

# Käyttöjärjestelmät I

## Luento 2: LAITTEISTOSTA

Stallings, Luku 1

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 1

## Sisältöä

- n Keskusyksikkö
- n Käskesykli
- n Keskeytys ja sen käsittely
- n Siirräntä
- n Muistihierarkia

= Tietokoneen Toiminta kurssin kertausta

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 2

# Tietokonejärjestelmä

= **laitteisto + ohjelmisto**

n **Sovellus saa laitteiston käyttöönsä**

**KJ:n avustuksella**

- u CPU ja muisti
- u oheislaitteet

n **KJ tarjoaa laitteiston käytössä tarvittavat 'palvelunsa' sovellukselle**

- u prosessien hallinta
- u muistinhallinta
- u siirräntäjärjestelmä
- u tiedostojärjestelmä

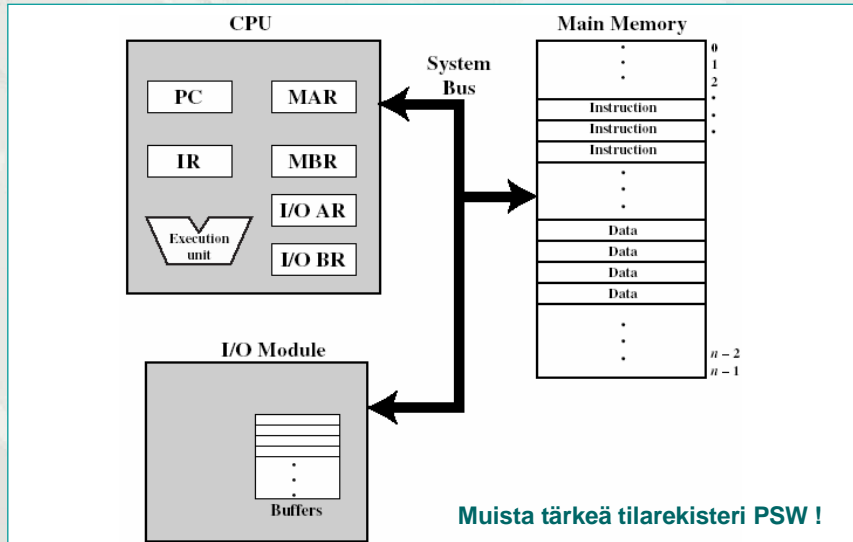
n **KJ on tärkein laitteiston suorittamista ohjelmistoista**

# Käyttöjärjestelmät I

**KESKUSYKSIKKÖ**

# Keskusyksikkö

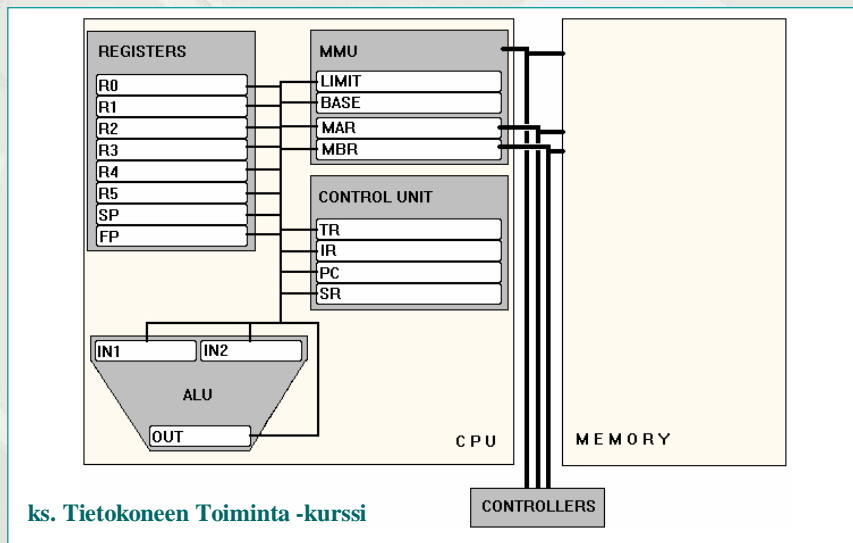
Kuva 1.1



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 5

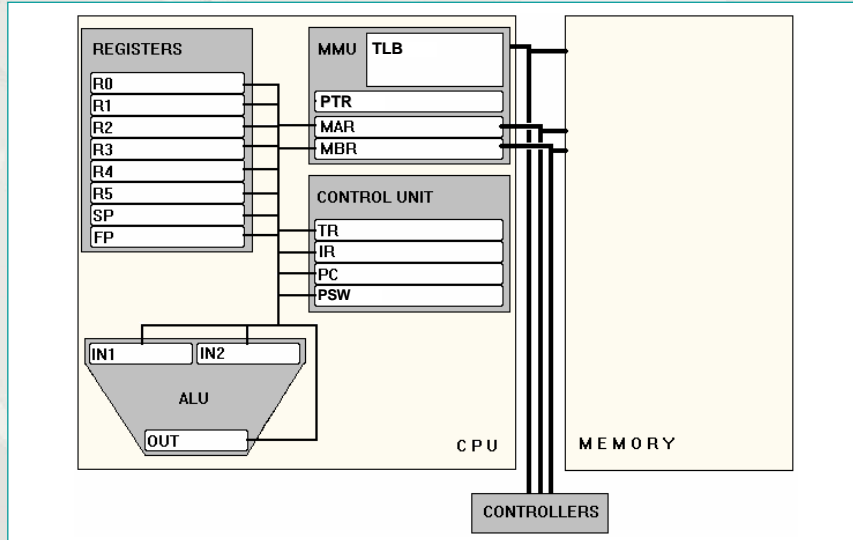
# Keskusyksikkö



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 6

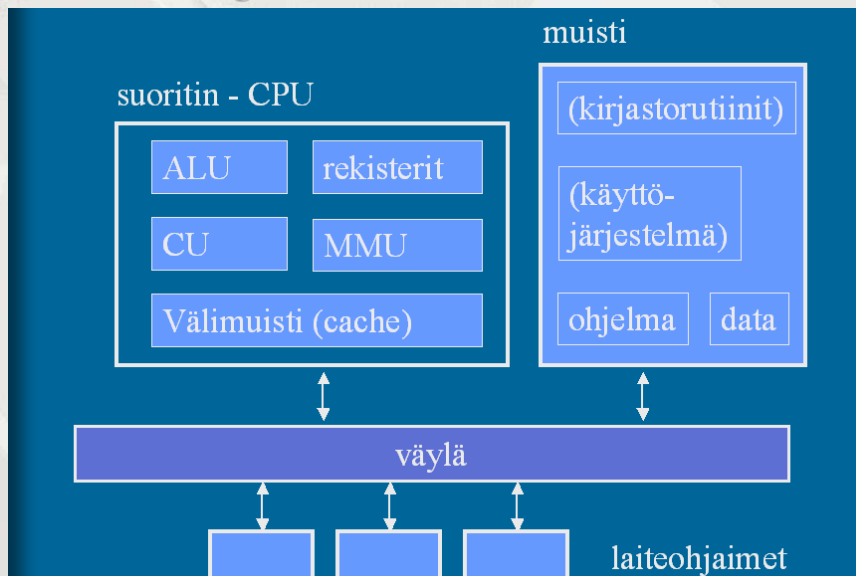
# Keskusyksikkö



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 7

# Keskusyksikkö



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 8

## Keskusyksikön osat

- n **Proessori (CPU)**
  - u käskyjen suoritus
- n **(Keskus)muisti**
  - u tilaa ohjelmille ja niiden datalle (myös KJ on ohjelma!)
- n **I/O ohjaimet (I/O kanavat, I/O prosessorit...)**
  - u laitteistoa, joka siirtää tietoa muistin ja oheislaitteiden välillä
    - F syöttö- ja tulostuslaitteet
    - F tallennuslaitteet
    - F tietoliikennelaitteet
  - u kommunikointi rekistereitä (I/O portteja) käyttäen
  - u voivat sisältää omaa muistia (puskureita)
- n **Väylät**
  - u tiedonsiirto eri osien välillä

## Muistinhallintayksikkö MMU

- Memory Management Unit**
- n **Muuttaa ohjelman sisäisen osoitteen fyysiseksi muistiosoitteeksi**
  - u ohjelma käyttää siirtymiä alkunsa suhteen
  - u laitteisto käyttää fyysisiä osoitteita
- n **MAR, Memory Address Register**
  - u muistiosoitetta varten
- n **MBR, Memory Buffer Register**
  - u Muistista noudettavan muistipaikan sisältö
  - u Muistiin kirjoitettava arvo

# Muistinhallintayksikkö MMU

- n **Kanta- ja rajarekisteriä käyttävä järjestelmä**
  - u Base Register: ohjelman fyysinen alkuosoite
  - u Limit Register: viimeinen kelvollinen fyysinen osoite tai viitattavissa olevan alueen pituus
- n **Virtuaalimuistijärjestelmä (esim.)**
  - u PTR, Page Table Register
    - F Suoritettavan prosessin sivutaulun fyys. alkuosoite
  - u TLB, Translation Lookaside Buffer
    - F Viimeisimmissä osoitemuunnoksissa käytettyjä tietoja

# Proessorin rekistereitä

- n **Ohjaus- ja tilarekisterit (Control & Status Registers)**
  - u osa vain CPU:n sisäiseen käyttöön
  - u osa vain KJ:n käyttöön
  - u osa epäsuorasti ohjelmien viitattavissa
    - F hyppykäskey muuttaa PC:n arvoa
    - F vertailu asettaa tilarekisterin
    - F ehdollinen hyppykäskey tutkii tilarekisteriä
- n **Yleiskäyttöiset rekisterit (User-visible registers)**
  - u ohjelmien käytettävissä (myös KJ:n!)
  - u viitattavissa nimellä konekielen tasolla
  - u datan ja osoitteiden tallettamiseen

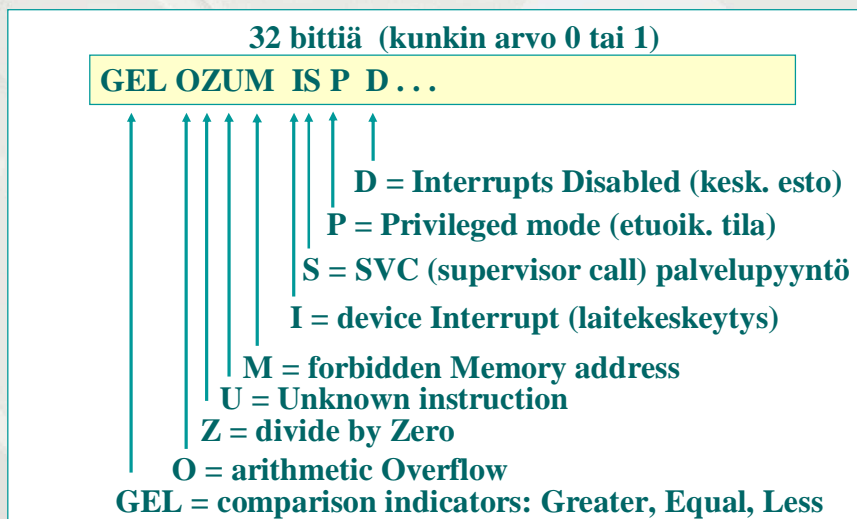
## Ohjaus- ja tilarekistereitä

- n **Käskeysoitin PC (Program Counter)**
  - u seuraavaksi suoritettavan käskeyn virtuaaliosoite
- n **Käskeyrekisteri IR (Instruction Register)**
  - u suoritettavaksi noudettu käskey
- n **Tilarekisteri PSW (Program Status Word)**
  - u Tietoa laitteiston tilasta ja toiminnan siihen aiheuttamista muutoksista
  - u lipukkeet (flags)
    - F vertailujen tuloksille, virhetilanteille
    - F keskeytyksille, keskeytyksien esto / salliminen
    - F etuoikeutettu tila / käyttäjätila

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 13

## Esimerkki Tilarekisteristä



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 14

## Yleiskäyttöisiä rekistereitä

- n **Työrekisterit (Data Registers)**
  - u prosessin suoritusaikaisen datan tallettamiseksi
  - u käyttötarkoitus ohjelman (ohjelmoijan) tarpeiden ja mieltymysten mukaan
- n **Osoiterekisterit (Address registers)**
  - u datan ja käskyjen osoitteiden hallintaan
  - u voi sisältää esim. osoitteen osan, jota käytetään muistiosoitteen laskennassa
  - u **Esim:**
    - F Indeksirekisteri (index register)
    - F Segmenttirekisteri (segment pointer)
    - F **Pino-osoitin (stack pointer)**

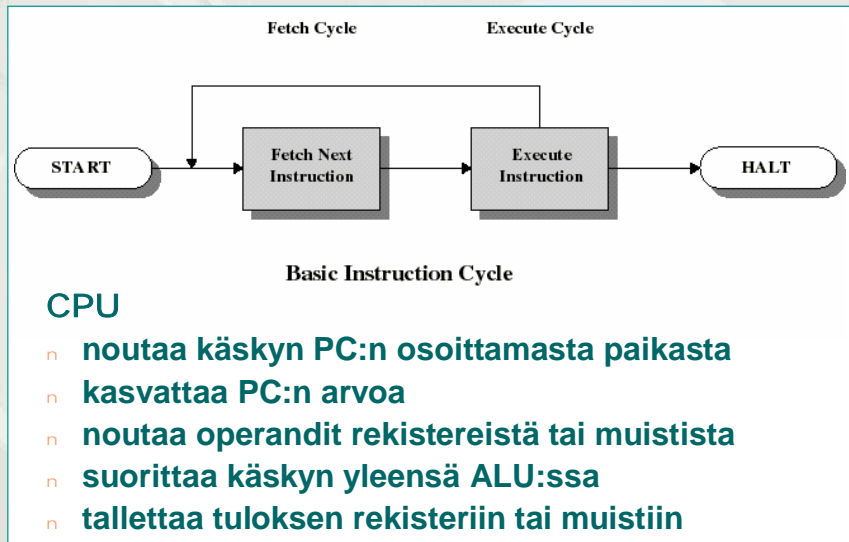
## Käyttöjärjestelmät I

**KESKEYTYS**



## Käskesykli (perusmalli)

Kuva 1.2



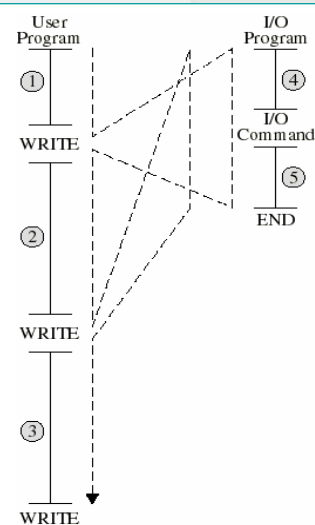
KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 17

## Yksinkertainen siirräntä

Kuva 1.5a

- n **Palvelupyynnö** antaa kontrollin laiteajurille
    - è CPU suorittaa KJ:n koodia
  - n **Ajuri alustaa ohjaimen** sekä antaa tarvittavat käskyt, jolloin siirräntä käynnistyy (4)
  - n **Ajuri odottaa (pollaa)**, että siirräntä valmistuu
  - n **Ajuri tekee lopputoimet**, ja palauttaa sovellukselle statustietoa (5)
- è **CPU odottelee "jouten"!**



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 18

# Keskeytys

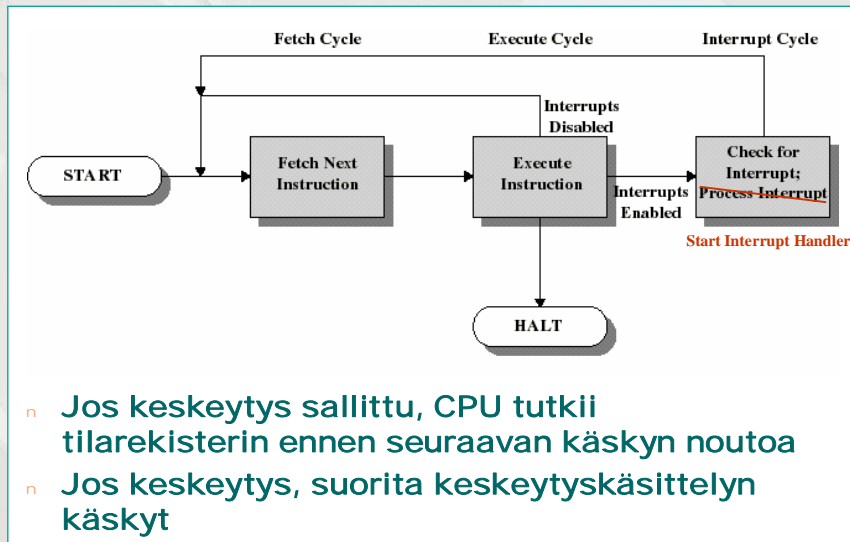
- n Sallii CPU:n ja ohjaimien yhtäaikaisen toiminnan
- n CPU vain käynnistää siirrän, ja voi jatkaa muiden käskyjen suoritusta
- n Kun siirto valmis, ohjain keskeyttää CPU:n
- n CPU siirtyy suorittamaan KJ:hin kuuluvaa keskeytyskäsitelyä
- n Kun KJ käsitellyt tilanteen, siirron valmistumista odottanut prosessi voi päästä taas suoritettavaksi

# Moniajo (multiprogramming)

- n Siirräntä hidasta, eikä sovellus voi aina jatkaa ennenkuin siirto valmis
    - u esim. prosessi lukee tietoa oheislaitteelta
  - è CPU odottaa toimettona keskeytystä
- Idea: KJ ottaa suoritukseen useita prosesseja
- n Kun yksi odottaa, suorita toista
  - n Entä, jos prosessi ei tee siirräntää?
    - u Ei palvelupyyntöjä, ei keskeytyksiä
    - u Muut prosessit nälkiintyvät
  - n Tarvitaan kello, joka keskeyttää

# Käskysykli (täydennetty)

Kuva 1.7



- n Jos keskeytys sallittu, CPU tutkii tilarekisterin ennen seuraavan käskyn noutoa
- n Jos keskeytys, suorita keskeytyskäsitteilyn käskyt

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 21

# Keskeytys

Table 1.1 Classes of Interrupts

<b>Program</b> - virhe - palvelupyyntö	Generated by some condition that occurs as a result of an instruction execution, such as arithmetic overflow, division by zero, attempt to execute an illegal machine instruction, and reference outside a user's allowed memory space.
<b>Timer</b>	Generated by a timer within the processor. This allows the operating system to perform certain functions on a regular basis.
<b>I/O</b>	Generated by an I/O controller, to signal normal completion of an operation or to signal a variety of error conditions.
<b>Hardware failure</b>	Generated by a failure, such as power failure or memory parity error.

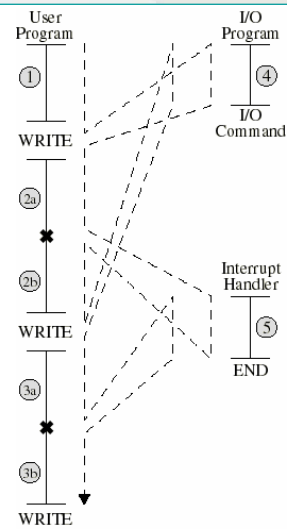
KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 22

## Siirräntä ja keskeytys

(kuva 1.5b)

- n Palvelupyynnö siirtää kontrollin KJ:n laiteajurille
- n Ajuri alustaa ohjaimen ja antaa siirtokäskyn (4)
- n Kontrolli takaisin sovellukseen
- n CPU voi suorittaa sovelluksen käskyjä samaan aikaan siirron kanssa (2a)
- n Kun siirto valmis, ohjain keskeyttää (x)
- n Kontrolli keskeytyskäsitteilylle, josta edelleen ajurille
- n Ajuri tarkastaa miten siirrossa kävi, ja tekee tarvittavat lopputoimet (5)
- n Kun keskeytys käsitelty, sovelluksen suoritus jatkuu (2b)



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 23

## Keskeytyskäsitteily (Interrupt handler)

- n KJ:n koodia, jonka laitteisto käynnistää keskeytyksen sattuessa
- n Selvittää keskeytyksen syyn
- n Käynnistää toimet tilanteen hoitamiseksi
  - u Siirtyminen sopivaan käsittelyrutiiniin
- n Keskeytynyttä prosessia voitava jatkaa myöhemmin siinä mihin se jäi keskeytyksen sattuessa
  - u CPU:n rekistereiden arvot talletettava muistiin
    - F PC, PSW, muut ohjelman käyttämät rekisterit

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

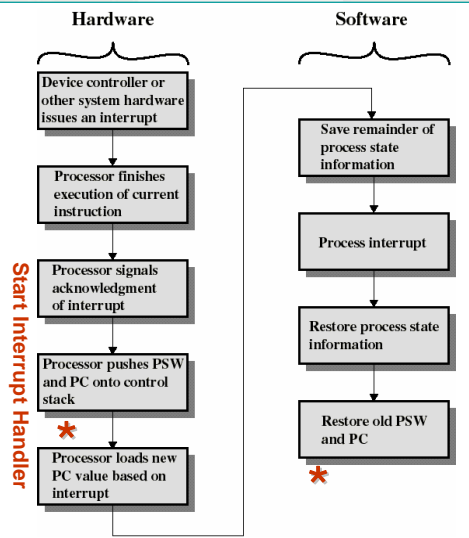
2 - 24

# Keskeytyskäsitely

(kuva 1.10)

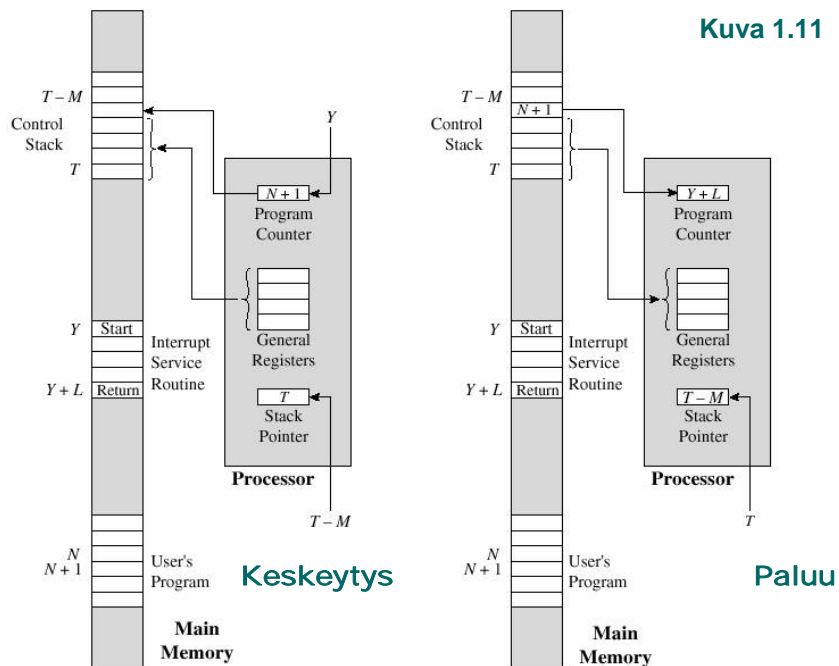
Kirja s. 21-25

- \* Etuoikeutettu tila vs. käyttäjätila
- \* Keskeytysten esto vs. salliminen



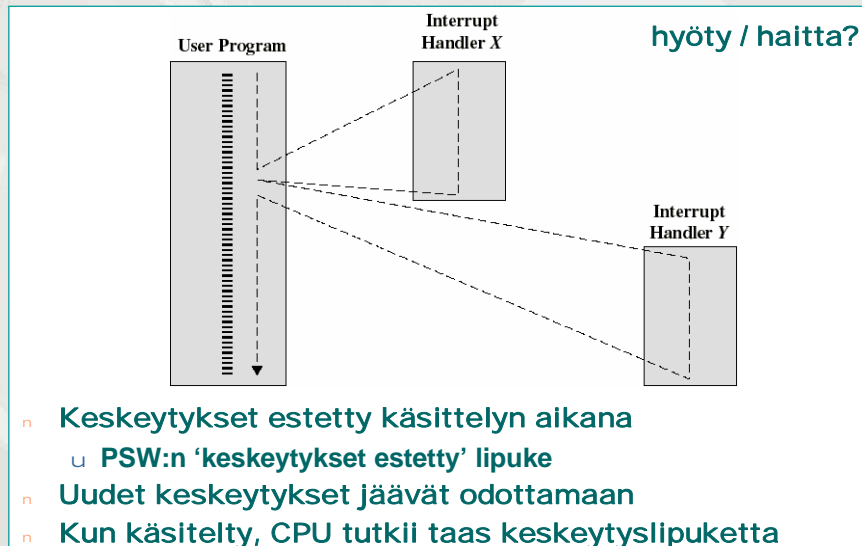
KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 25



Kuva 1.11

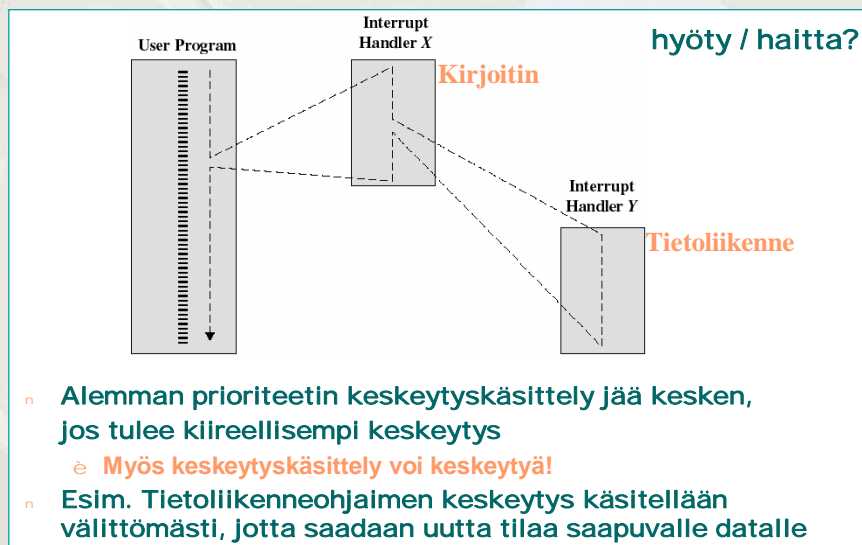
## Peräkkäinen käsittely



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 27

## Priorisoitu käsittely



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 28

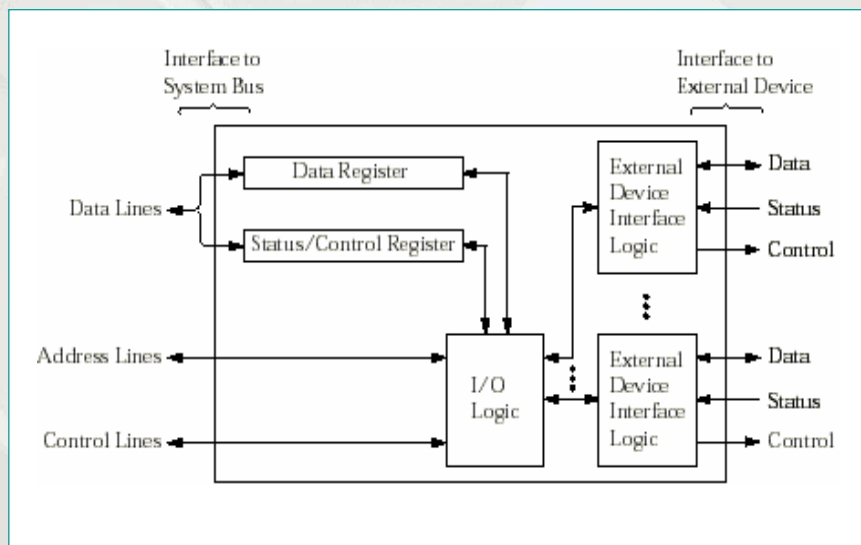
# Käyttöjärjestelmät I

## SIIRRÄNTÄ

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 29

# I/O-ohjain



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 30

## I/O-ohjain

- n Ohjain puskuroi väylältä tulevan / väylälle menevän datan datarekistereihinsä
  - u sisäisen ja ulkoisen väylän nopeusero
- n Status- ja ohjausrekisteri(t)
  - u statustietoa ohjaimen / siirron tilasta
  - u siirtokäskyt, osoitteet (lähde/kohde), tavumäärä
- n Väylän varaus ja CPU:n keskeytys ohjausväylää käyttäen
- n Liittymä laitteeseen vaihtelee tarpeen mukaan

## Siirtomenetelmät

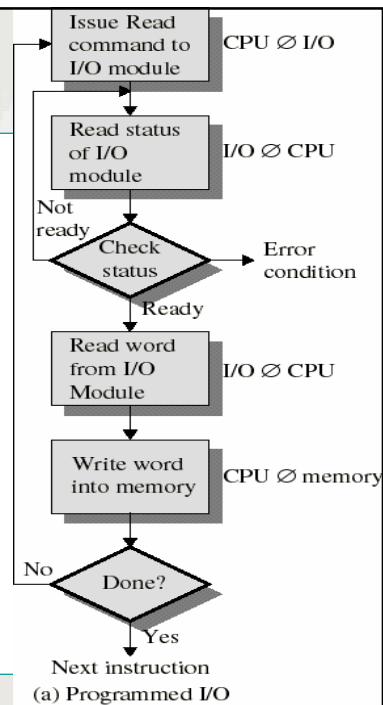
### Kolme perusmenetelmää

- n **Suora I/O** (Programmed I/O)
  - u ei keskeytyksiä
- n **Epäsuora, keskeyttävä I/O** (Interrupt-driven I/O),
  - u ohjain keskeyttää
- n **DMA-siirto** (Direct Memory Access)
  - u ohjain keskeyttää
  - u ohjain siirtää suoraan keskusmuistiin
  - u 'Älykäs' laiteohjain



## Suora I/O

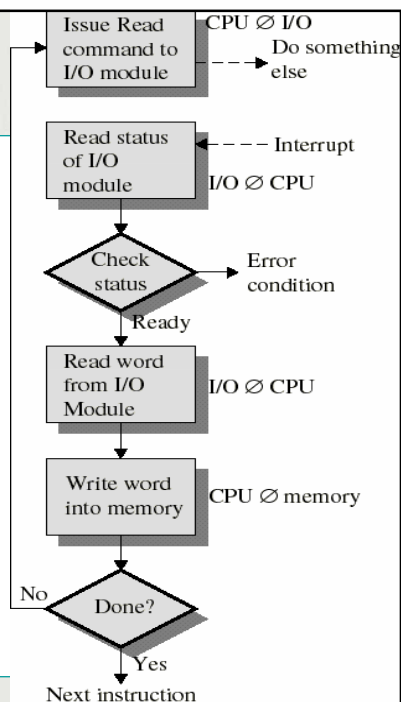
- n Ei keskeytystä, CPU tutkii toistuvasti statusrekisteriä (*busy waiting, pollaus*)
- n Kun siirto valmis, CPU kopioi sanan ohjaimen datarekisteristä muistiin
- n CPU varattuna siirron ajan
- n Vain yksinkertaisissa laitteistoissa
- n Sykli toistettava kunnes kaikki siirretty
  - u Ajurilla iso rooli



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

## Epäsuora I/O

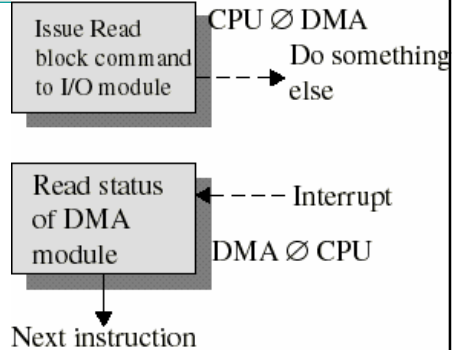
- n Ohjain keskeyttää, kun siirrettävä sana datarekisterissä
  - n CPU siirtää datan muistiin
  - n CPU:n ei tarvitse pollata, kun ohjain siirtää laitteelta
  - n Sykli toistettava erikseen jokaiselle sanalle
- è Siirto kuormittaa edelleen CPU:ta



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

## DMA-siirto

- n CPU ohjaimelle:  
*mistä, minne, paljonko, suunta (R / W)*
- n Ohjain siirtää **laitteen ja muistiin** välillä
- n Keskeytys vasta, kun koko data siirretty
- n CPU:ta vain alussa siirron käynnistykseen ja lopussa statuksen tutkimiseen
- è CPU voi suorittaa siirron aikana muita prosesseja



## Käyttöjärjestelmät I

MUISTI

# Muistihierarkia

Tan01 1.14

Typical access time		Typical capacity
1 nsec	Registers	<1 KB
2 nsec	Cache	1 MB
10 nsec	Main memory	64-512 MB
10 msec	Magnetic disk	5-50 GB
100 sec	Magnetic tape	20-100 GB

## Pentium 4 cache:

8 KB datalle, 12 KB koodille, ulkoinen 256 KB

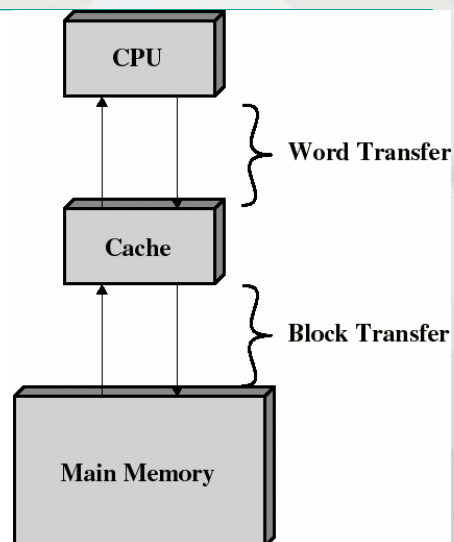
nano =  $10^{-9}$ , mikro =  $10^{-6}$ , milli =  $10^{-3}$

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

2 - 37

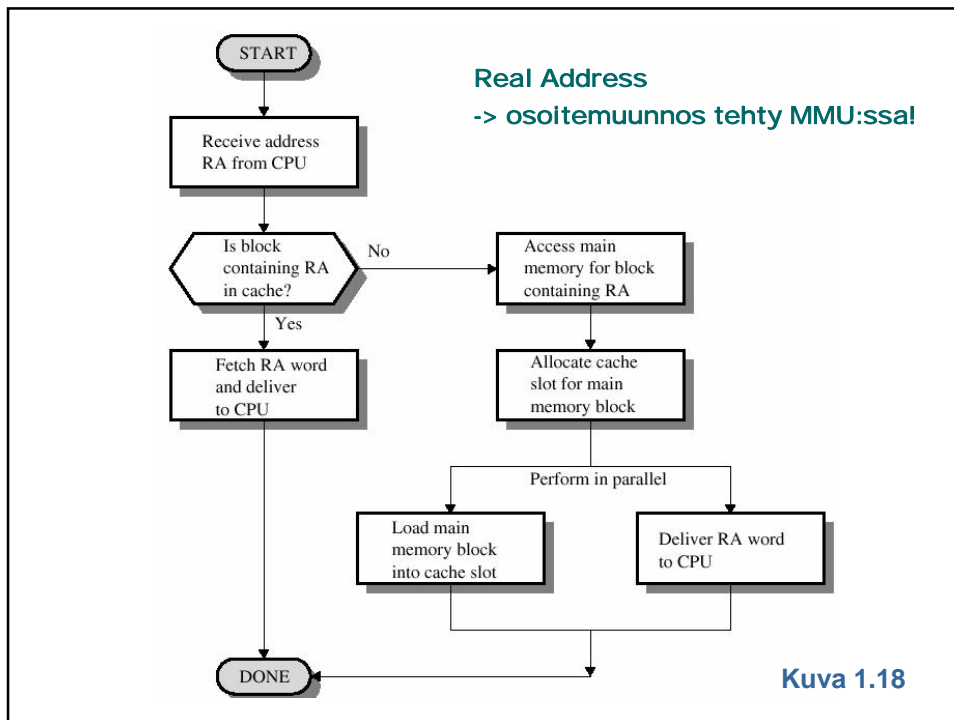
# Välimuisti (cache memory)

- n Pieni, nopea muisti / rekisterijoukko CPU:n ja keskusmuistin välissä
- n CPU:n osana ja / tai ulkopuolella
- n Laitetasolla, ei näy ohjelmissa / KJ:ssä
- n CPU tutkii ensin löytyykö viitatus fyys. muistipaikan sisältö välimuistista
- n Jos ei löydy, CPU tuo välimuistiin lohkon, joka sisältää myös viitatus muistipaikan



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkisen kalvojen pohjalta

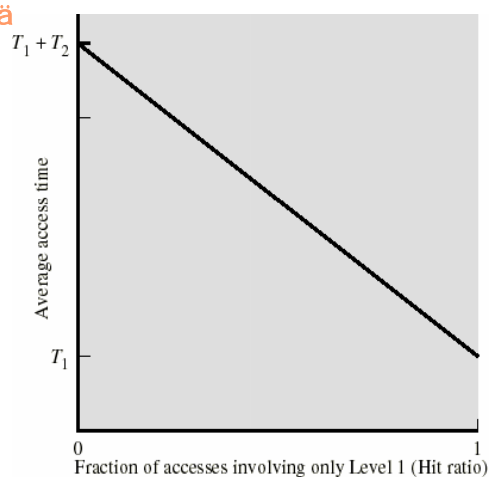
2 - 38



## Osumatodennäköisyys (Hit Ratio)

= Todennäköisyys, että viitattu muistipaikka on välimuistissa

- n T1 = saantiaika välimuistista
- n T2 = saantiaika keskusmuistista
- n T2 >> T1
- n Kun osumatodenn. lähellä arvoa 1, keskim. saantiaika lähellä T1:tä



## Paikallisuus (locality of references)

### Ajallinen ja alueellinen paikallisuus:

- n Esim. silmukassa suoritetaan toistuvasti samaa käskyjoukkoa
- n Tietyssä osassa koodia käytetään tyypillisesti vain tiettyjä muuttujia (data)
- è Kun ohjelma viittaa tiettyyn muistipaikkaan (käsky tai data), on tn., että se viittaa pian samaan paikkaan uudelleen tai sen lähellä oleviin muistipaikkoihin
- n Osumatodenn. helposti lähellä arvoa 1 jo pienellä välimuistilla

## Lohkopuskurit (block cache, disk cache)

- n Keskusmuistialue, jonne puskuroidaan levyltä / levyille siirrettävää dataa
  - u ei siis erillinen laitteiston osa
- n Kun tiettyihin tavuihin on viitattu, viitataan pian melko varmasti niitä seuraaviin tavuihin
- n Jos haettavat tavut eivät löydy puskurista, siirtää KJ kokonaisen levylohkon levyltä puskuriin
  - u Ennaltanouto
- n **Paikallisuus!**

## Kertauskysymyksiä

- n Mitä hyötyä on keskeytysmekanismista? Voiko tietokone toimia ilman keskeytyksiä?
- n Miten keskeytysmekanismi toimii?
- n Miksi keskeytyksiä kannattaisi priorisoida?
- n Miten CPU saadaan suorittamaan KJ:tä / tavallista prosessia?
- n Miten CPU niitä käskyjä suorittaa?
- n Mikä oleellinen ero on suoralla I/O:lla ja epäsuoralla I/O:lla?
- n Miksi DMA siirto on järkevää levysirroissa?
- n Miten paikallisuutta voidaan hyödyntää?