 In summary, 99.998% of all errors

Virheiden tarkistusmenetelmien käyttöalueet

- Mitä lähempänä suoritinta, sitä tärkeämpää tiedon oikeellisuus on
- Sisäinen väylä, muistiväylä
 - virheet lennossa korjaava Hamming koodi
- Paikallisverkko
 - uudelleenlähetyksen vaativa CRC
 - kun tulee virheitä, niin niitä tulee yleensä paljon
 - Hamming koodi ei riitä kuitenkaan
 - pariteettibitti päästää läpi (esim.) 2 virheen paketit

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

27

Laitteiden monistaminen ⁽⁴⁾

- Monta muistipiiriä tai levyä, samat tiedot monistettu
- Monta suoritinta, samat käskyjen suoritukset monistettu
- Monta laitteistoa, samat ohjelmat monistettu
 - äänestysmenettely: enemmistö voittaa
 - monimutkainen, hidas?
 - virheelliseksi havaittu laitteisto suljetaan pois häiriköimästä automaattisesti?
- Eri- tai samantyyppiset laitteistot, samankaltaiset ohjelmat
 - samat speksit, samat syötteet, eri ohjelmoijat

“Four of the five computers (IBM AP-101) on the Columbia ran identical software and compared results with each other before giving the go-ahead to take a specific action. The fifth computer (also IBM AP-101) ran a different version of the software and was used only if the others failed.”

<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/computers/contents.html>

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

28

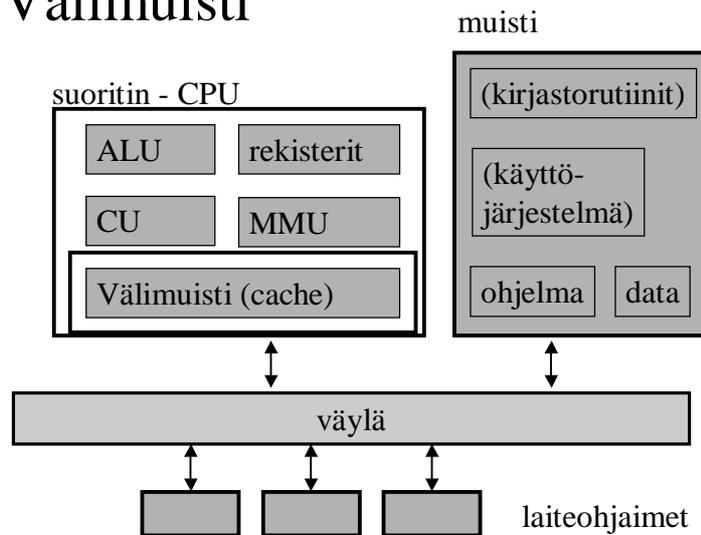
- Pariteetti
- Hamming-koodi
- Välimuisti
- Tavallinen muisti
- Muistien historiaa

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

29

Välimuisti



6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

30

Välimuisti (cache) ⁽³⁾

- Ongelma: keskusmuisti on aika kaukana suorittimesta
 - rekisterin viittausaika: X
 - muistin viittausaika: 10X
- Ratkaisu: välimuisti lähelle suoritinta
 - pidetään siellä (kopioita) viime aikoina viitatuista keskusmuistin alueista
 - välimuistin viittausaika: 2X
- Jokainen muistiviite on nyt seuraavanlainen
 - jos data ei ole välimuistissa, niin hae se sinne
 - suoritin odottaa tällä aikaa, laitteistototeutus!
 - tee viittaus dataan (käskyyn) välimuistissa
 - (talleta muutettu tieto keskusmuistiin)

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

31

Välimuisti ⁽⁶⁾

- Tuntumaton suorittimelle
 - Fig. 4.3 [Stal03]
 - Fig. 4.13 [Stal99]
 - jos viitattu tieto ei saatavilla, niin suoritin vain odottaa muutaman kellopulssin ajan...
- Toteutettu usein nopeammalla teknologialla kuin keskusmuisti (tavallinen muisti)
- Toteutettu nykyään usein samalla mikropiirillä kuin suoritin
- Silti iso aikaero: välimuisti 2X, muisti 10X
- TTK-91 koneessa ei ole välimuistia

Lisää tietoa?  tietokoneen rakenne-kurssi

Lisää tietoa?  käyttöjärjestelmä-kurssit

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

32

- Pariteetti
- Hamming-koodi
- Välimuisti
- Tavallinen muisti
- Muistien historiaa

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

33

Muistin toteutus ⁽⁶⁾

- Eri teknologioita eri tasoisiin muisteihin
- RAM - Random-Access Semiconductor Memory
 - anna osoite ja lue/kirjoita signaali
 - mistä vaan voi lukea/kirjoittaa samassa ajassa
 - virta pois ⇒ tiedot häviävät (volatile memory)

Huom: kaikki nykyiset muistit ovat "random access"

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

34

RAM:n kaksi eri teknologiaa (2)

- DRAM: dynaaminen RAM, halvempi, hitaampi, tietoja pitää virkistää vähän väliä (esim. joka 2 ms)
 - tavallinen keskusmuisti (1975-..) useimmissa koneissa
 - toteutettu kondensaattoreilla, jotka ”vuotavat” ...
- SRAM: staattinen RAM, kalliimpi (~10-20x), nopeampi (~10x), ei vaadi tietojen virkistämistä
 - välimuisti useimmissa koneissa
 - muisti superkoneissa (esim. Cray C-90)
 - toteutettu samanlaisilla logiikkaportteilla (gate) kuin prosessorikin
 - CMOS valmistusteknologia (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

35

ROM teknologia (8)

- ROM - Read-Only Memory
 - tieto säilyy virran katkettua (non-volatile)
 - voi käytössä vain lukea, ei voi kirjoittaa
 - esim. järjestelmän alustustiedot (BIOS)
 - kirjoitus lastun valmistusaikana, Mask-ROM
 - ei enää käytössä
 - huono puoli: kerran väärin, aina väärin
 - päivitys: laita valmistajalta saatu uusi lastu paikalleen
 - tietoa voi lukea mistä vain samassa ajassa (random access)
 - yleensä hitaampi kuin RAM (~10x)

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

36

Kirjoitettavia ROM-muisteja ⁽⁶⁾

read-
mostly
memory

- PROM - Programmable ROM
 - kerran kirjoitettava
 - tiedon päivitys: ”polta” tiedot tyhjään PROM:iin
- EPROM - Erasable PROM
 - tietoja ei voi päivittää sana kerrallaan
 - vanhat tiedot voidaan (kaikki!) poistaa 20 min. UV-säteilyllä, jonka jälkeen päivitettyt tiedot voidaan ladata
- EEPROM - Electronically Erasable PROM
 - tietojen pyyhkiminen tavukohtaisesti elektronisesti
- FLASH EEPROM memory
 - tietojen pyyhkiminen nopeasti kerralla elektronisesti
 - normaalijännitteellä, kaikki tai lohko kerrallaan
 - nopeampi kuin EEPROM

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

37

- Pariteetti
- Hamming-koodi
- Välimuisti
- Tavallinen muisti
- Muistien historiaa

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

38

Muistien historiaa

- Kondensaattorirumpu
 - 1939, ABC, Atanasoff-Berry Computer, Iowa State College.
 - lähinnä laskin, ei toiminut
 - kondensaattorit pyörivän rummun pinnalla



32 numeroa á 50 bittiä



Artzybasheff
Time cover
1951

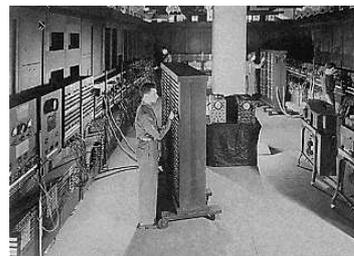
6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

39

Muistien historiaa

- Elektroniputki
 - logiikka, muisti
- ENIAC, 1945
 - Electronic Numerical Integrator and Computer
 - J.W. Mauchly, J.P. Eckert, J. von Neumann
 - 18 000 elektr. putkea
 - 70 000 vastusta
 - 5 milj. juotettua liitosta
 - tykinammusten ja pommien radanlaskenta



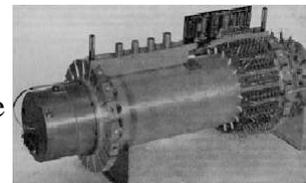
6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

40

Muistien historiaa

- Akustinen elohopeaviiveputki
 - kvartsikide muutti sähkövirran akustiseksi signaaliksi (ja päin vastoin) pietsosähköisen ilmiön avulla
 - 1000 bittiä per 1.45m putki
 - W. Shockley & J.P. Eckert, 1946
 - M. Wilkes, EDSAC – Electronic Delay Storage Automatic Calculator, 1949
 - Mauchly & Eckert, UNIVAC, 1951 (ens. kaupallinen tietokone USA:ssa)



Univac memory

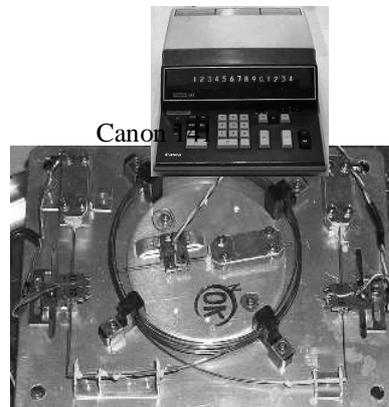
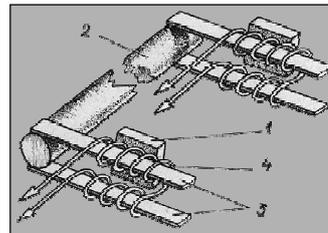
6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

41

Muistien historiaa

- Akustinen nikkeliiviiveputki
 - magneettikenttä aiheuttaa pituussuuntaisen muodonmuutoksen tankoon ja siten vääntöpulssin johtimeen
 - vähän ajan päästä muutos tuntuu toisessa päässä ja aiheuttaa magneettikentän muutoksen siellä
 - Hazeltine Electronic Corp, 1950?
 - Elliot 401, 1953
 - Canon 141 laskin, 1969
 - Sony Sobax 2500, 1970



6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

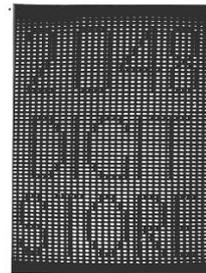
42

Muistien historiaa

- Williams Tube
 - 1946, Williams & Kilburn
 - katodisädeputki
 - ensimmäinen suuri ”RAM” muisti
 - kallis: \$1000 / 1 kk / putki
 - Small Scale Experimental Machine (”Baby”), 1947
 - Ferranti Mark I, ensimmäinen yleiskäyttöinen kaupallinen tietokone, 1951 (10000 bitin muisti)
 - akustisen viiveteknologian kilpailija



Tom Kilburn holding a Cathode Ray Tube



Storing 2048 bits on a CRT in 1947

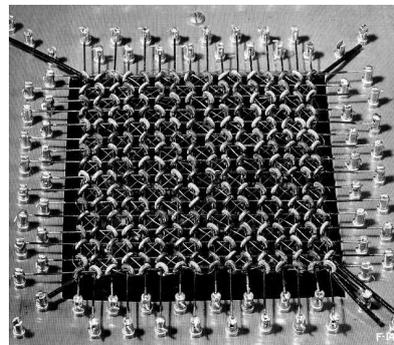
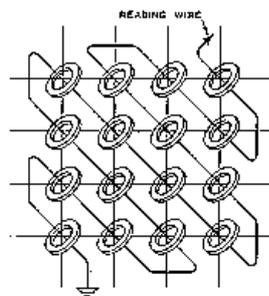
6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

43

Muistien historiaa

- Ferriittirengas (core) teknologia
 - 1952, Jay Forrester & Bob Everett, MIT (Whirlwind)
 - tieto säilyy ilman virtaa
 - ei häiriinny säteilystä (avaruus, sotilasteknologia)
 - 1955, valtaa muistimarkkinat Williams Tube’lta



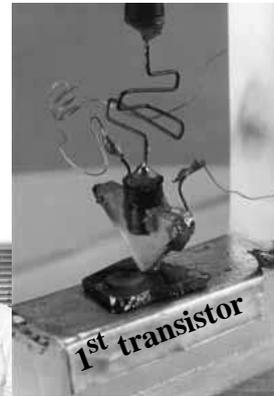
6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

44

Muistien historiaa

- Transistori
(nopea, kestävä)
 - J. Bardeen,
W.B. Shockley
ja W. Brattain,
ATT Bell Labs,
1948
 - Nobel 1956
 - MIT TX-0,
1957,
ensimmäinen
transistoroitu
tietokone



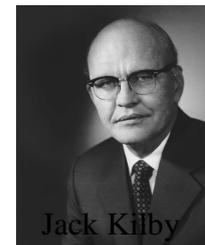
6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

45

Muistien historiaa

- Integroitu piiri
(ei enää johtoja)
 - Jack Kilby,
Texas Instruments, 1958
 - Nobel 2000
 - ensimmäinen käsikäyttöinen laskin
 - Robert Noyce,
Fairchild Semiconductor, 1959
 - ”planar process” valmistusmenet.
 - perusti Intelin G. Mooren kanssa
 - IBM S/360, 1964



Jack Kilby



Robert Noyce

<http://www.tomorrowtoday.com/content/newsbriefs/HIRESwafer.htm>

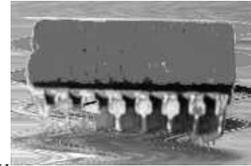
6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

46

Muistien historiaa

- DRAM
 - Robert Dennard, IBM, 1966
 - (US) National Medal of Technology 1988
 - Intel 1103 (1970)
 - John Reed
 - 1 Kbit
 - valtaa markkinat ferriittirengasmuisteilta 1972
- SRAM
 - 1970, Fairchild Corp



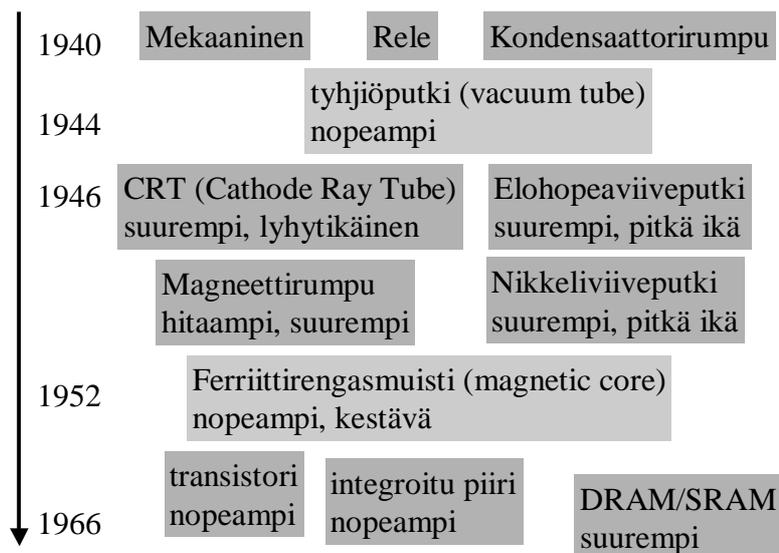
Robert Dennard

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

47

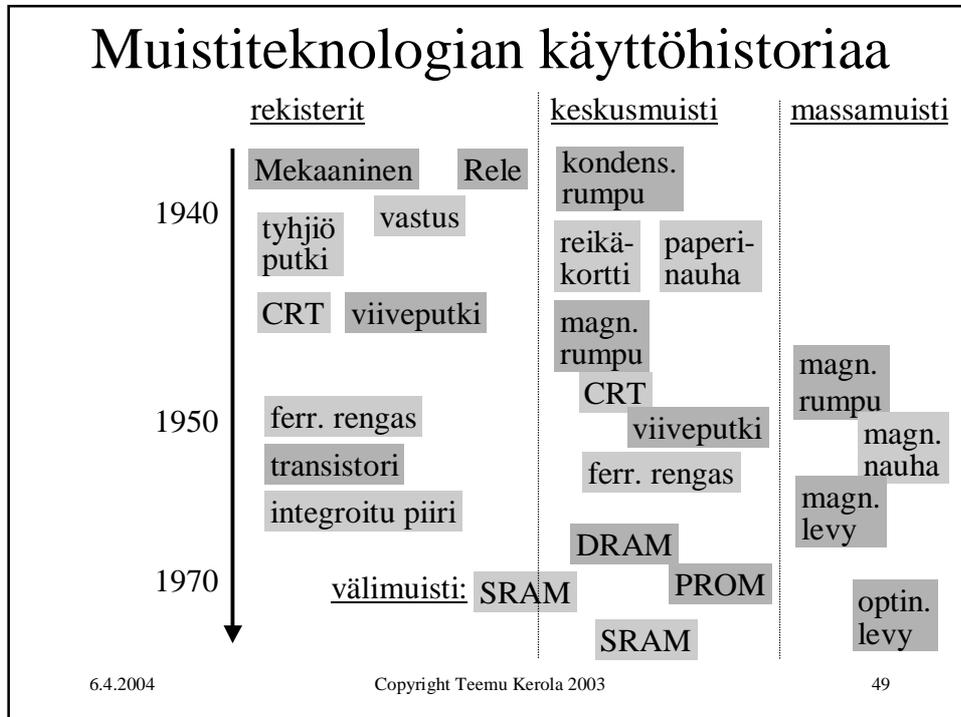
Muistiteknologian historiaa (7)



6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

48



Muistien historiaa

- Välimuisti (1965, Maurice Wilkes)
 - IBM S/360 Model 85
 - 1968
 - 256 lohkoa á 64 tavua




6.4.2004 Copyright Teemu Kerola 2003 50

Muistien historiaa

- PROM
 - ???
- EPROM
 - 1971, Dov Frohman, Intel 1701
- EEPROM,
 - 1980, Intel 2816
- Flash EEPROM
 - 1984, Fujio Masuoka,
Toshiba



Fujio
Masuoka

6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

51

Muistien historiaa

- OROM - optical ROM
 - 1990, James Russell
(Russell keksi myös CD-ROM:n)
 - 1998, Wond-OROM-a
 - 128 MB/kortti plus lukulaite
 - ei liikkuvia osia
 - sama nopeus kuin CD-ROM:lla
(siis aika hidas!)
 - pieni virrankulutus
 - sopii kannettaviin laitteisiin
 - hävisi Flash-muisteille



6.4.2004

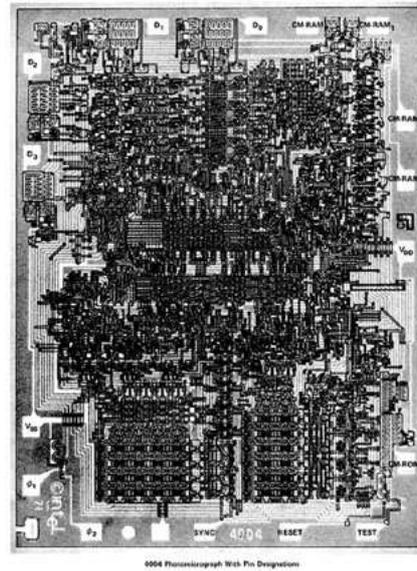
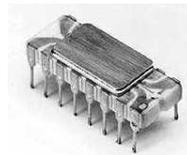
Copyright Teemu Kerola 2003

52

-- Luennon 7 loppu --

Intel 4004, 1971

- Faggin, Hoff, Mazor
- Ens. suoritin lastulla
3x4 mm, \$200
- 2300 transistoria
- 4 bitin sana
- Laskinta varten
- Sama laskentateho kuin
Eniacilla
(18000 tyhjiöputkea)



6.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

53