Jakso 5
Suoritin ja väylä

Suorittimen rakenne

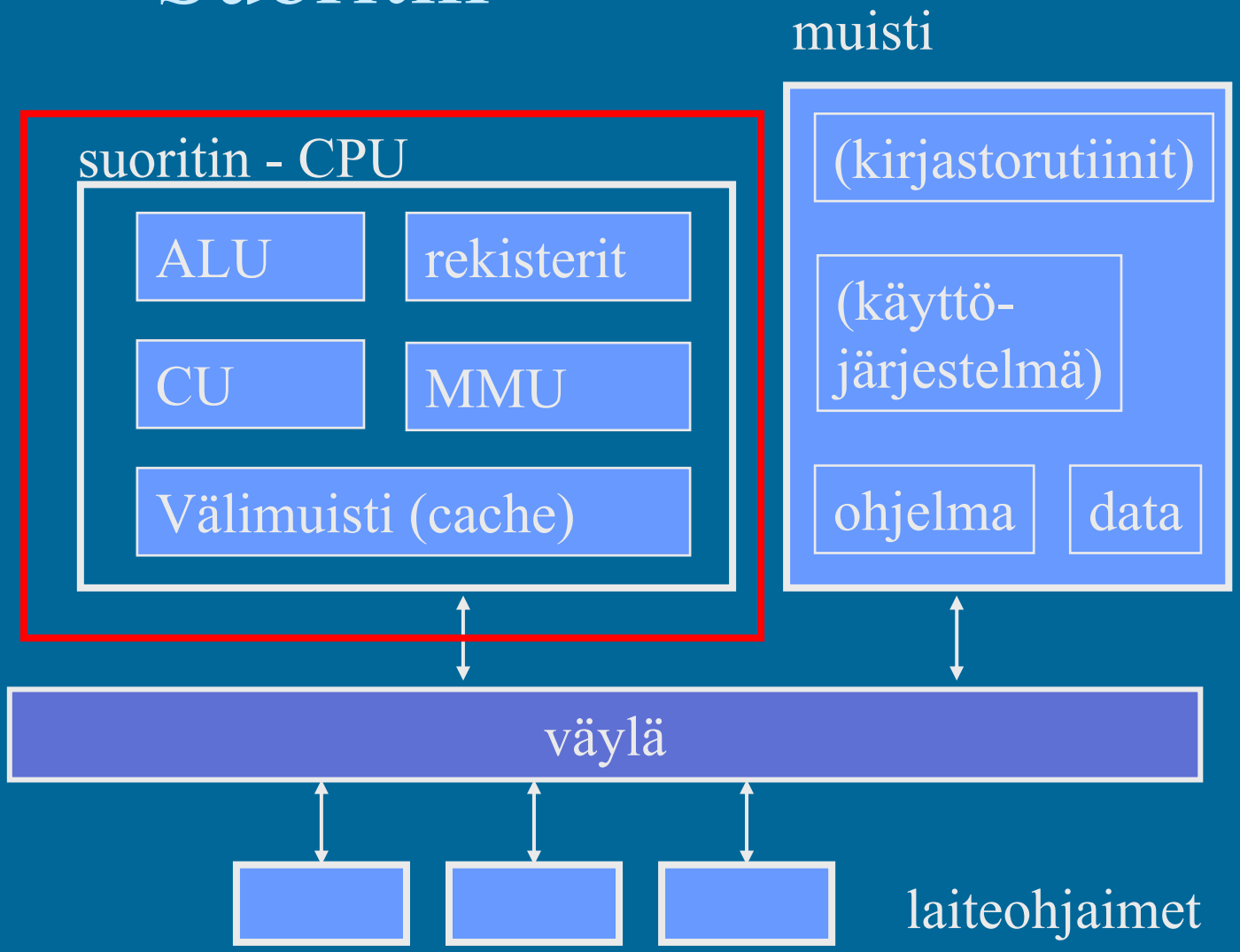
Väylän rakenne

Käskyjen suoritussykli

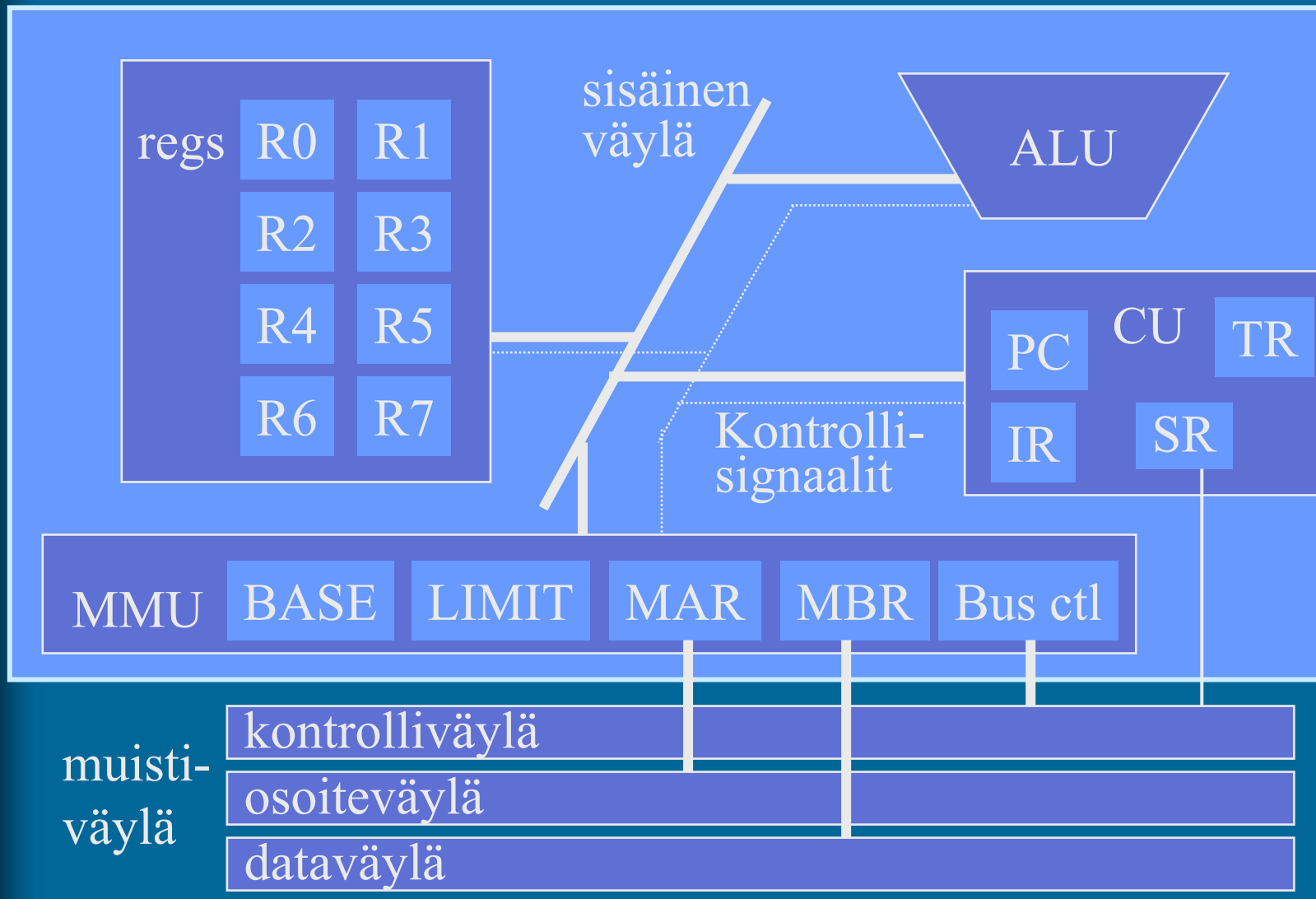
Poikkeukset ja keskeytykset

TTK-91:n ja KOKSI:n rakenne

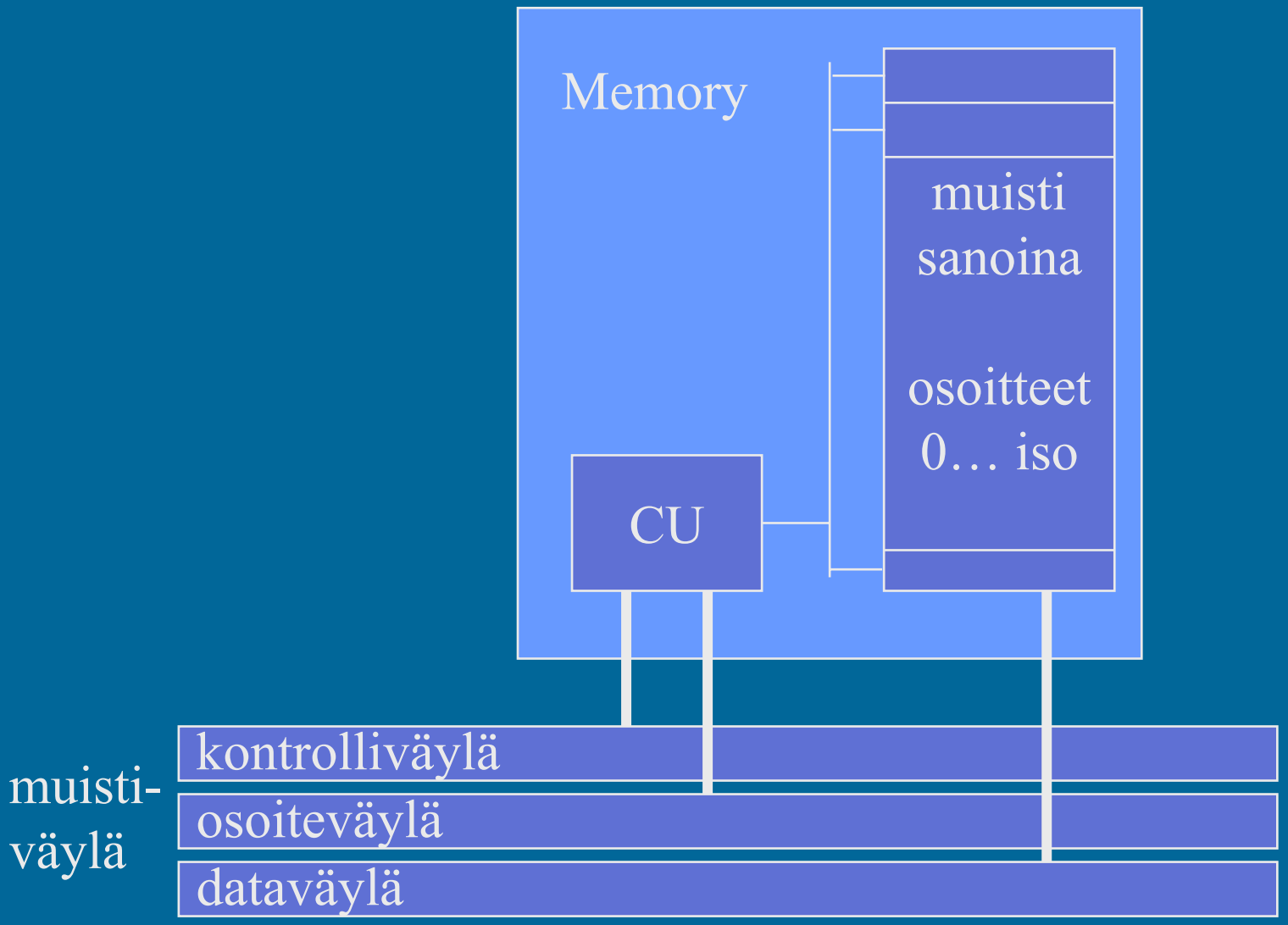
Suoritin



TTK-91-suorittimen rakenne



TTK-91 muistin rakenne



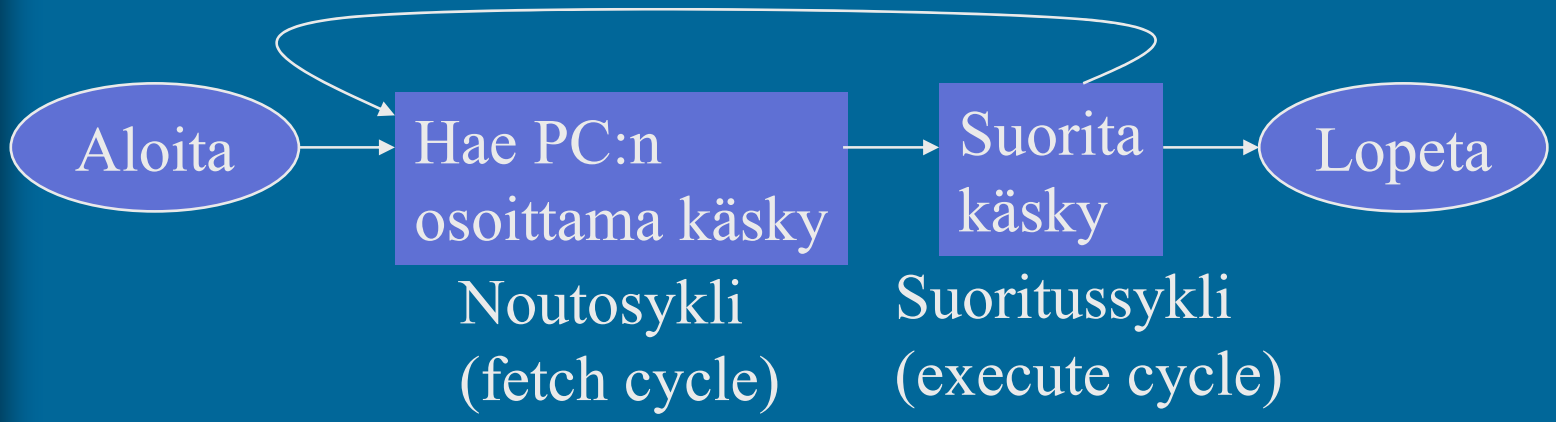
Käskyjen nouto- ja suoritussykli (5)

- Hae PC:n osoittama konekäsky muistista
  - lisää samalla PC:n arvoa yhdellä
- Suorita konekäsky
  - jos (ehdollinen) hyppykäsky, niin PC:n arvo voi vielä muuttua

Suoritin ei näe mitään suurempia kokonaisuuksia kuin konekäskyjä!

Suoritin ei tiedä mitään ohjelmista!

Nouto- ja suoritussykli



- Käskyn suoritus voi muuttaa systeemin tilaa
  - sisäiset ja ulkoiset rekisterit
  - muisti
  - laitteet

TTK-91-konekäskyn rakenne

- Käskyn esitys bittitasolla on aina:

muistiosoite tai (pienehkö) vakio

Rj = käskyn ensimmäinen operandi

Ri = indeksirekisteri (R0 ≡ 0)

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

(addressing mode)

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

Nouto- ja suoritussykli tarkemmin (5)

- Noutovaihe
  - muistista MBR:n kautta IR:ään
  - Lisää 1 PC:hen
- Käskyn purku ja muistiosoitteen (EA) lasku
  - käskyn osat: OPER, Rj, M, Ri, ADDR
  - TR ← (Ri) + ADDR (tai pelkkä ADDR, jos Ri=R0)
- Operandin nouto
  - muistista MBR:n kautta TR:ään (0-2 krt ?)
- ALU operaatio
  - tulos rekisteriin R0-R7 tai TR:ään (STORE, PUSH)
- Muistiin talletus
  - muistiin MBR:n kautta

ks. TTK-91 suorittimen rakennekuva

Ei kaikilla käskyillä

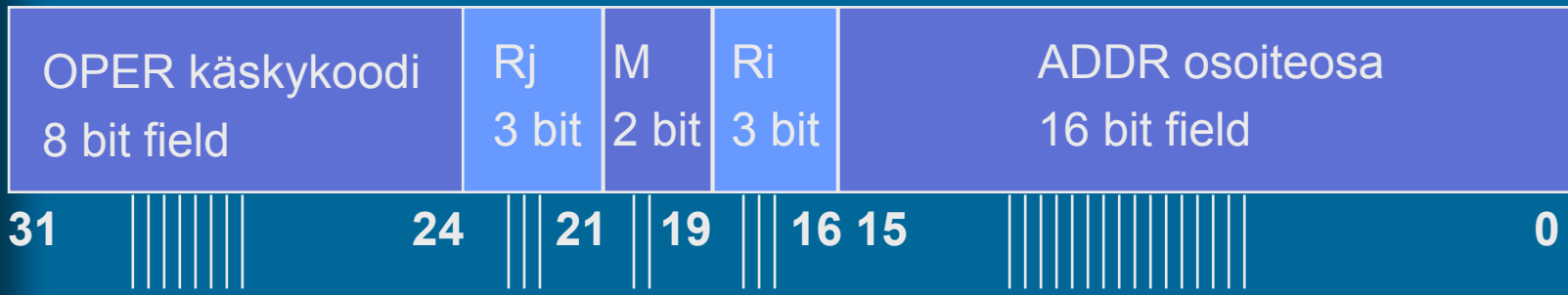
Ei kaikilla käskyillä

Käskyn noutovaihe (4)

ks. TTK-91 suorittimen rakennekuva

- Vie PC:n arvo MAR:iin
- Aseta muistin käsittelysignaali kontrolliväylälle asentoon ”lue”
- Odota kunnes muistiväylä vapautuu ja muistipiiri toimittaa väylän kautta uuden arvon MBR:ään
- Siirrä konekäsky MBR:stä IR:ään

Käskyn purku ja tehollisen muistiosoitteen (EA) laskemisvaihe



- Purku automaattisesti langoitettuna IR:stä
- Muistiosoitteen lasku, tulos TR:ään
  - jos Ri=0, niin ADDR => TR ←
  - muutoin laske (Ri)+ADDR => TR
    - ALU suorittaa laskutoimituksen
  - Effective Address (EA) on nyt TR:ssä

Operandin luku vaihe (4)

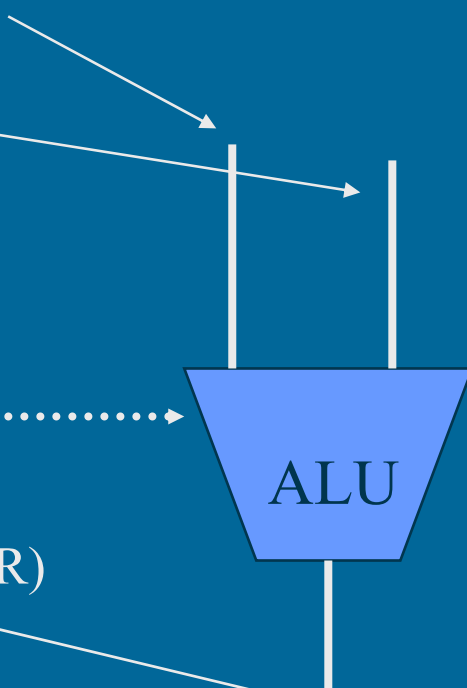
ks. TTK-91 suorittimen rakennekuv

- Vie muistiosoite MAR:iin
- Aseta kontrollisignaali väylälle asentoon ”lue muistista”
  - Varaa ensin kontrolliväylä signaalilla ”varaa väylä”
- Odota kunnes muistiväylä vapautuu ja muistipiiri toimittaa väylän kautta uuden arvon MBR:ään
  - vapauta kontrolliväylä
- Siirrä sana MBR:stä TR:ään
  - (tai suoraan johonkin laiterekisteriin (R0-R7)

ALU-operaation suoritusvaihe (10)

ks. TTK-91 suorittimen rakennekuva

- Lähtötilanne
  - käsky haettu ja purettu osiin IR:ssä
  - 1. operandi rekisterissä (R0, …, R7)
  - 2. operandi TR:ssä
- Käskyn suoritus ALU:ssa
  - vie operandit sisäistä väylää pitkin ALU:un
  - anna ALU:lle sopiva ohjaussignaali
    - add, mul, shl, not, comp, ...
  - odota, että tulos valmis
  - talleta tulos rekisteriin (R0-R7, TR, PC, MBR) ja/tai SR:ään



Tässä tapahtuu tietokoneen tekemä työ, kaikki muu on hallintoa

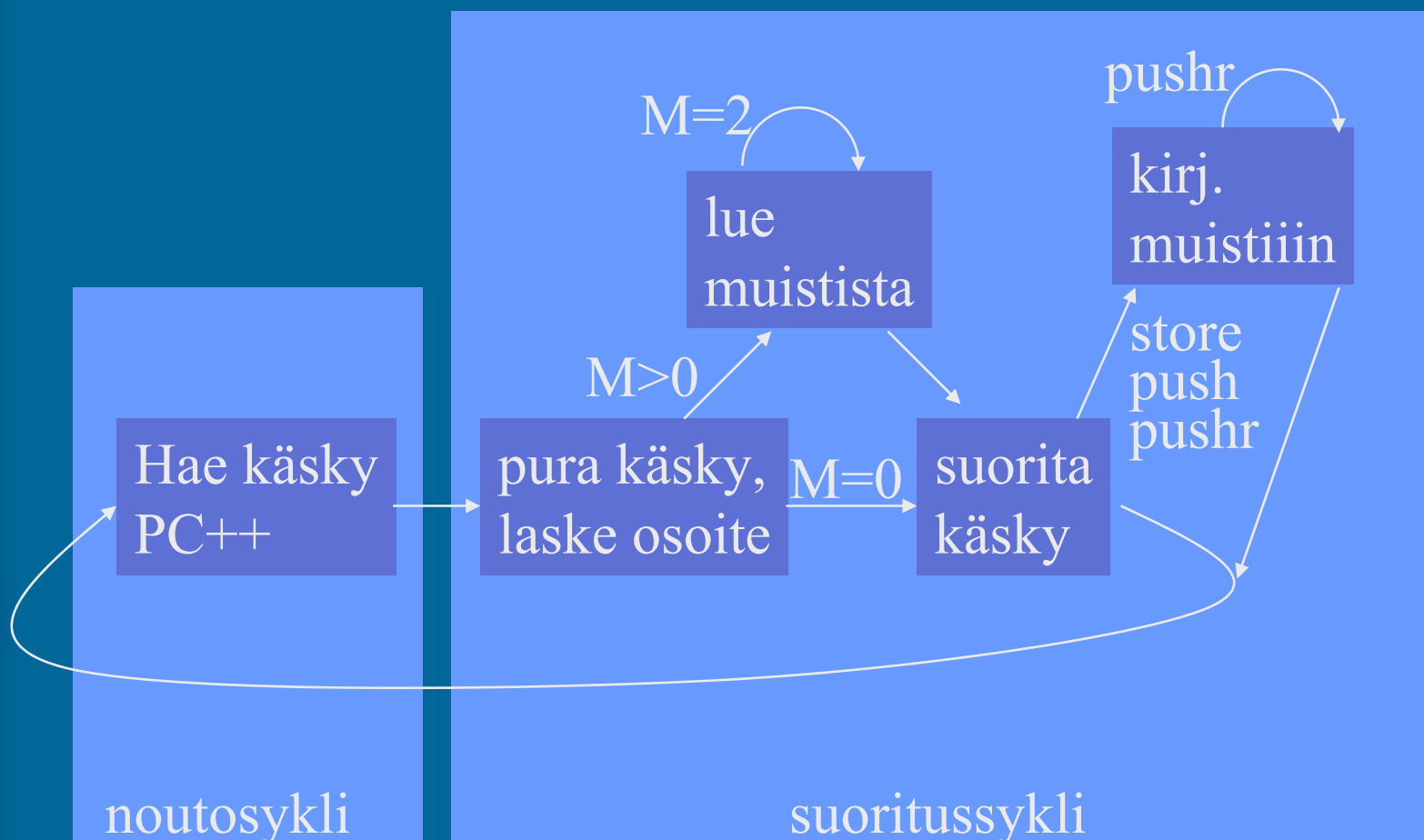
Tuloksen muistiin kirjoitus vaihe (4

ks. TTK-91 suorittimen rakennekuv

- Vie muistiosoite MAR:iin
- Vie kirjoitettava sana MBR:ään
- Aseta kontrollisignaalit väylälle asentoon ”kirjoita muistiin”
- Odota kunnes sana siirretään muistiin väylää pitkin, ja väylän kontrollisignaalit kertovat muistiinkirjoittamisen tapahtuneen

Lisää tietoa?  käyttö-järjestelmä kurssit

TTK-91: Nouto- ja suoritussykli vähän tarkemmin



PUSHR, POPR erikoistapauksia: aika monimutkaisia

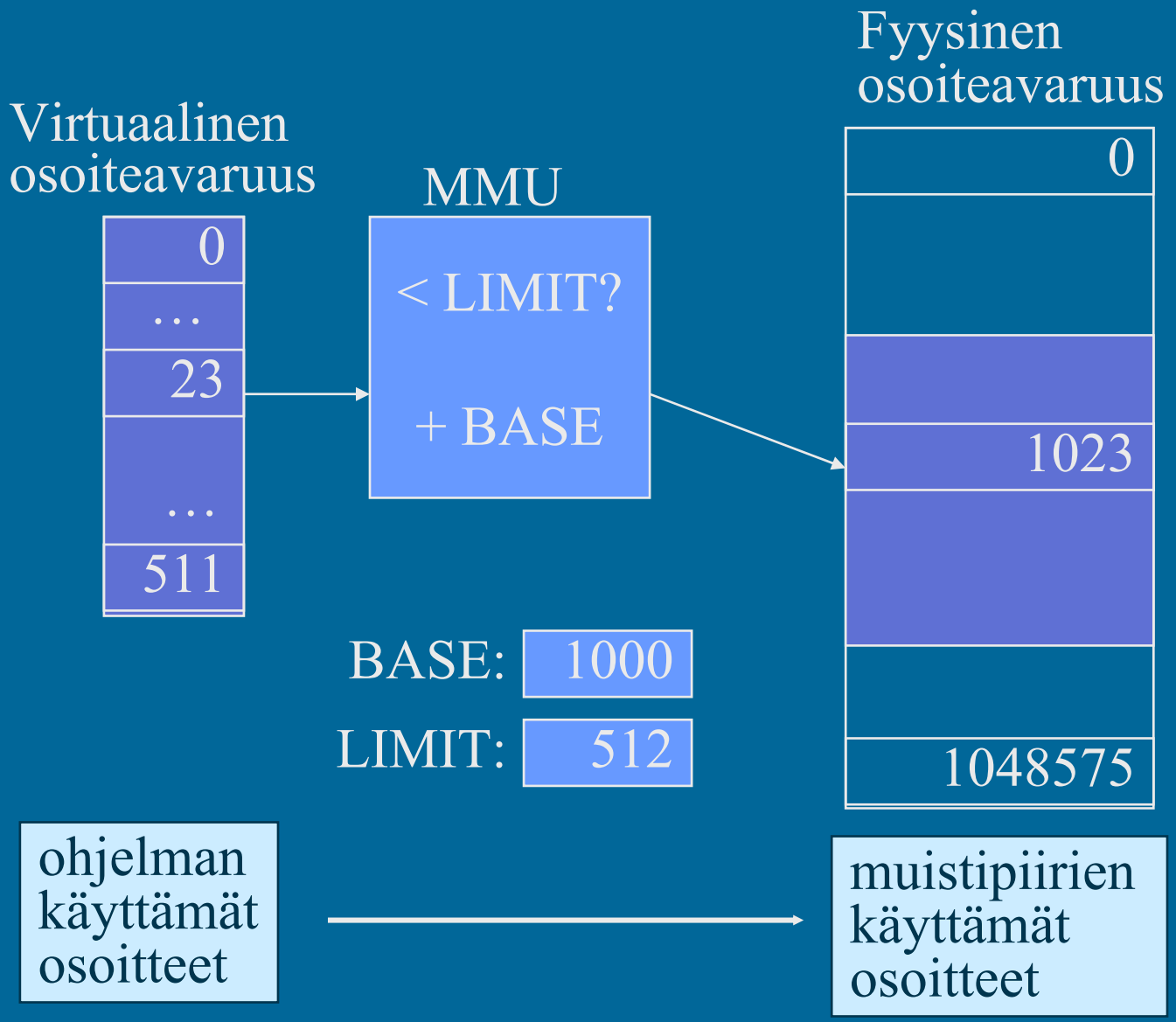
MMU:n toiminta (2)

ks. TTK-91 suorittimen rakennekuva

- Ohjelman käyttämät muistiosoitteet (VA) ovat näennäisiä, välillä 0 … LIMIT-1
  - ne eivät ole samoja osoitteita kuin keskusmuisti käyttää
- MAR:iin menevä arvoa VA ei käytetä suoraan, vaan se tarkistetaan ja muokataan ensin
  - Tarkista, onko VA $\in$ [0, LIMIT-1].
    Jos ei ole, niin aseta bitti M SR:ssä päälle, ja lopeta käskyn suoritus
  - Lisää VA:han BASE ja laita tämä arvo (PA) MAR:iin

VA = virtual address, PA = physical address = BASE+VA

TTK-91- virtuaalimuisti



Virtuaalimuistin menetelmiä (4)

- Kanta- ja rajarekisteriin perustuva
  - base ja limit rekisterit (esim. TTK-91, 8086, ..)
- Sivuttava
  - sivutaulut
  - virtuaaliavaruus jaettu saman kokoisiin sivuihin
- Segmentoiva
  - virtuaaliavaruus jaettu ohjelman mukaan erillisiin eri kokoisiin segmentteihin
    - koodi segmentti, data segmentti, …

Lisää tietoa?  käyttö-järjestelmä kurssit

Lisää tietoa?  käyttö-järjestelmä kurssit

Keskeytystilanteet (3)

- Mikä tahansa tilanne, jonka käsittely vaatii poikkeuksen käskyjen normaaliin suoritusjärjestykseen
- Rakkaalla lapsella on monta nimeä:
  - poikkeus, keskeytys, virhetilanne, trappi, …
  - exception, interrupt, fault, trap, failure, ….
- Jatkossa yleisnimi keskeytys tarkoittaa kaikkia näitä eri tapauksia tai tyyppejä

Keskeytysten käsittely (4)

- Jokainen mahdollinen keskeytystyyppi on ennalta tunnettu
- Jokaiselle keskeytystyypille on oma käyttöjärjestelmän tuntema keskeytyskäsittelyrutiini

interrupt handler

- Käskyn suorituksen jälkeen tarkistetaan keskeytysten olemassaolo SR:stä ja haaraudutaan keskeytyskäsittelijään tarvittaessa
  - joskus keskeytykset on estetty (SR:n bitti D)
  - paluu käsittelijästä ”return-from-interrupt” käskyllä (IRET)
- ”Yllättävä aliohjelmakutsu”

Keskeytystyyppejä (3)

- **Käskyn aiheuttamat virhetilanteet**
- **Käskyn aiheuttamat muut poikkeustilanteet**
  - kyseessä ei siis ole virhetilanne, vaan haluttu käyttäytyminen
  - tilanne vaatii erikoistoimenpiteen, jonka toteutus on tehty keskeytyskäsittelyn kaltaiseks
- **Ulkoapäin (muualta kuin CPU:lta) tulleisiin signaaleihin reagointi**

Käskyn aiheuttamat virhetilanteet

(5)

- Virheellinen käskyn tai datan osoite
- Tuntematon käsky (opcode)
- Nollalla jako
- Kokonaisluvun tai liukuluvun yli/alivuoto
- Käytetty osoite ei ole muistissa (MMU)

Käskyn aiheuttamat muut poikkeustilanteet

- SVC- käsky
- I/O- konekäsky
- Trace- keskeytys
- Käyttäjän määrittelemä keskeytys
  - esim. Javan operaatioiden throw/catch tai try/catch toteutus

Ulkoapäin (muualta kuin suorittimelta) tulleet keskeytykset (3)

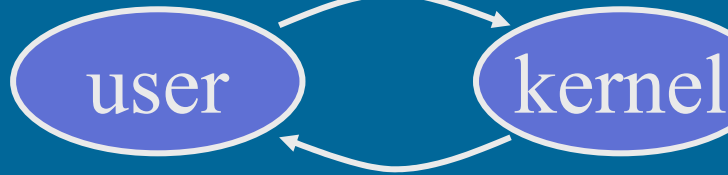
- Kellolaitekeskeytys (esim. joka 10 ms)
- Laitekeskeytys (esim. levy I/O valmis)
- Laitteistovirhe (esim. virhe väylän tiedonsiirrossa)

Keskeytyskäsittelijä

- Osa käyttöjärjestelmää
- Ennen käsittelijän aloittamista asetetaan suoritin ja MMU käyttöjärjestelmätilaan. (supervisor state)
  - Asetetaan bitti P SR:ssä => etuoikeutettu eli käyttöjärjestelmätila
  - käyttöjärjestelmätilassa saa viitata mihin tahansa kohtaan muistia (MMU: BASE=0, LIMIT="hyvin iso")
  - käyttöjärjestelmätilassa saa käyttää kaikkia konekäskyjä
- Käsittelijästä paluun yhteydessä MMU:n tila ja prosessorin tila asetetaan ennalleen

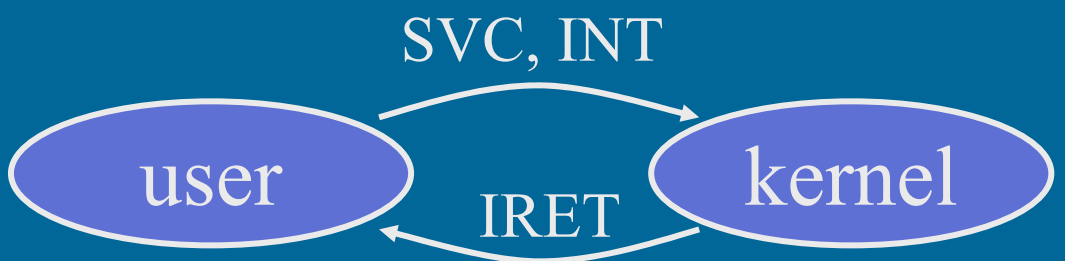
Suorittimen tilat

(6)



- Käyttäjätila (user mode, normal mode)
  - voi käyttää vain tavallisia käskyjä
  - voi viitata vain käyttäjän omaan muistiavaruuteen (MMU valvoo)
- Etuoikeutettu tila tai (KJ:n) ytimen tila (kernel mode, privileged mode)
  - voi käyttää kaikkia konekäskyjä, myös etuoikeutettuja (esim, clear_cache, iret)
  - voi viitata kaikkialle muistiin, myös käyttöjärjestelmän ytimeen (kernel)
    - voi käyttää (myös) suoria muistiosoitteita (PA)

Suorittimen tilan muuttaminen (6)



- Käyttäjätila → etuoikeutettu tila
  - keskeytys tai suora KJ:n palvelupyyntö (SVC käsky)
  - keskeytyskäsittelijä tarkistaa onko oikeutta tilan vaihtoon

(interrupt handler)

- Etuoikeutettu tila → käyttäjätila
  - etuoikeutettu konekäsky “return from interrupt handler” esim. IRET (Pentium II)
  - palauttaa kontrollin keskeytyneeseen kohtaan ja suorittimen tilan keskeytystä edeltäneeseen tilaan

TTK-91 Nouto- ja suoritussykli vielä vähän tarkemmin

Väylät (5)

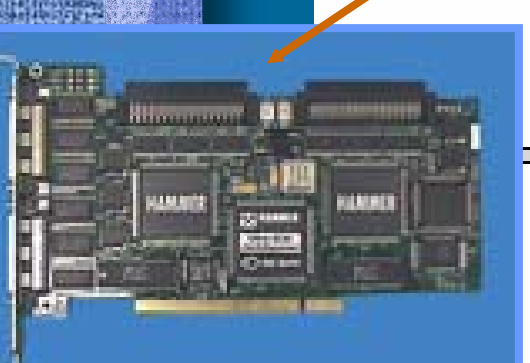
- Tiedon siirtoa varten laitteistossa
- Yksi kirjoittaja kerrallaan
- Toteutettu johdinkimppuina

- Eri tasoilla
  - suorittimen sisällä ”sisäinen väylä” (internal bus)
  - muistiväylä suorittimen ja muistin välillä (memory bus)
  - I/O-väylä muistiväylän ja I/O-laitteiden välillä (I/O bus)
- Useita eri tapoja yhdistellä edellä olevia

Väylähierarkia

Tyypillinen Pentium II systeemin emolevy

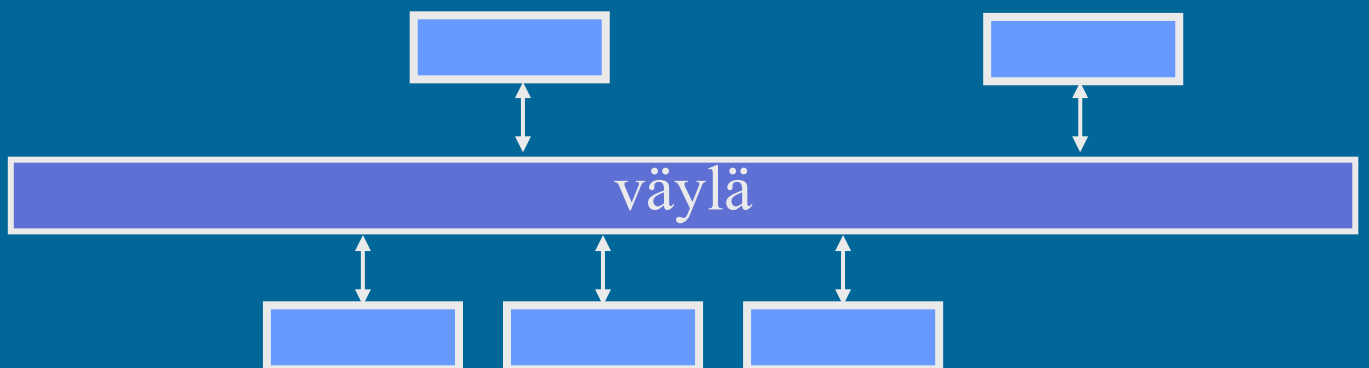
Omalla lastulla tason 1 välimuistin kanssa



PCI to SCSI bridge

Fig. 3-50 [Tane99

Väylät (5)



- **Kullakin laitteella oma osoite**
- **Yksi lähettää, kaikki kuulevat, vain 'oikea' laite vastaanottaa**
- **Paljon erilaisia**
- **Lähellä suoritinta olevat ovat nopeampia**

Lisää tietoa? Tietokoneen rakenne kurssi

TTK-91 koneen KOKSI-simulaattori (6)

- Tavallinen Pascalilla kirjoitettu ohjelma
- TTK-91 koneen osat tietorakenteina
  - rekisterit, MMU, CU, muisti
- Simuloi käskyjen suoritussykliä käsky kerrallaan
- Toteuttaa TTK-91-koneen käyttöjärjestelmän osat osana tavallista ohjelmaa
  - assembler-kääntäjä, lataaja, debugger, kesk. käsittelijät
- Graafinen käyttöliittymä

TTK-91-käskyn suoritussykli (5)

hae käsky simuloidusta muistista

IR = mem[PC]

pura käsky osiin (OPER, Rj, M, Ri, ADDR) ja
laske osoiteosan arvo TR (ADDR tai regs[Ri]+ADDR)

ADDR = IR % 32768 TR = regs[Ri] +ADDR

tee tarvittava määrä (M) operandin
hakuja muistista rekisteriin TR

TR = mem[TR]

valitse aliohjelma operaatiokoodin (OPER) perusteella

if (opcodeOK[OPER] = FALSE) then SR.U = 1;

simuloi konekäskyn suorituksen muutokset
rekistereihin (R0…R7, SR, PC, MAR, MBR)

ADD Ri, M ADDR(Rj) ⇒ regs[Ri] += TR;

lopeta suoritus, jos SVC tai keskeytys

SR.O = …

-- Jakson 5 loppu --

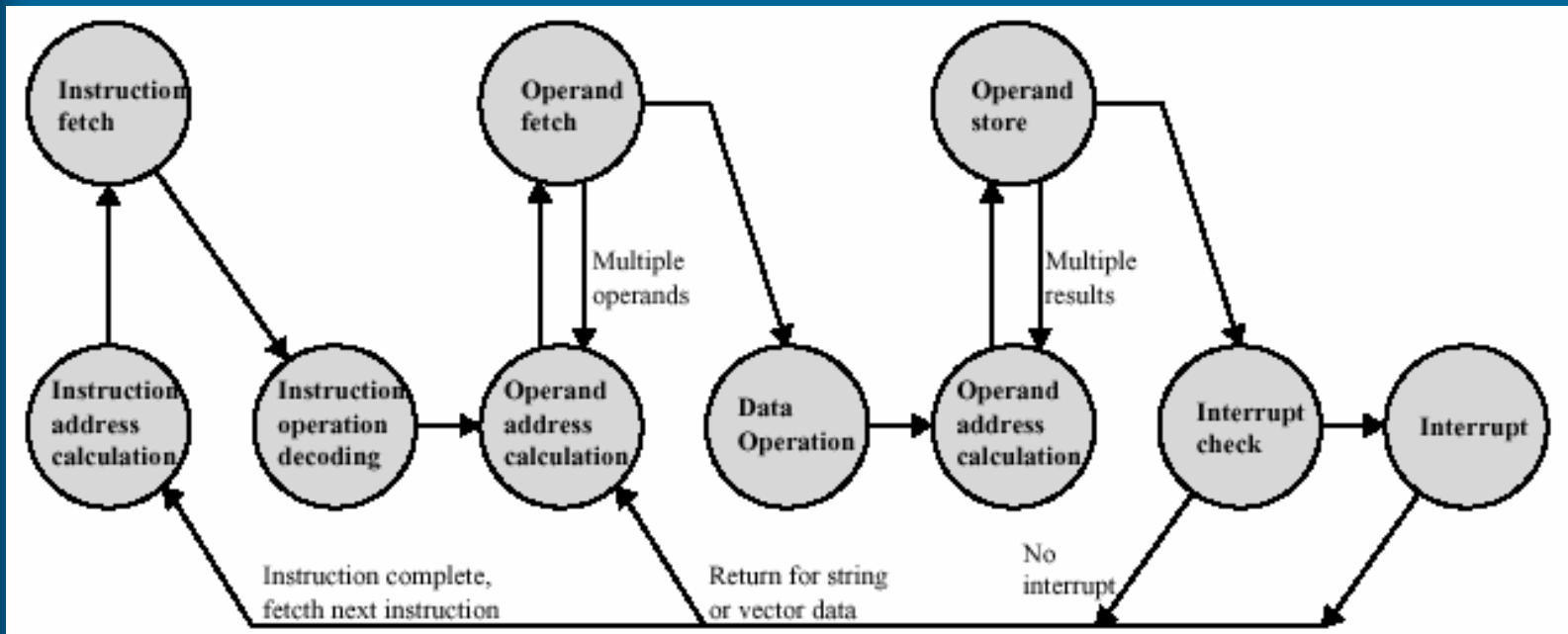


Figure 3.12 Instruction Cycle State Diagram, With Interrupts

[Stal99]