

Luento 7 Tiedon esitysmuodot (jatk) Tiedon muuttumattomuuden tarkistus Järjestelmän sisäinen muisti

Ohjelman esitysmuoto
Rakenteellinen tieto
Pariteetti
Hamming-koodi
Välimuisti
Tavallinen muisti
Muistien historiaa

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

1

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

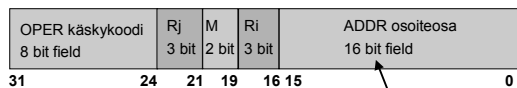
07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

2

TTK-91 konekäskyn rakenne

- Käskyn esitys bittitasolla on aina:



Rj = käskyn ensimmäinen operandi

Ri = indeksirekisteri ($R0 \equiv 0$)

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)

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

3

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 tai käytä sitä muistiosoitteena
 - arvo: $Ri + ADDR$ sisältö
 - muistipaikan $M[Ri + ADDR]$ sisältö
 - muistipaikan $M[M[Ri + ADDR]]$ sisältö

Kone-
kielen
tiedon
osoitus-
moodit

jos $Ri = R0$,
niin pelkkä ADDR

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

4

Taulukkojen esitysmuoto

- Peräkkäisrakenteena, kuten esimerkit aikaisemmin
- Riveittäin tai sarakeittain
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla tai loopeilla (paitsi ns. vektorikoneet, joilla on omia konekäskyjä vektoriopeeraatioita varten)
- Indeksoitu tiedonosoitusmoodi tukee 1-ulotteisten taulukoiden käyttöä

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

5

Tietueiden esitysmuoto

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

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

6

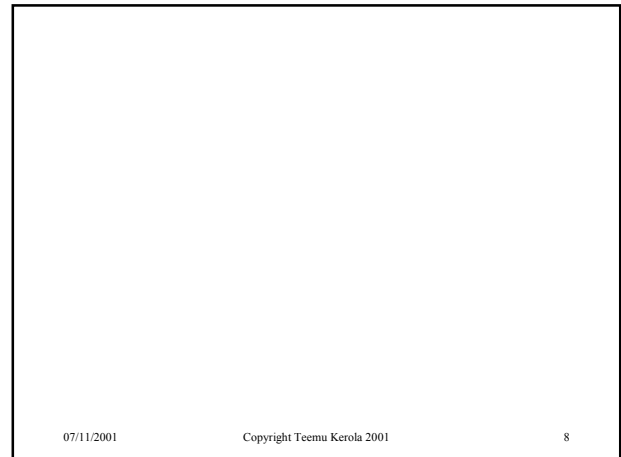
Olioiden esitysmuoto

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

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

7



07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

8

Tiedon tarkistus ⁽⁴⁾

- Tiedon oikeellisuutta ei voi tarkistaa yleisessä tapauksessa
- Laitteistovirheitä voidaan havaita ja joskus automaattisesti korjata
 - bitti voi muuttua muistissa tai tiedon siirrossa
 - muistipiirissä voi olla vika (staattinen **vika**)
 - sopiva alkeishiukkanen voi muuttaa bitin tiedonsiirron aikana (transientti **virhe**)
- Tietokannan eheys on eri asia!



07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

9

Tiedon muuttumattomuus ⁽²⁾

- Perusidea: otetaan mukaan ylimääräisiä bittejä, joiden avulla virheitä voidaan havaita ja ehkä myös korjata
- Järjestelmä suorittaa tarkistukset automaattisesti joko laitteistotasolla tai ohjelmiston avulla

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

10

Esimerkki ohjelmistotason tarkistusmerkistä ⁽²⁾

- Henkilötunnus: 120464-121C

$120464121 \% 31 = 12$

0123456789 ABCDEFHJKLMNPRSTUVWXY

↑ ↑
- Tarkistusmerkin avulla voidaan tarkistaa, että mikään yksi merkki ei ole väärin
 - havaitsee yhden merkin virheen
 - virhettä ei voi automaattisesti korjata!! Miksi?

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

11

Bittitason tarkistukset ⁽⁵⁾

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

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

12

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

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

13

Hamming etäisyys ⁽³⁾

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

'A' = 0x41 = 0100 0001
'B' = 0x42 = 0100 0010
'C' = 0x43 = 0100 0011

2 bittiä
1 bittiä

- ISO Latin-1:n Hamming etäisyys: 1
- Pariteettibitin kanssa Hamming etäisyys: 2
– mikä todennäköisyys 2 bitin (vs. 1 bitin) virheeseen?

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

14

Hamming koodi ⁽⁴⁾

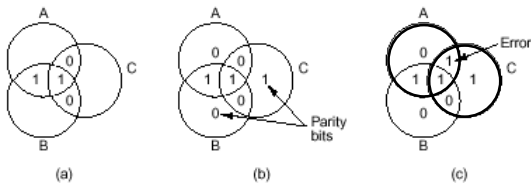


Figure 2-14. (a) Encoding of 1100. (b) Even parity added. (c) Error in AC.

[Tane99]

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

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

Täsmälleen 1 databitti identifioidu kerrallaan!

(b) Tarvitaan 3 "ylimääräistä" bittiä!

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

15

Hamming koodi ⁽⁹⁾

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

Data + parit. 100 1100 4 bittiä dataa,
Bitti nro: 765 4321 3 pariteettibittiä

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

Kutakin data-bittiä n tarkistavat ne pariteettibitit joiden summana n voidaan esittää. Parillinen pariteetti.

6 = 4 + 2 ⇒ databittiä 6 tarkistavat par. bitit 4 ja 2

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

16

Virheen korjaava Hamming koodi ⁽⁸⁾ (ECC)

Data: 000 1000 100 1100
Bitti nro: 765 4321 765 4321

Pariteettibitti 1 tarkistaa bittejä 1, 3, 5, 7 1 = 001
Pariteettibitti 2 tarkistaa bittejä 2, 3, 6, 7 2 = 010
Pariteettibitti 4 tarkistaa bittejä 4, 5, 6, 7 3 = 011
Pariteettibitti 7 tarkistaa bittejä 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 4 = 100
Pariteettibitti 6 tarkistaa bittejä 2, 3, 4, 5, 6, 7 5 = 101
Pariteettibitti 5 tarkistaa bittejä 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 6 = 110
Pariteettibitti 3 tarkistaa bittejä 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 7 = 111

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 ⇒ korjaa bitti nro 6

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

17

Virheen korjaava Hamming koodi (ilman animaatioita)

Data: 100 1100 110 1100
Bitti nro: 765 4321 765 4321

Pariteettibitti 1 tarkistaa bittejä 1, 3, 5, 7 1 = 001
Pariteettibitti 2 tarkistaa bittejä 2, 3, 6, 7 2 = 010
Pariteettibitti 4 tarkistaa bittejä 4, 5, 6, 7 3 = 011
Pariteettibitti 7 tarkistaa bittejä 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 4 = 100
Pariteettibitti 6 tarkistaa bittejä 2, 3, 4, 5, 6, 7 5 = 101
Pariteettibitti 5 tarkistaa bittejä 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 6 = 110
Pariteettibitti 3 tarkistaa bittejä 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 7 = 111

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 ⇒ korjaa bitti nro 6

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

18

CRC - Cyclic Redundancy Code ⁽⁷⁾

- Tiedonsiirrossa käytetty tarkistusmenetelmä
- Tarkistussumma (16 bittiä) isolle tietojoukolle
 - laske $CRC = f(\text{viesti}) \% 2^{16}$
 - lähetä viesti ja CRC
 - vastaanota viesti ja CRC
 - laske CRC ja tarkista oliko oikein
 - jos pielessä, niin pyydä uudelleenlähetyksestä

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

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

19

Virheiden tarkistusmenetelmien käyttöalueet

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

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

20

Laitteiden monistaminen ⁽⁶⁾

- Monta muistipiiriä, samat tiedot monistettu
- Monta suoritinta, samat käskyjen suoritukset monistettu
- Monta laitteistoa, samat ohjelmat monistettu
- Eri tyyppiset laitteistot, samankaltaiset ohjelmat (samat speksit, samat syötteet)
- Äänestysmenettely: enemmistö voittaa
 - monimutkainen, hidas?
 - virheelliseksi havaittu laitteisto suljetaan pois häiriköimästä automaattisesti?

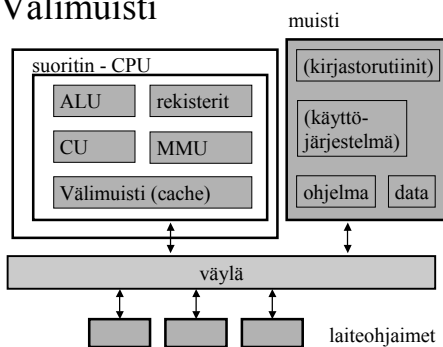
Lentokoneet, avaruussukkula, ydinvoimala, ...

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

21

Välimuisti



07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

23

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)

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

24

Välimuisti ⁽⁶⁾

- Tuntumaton suorittimelle Fig. 4.13 [Stal99]
 - jos viitattu tieto ei saatavilla, niin suoritin vain odottaa muutaman kellopulsstin 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



07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

25

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: static RAM, kalliimpi (~10-20x), nopeampi (~10x), ei vaadi tietojen virkistämistä
 - välimuisti useimmissa koneissa
 - muisti superkoneissa (esim. Cray C-90)
 - toteutettu samanlaisilla logiikkaporteilla (gate) kuin prosessorikin
 - CMOS valmistusteknologia (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

28

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"

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

27

ROM teknologia ⁽⁸⁾

- ROM - Read-Only Memory (non-volatile)
 - tieto säilyy virran katkettua
 - voi käytössä vain lukea, ei voi kirjoittaa
 - esim. järjestelmän alustustiedot (BIOS)
 - kirjoitus lastun valmistusaikana, Mask-ROM
 - 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)

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

29

Kirjoitettavia ROM-muisteja ⁽⁶⁾

- PROM - Programmable ROM
 - kerran kirjoitettava
 - tiedon päivitys: "polta" tiedot tyhjäan PROM:iin
- EPROM - Erasable PROM
 - tietoja ei voi päivittää sana kerrallaan
 - vanhat tiedot voidaan (kaikki!) poistaa 20 min. UV-säteilyllä, jonka jälkeen päivitetyt tiedot voidaan ladata
- EEPROM - Electronically Erasable PROM
 - tietojen pyyhkiminen tavukkohtaisesti elektronisesti
- FLASH EEPROM memory
 - tietojen pyyhkiminen nopeasti kerralla elektronisesti
 - normaali-jännitteellä BIOS, CIH-virus
 - nopeampi kuin EPROM

07/11/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

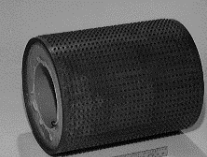
30



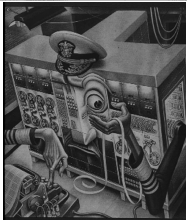
Muistien historiaa

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

Artzybasheff
Time cover
1951





32 numeroa á 50 bittia



07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 31

Muistien historiaa


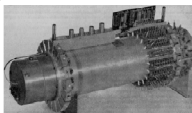
- Elektroniputki
 - logiikka, muisti
- ENIAC, 1945
 - Electronic Numerical Integrator and Computer
 - J.W. Mauchly, J.P. Eckert, J. von Neumann
 - 18,000 elektr. putkea
 - 70,000 vastusta
 - 5 milj. juotettua liitosta
 - tykinammusten ja pommien radanlaskenta

07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 33

Muistien historiaa

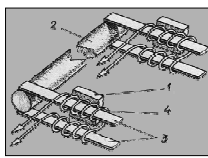
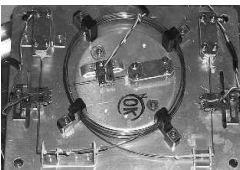
- Akustinen elohopeaviiveputki
 - kvartsikide muutti sähkövirran akustiseksi signaaliksi (ja päin vastoin) pietsosähköisen ilmiön avulla
 - 1000 bittia per 1.45m putki
 - W. Shockley & J.P. Eckert, 1946
 - M. Wilkes, EDSAC – Electronic Delay Storage Automatic Calculator, 1949
 - Mauchly & Eckert, UNIVAC,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

07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 34

Muistien historiaa


- Akustinen nikkeliviiveputki
 - 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

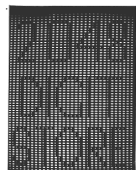
07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 35

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)



Tom Kilburn holding a Cathode Ray Tube

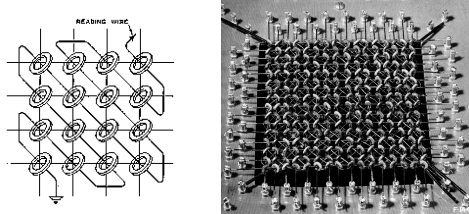


Storing 2048 bits on a CRT in 1947

07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 36

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'ita



07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 37

Muistien historiaa

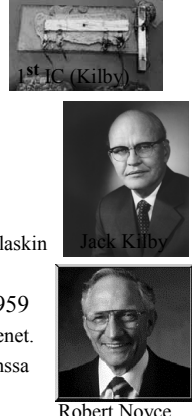
- Transistori
 - J. Bardeen, W.B. Shockley ja W. Brattain, ATT Bell Labs, 1948
 - Nobel 1956
 - MIT TX-0, 1957, ensimmäinen transistoroitu tietokone



07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 38

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



07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 39

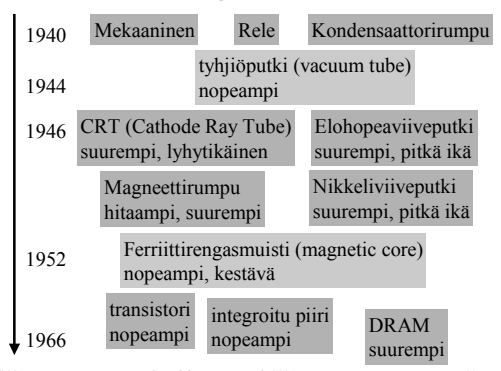
Muistien historiaa

- 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



07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 40

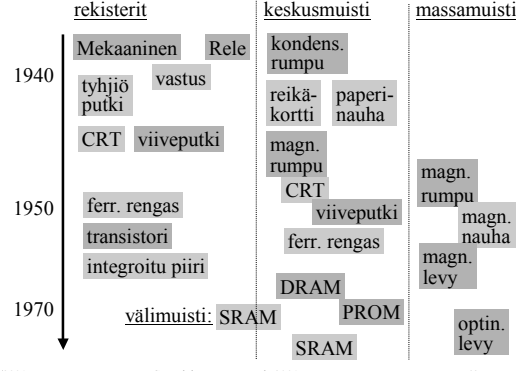
Muistiteknologian historiaa (7)



Vuosi	Teknologia	ominaisuudet
1940	Mekaaninen, Rele, Kondensaattorirumpu	
1944	tyhjiöputki (vacuum tube)	nopeampi
1946	CRT (Cathode Ray Tube), Elohopeaviiveputki	suurempi, lyhytikäinen / suurempi, pitkä ikä
	Magneettirumpu, Nikkeliviiveputki	hitaampi, suurempi / suurempi, pitkä ikä
1952	Ferriittirengasmuisti (magnetic core)	nopeampi, kestävä
1966	transistori, integroitu piiri, DRAM	nopeampi / nopeampi / suurempi

07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 41

Muistiteknologian käyttöhistoriaa


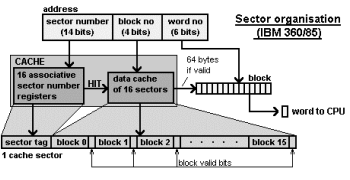


Vuosi	rekisterit	keskusmuisti	massamuisti
1940	Mekaaninen, Rele, tyhjiöputki	vastus, kondens. rumpu	reikäkortti, paperinauha
	CRT, viiveputki	magn. rumpu, CRT	magn. rumpu
1950	ferr. rengas, transistori, integroitu piiri	viiveputki, ferr. rengas	magn. nauha, magn. levy
1970	välimuisti: SRAM	SRAM, PROM	optin. levy

07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 42

Muistien historiaa


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

07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 43

Muistien historiaa

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




Fujio Masuoka

07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 44

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

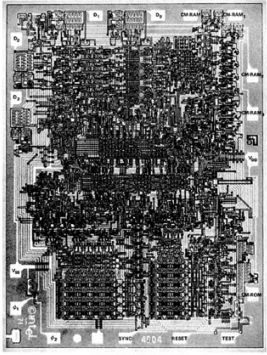


07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 45

-- 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)



07/11/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 46