

Luento 2

TTK-91 tietokone ja sen KOKSI simulaattori

Miksi TTK-91?

TTK-91 rakenne ja
käskykanta-arkkitehtuuri

Mikä on simulaattori?

Miten TTK-91 ohjelmia
suoritetaan simulaattorissa?

Miksi konekieltä?

- Koneen toiminnan ymmärtäminen
- Oman ohjelman toiminnan ymmärtäminen
- Koneenläheinen ohjelmointi
- Kääntäjän tekeminen
 - kääntäjä kääntää konekielelle lausekielisen ohjelman
- Ohjelman tehokkuus
 - osia ohjelmasta ohjelmoidaan suoraan konekielellä

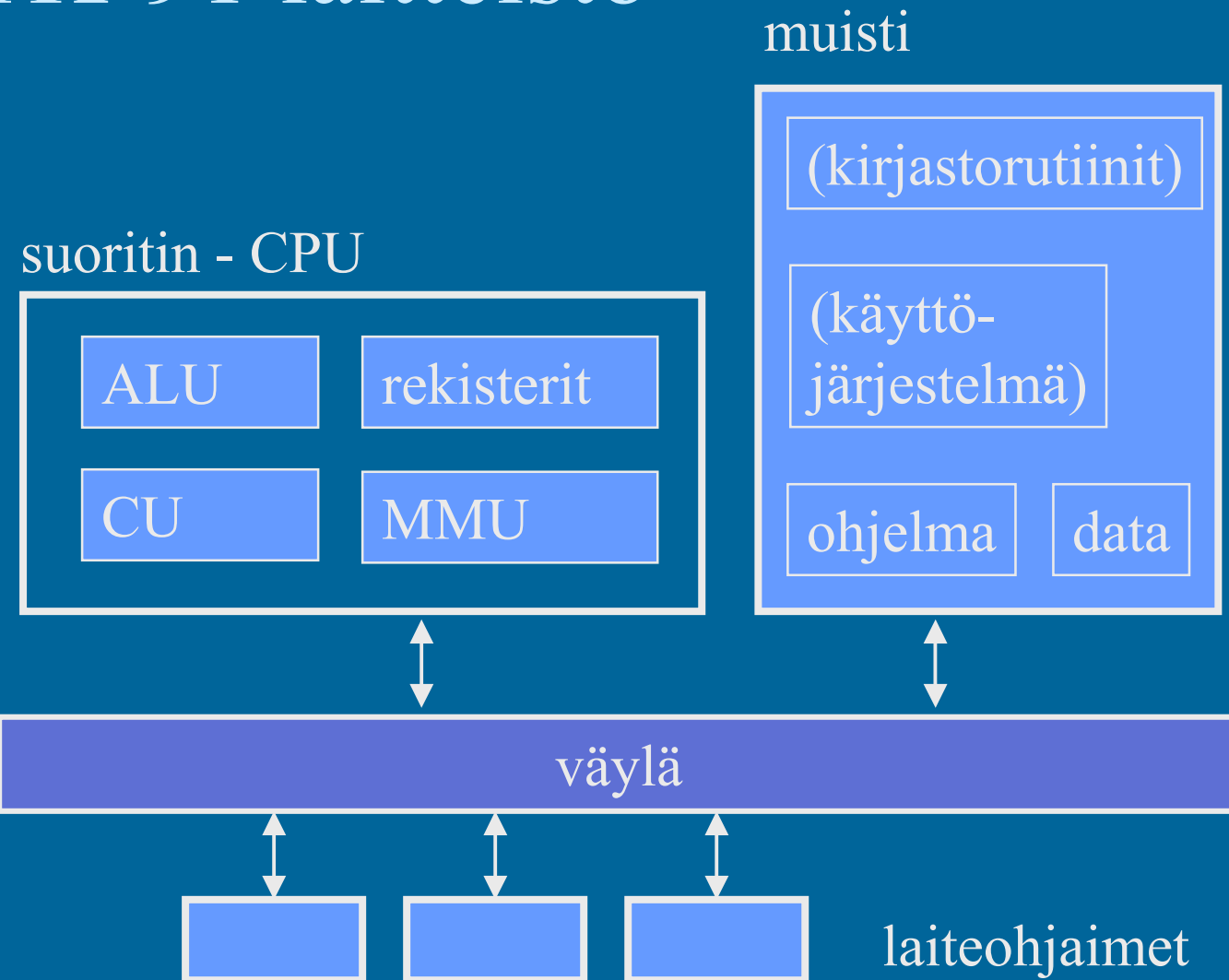
Miksi ei oikeaa konekieltä?

- Oikeat konekielet huomattavasti monimutkaisempia
 - niiden opetteluun tarvitaan oma kurssi
- Vaikeaa valita sopivinta
 - paljon erilaisia konekieliä
- Keskitytään vain opetuksen kannalta oleellisiin asioihin
 - tarvittaessa oikea konekieli ‘helppo’ oppia

Tietokone TTK-91 (4)

- Laitteisto, hardware (HW)
 - suoritin, muisti, väylät
 - oheislaitteiden liitännät
- Käskykanta - konekieliarkkitehtuuri
 - käyttöliittymä laitteistoon
 - konekäskyt, tiedon esitysmuodot, tietotyypit
- Symbolinen konekieli
 - luettavampi muoto konekielestä
 - kullakin symbolilla yksikäsitteiset arvot
- KOKSI simulaattori
 - ohjelma, joka simuloi TTK-91 koneen laitteistoa

TTK-91 laitteisto



TTK-91 rekisterit

- 8 yleisrekisteriä

ks. Kuva 4.1 [Häkk98]

- vain näitä rekistereitä voi koskettaa (suoraan) konekäskyillä
- kaikki laskenta tapahtuu rekistereiden avulla
- R0 työrekisteri
 - indeksirekisterinä == 0
(tietyissä tilanteissa R0:n käyttö tarkoittaa lukua 0 rekisterin R0 sisällön asemesta)
- R1-R5 työ- ja indeksirekistereitä
 - tyyppi riippuu konekäskystä
- pino-osoitin SP (R6)
- ympäristöosoitin FP (R7)

Stack Pointer

Frame Pointer

TTK-91 Kontrolliyksikkö (CU)

ks. Kuva 4.1 [Häkk98]

- PC - Program Counter, käskyosoitin
 - seuraavaksi suoritettavan konekäskyn osoite
- IR - Instruction Register, käskyrekisteri
 - suorituksessa oleva konekäsky
- TR - Temporary Register, apurekisteri
 - tilapäinen talletuspaikka käskyn suoritusaikana
- SR - State Register, tilarekisteri
 - suorittimen tila ja rajoitukset tällä hetkellä

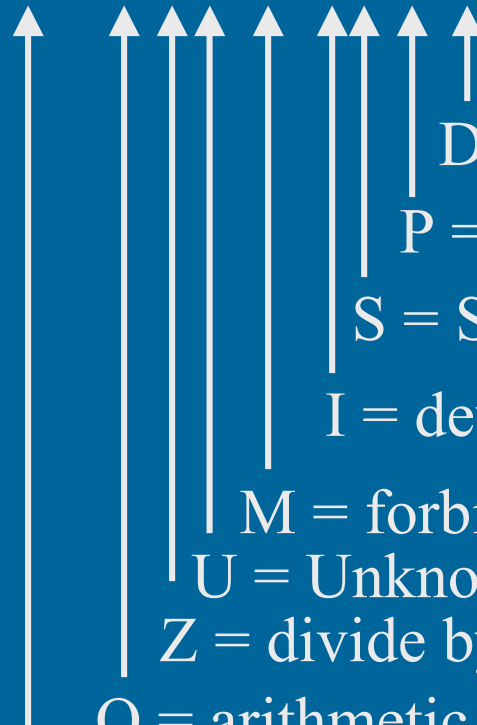
TTK-91 Tilarekisteri SR ⁽³⁾

- Tilatietoa siitä, mitä suorittimella tapahtui edellisen käskyn suorituksessa
 - virhetilanteet, poikkeukset ks. Kuva 4.1 [Häkk98]
 - konekäsky olikin käyttöjärjestelmän palvelupyyntö
 - vertailun tulos
- Tilatietoa siitä, mitä systemissä tapahtui viime aikoina
 - käsittelemättömät laitteiden antamat signaalit (laitekeskeytykset, device interrupts)
- Tilatietoa siitä, mitä suoritin saa tehdä jatkossa
 - etuoikeutettu tila: kaikki muistialueet, kaikki käskyt
 - poikkeukset ja keskeytykset sallittuja vai ei?

Tilarekisteri SR ⁽⁹⁾

32 bittiä (kunkin arvo 0 tai 1)

SR: GEL OZUM IS P D ????????



D = Interrupts Disabled (kesk. estetty)

P = Priviledged mode (etuoik. tila)

S = SVC (supervisor call) palvelupyyntö

I = device Interrupt (laitekeskeytys)

M = forbidden Memory address

U = Unknown instruction

Z = divide by Zero

O = arithmetic Overflow

GEL = comparison indicators: Greater, Equal, Less

TTK-91 Muistinhallintayksikkö (MMU)

- Muistiinviittausrekisterit

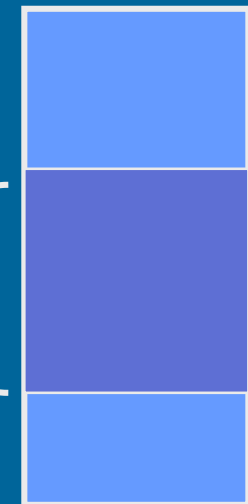
ks. Kuva 4.1 [Häkk98]

- MAR - Memory Address Register, muistiosoite
- MBR - Memory Buffer Register, luettava/kirjoitettava arvo

- Käytössä oleva muistialue

- vain tähän alueeseen voi nyt viitata
- BASE - muistisegmentin alkuosoite
- LIMIT - muistisegmentin koko
- kaikki muistiosoitteet suhteellisia BASE rekisterin arvoon
- käyttöjärjestelmä asettaa ja valvoo

memory



TTK-91 Käskykanta

- Tietotyypit
- Konekäskyjen tyypit
- Konekäskyn rakenne
 - montako bittiä, minkälainen sisäinen rakenne
- Muistissa olevan tiedon osoitustavat
 - konekielessä
 - symbolisessa konekielessä
- Operaatiot

TTK-91 tietotyypit ⁽²⁾

- 32 bittinen kokonaisluku
 - noin 10 desimaalinumeroinen luku
- EI:
 - liukulukuja
 - merkkejä
 - totuusarvoja
 - ...

TTK-91 käskytyypit

- Aina 2 operandia itse käskyssä
 - aina ei molemmilla ole merkitystä
 - JUMP vain yksi operandi, Ri+ADDR
 - NOP ei operandeja lainkaan
- Käsky aina 32 bittiä
- Ensimmäinen operandi aina rekisterissä
- Toinen operandi muistissa tai rekisterissä
 - luku rekisteristä on nopeampaa kuin muistista hakeminen
- ALU-operaatioiden tulos rekisteriin
 - korvaa 1. operandin arvon!

Symbolinen konekieli (7)

LOOP: ADD R4, @TAULU(R1)

viite: OPER R_j, M ADDR(R_i)

R_i = indeksirekisteri

ADDR = osoiteosa

M = 2. operandin osoitusmoodi

R_j = 1. operandina oleva rekisteri

OPER = käskyn symbolinen nimi, opcode

viite = käskyn (symbolinen) osoite

- Suora vastaavuus konekieleen
 - yksinkertainen assembler-käännös

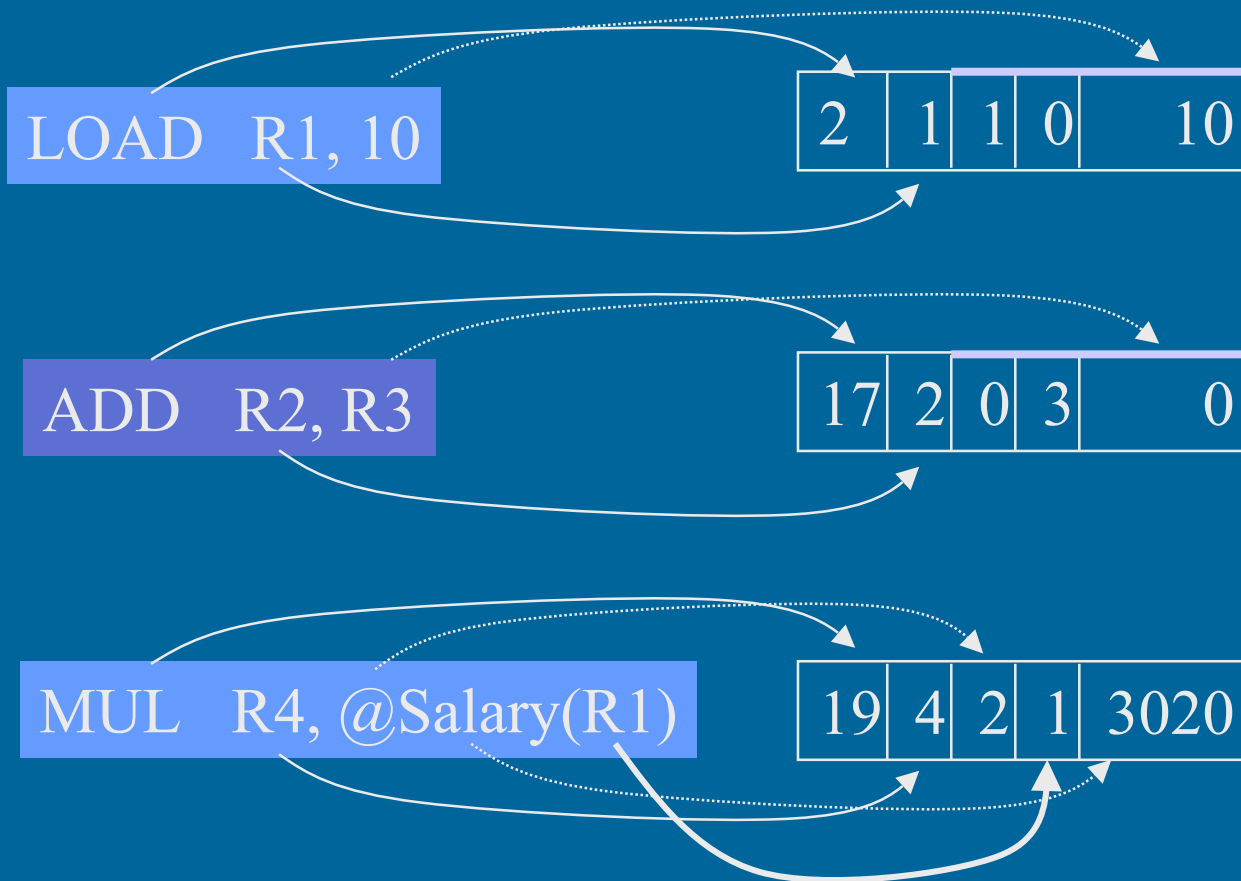
Symbolinen konekieli

- Symbolien vastaavuus 1:1 kaikkialla
 - viite: muistiosoite
 - operaatiokoodi, opcode: vakio
 - osoitekentän symboli: vakio tai muistiosoite
 - kenttään voi kirjoittaa joko symbolin tai arvon!

Kaikki muistiosoitteet suhteellisia BASE-osoitteeseen, eli arvoalueella $[0, \text{LIMIT}-1]$

- Osoitusmoodi: monimutkaisempi vastaavuus
 - konekielessä 2 moodia
 - indeksoitu, epäsuora indeksoitu
 - symbolisessa konekielessä 8 moodia
 - helpottavat ohjelmointia

Symbolinen konekieli vs. konekieli ⁽³⁾



Operandin osoitusmuodot symbolisessa konekielessä

- 8 eri osoitusmoodia (vain 2. operandille!)
- Tekstuaalisesti koodattuna

- osoitusmoodi

```
LOAD R1, @Field1(R3)
```

- = vakio [+ rekisterin arvo]
- tyhjä arvo rekisterissä tai muistissa
- @ epäsuora viite muistiin

- sulkumerkit rekisterin ympärillä

- ei sulkuja käytä rekisterin arvoa sellaisenaan
- sulut käytä rekisterin osoittamaa muistipaikan arvoa

- 0-arvoa ei kirjoiteta näkyviin

- indeksirekisterinä R0 tai vakiona 0

TTK-91 muistin osoitusmoodit (8)

ks. lista sivulla 50
[Häkk98]

```

LOAD R1, 10      ; R1 ← 200
LOAD R1, =10     ; R1 ← 10
LOAD R1, @10     ; R1 ← 6000
LOAD R4, R2      ; R4 ← 201
LOAD R4, @R2     ; R4 ← 11
LOAD R5, =Tbl(R3) ; R5 ← 201
LOAD R5, Tbl(R3) ; R5 ← 11
LOAD R5, @Tbl(R3) ; R5 ← 300
    
```

rekisterit	
R0:	104
R1:	10
R2:	201
R3:	1
...	
SP=R6:	
FP=R7:	125

muisti-
segmentti

0:	
10:	200
11:	300
200:	6000
201:	11

LIMIT:

symboli-
taulu

Tbl:	200
X:	10
One:	1

Indeksointi ⁽²⁾

LOAD R4,=Tbl(R3)

- Laske aina ensin tehollinen muistiosoite (effective address, EA):
- Sitten katso moodia ja tee niin monta muistinoutoa kun tarvitaan

$$EA = Tbl + (R3) = 201$$

– ”=”: 0 kpl

$$R4 \leftarrow 201$$

– tyhjä: 1 kpl

$$R4 \leftarrow \text{Mem}[201] = 11$$

– ”@”: 2 kpl

$$R4 \leftarrow \text{Mem}[\text{Mem}[201]] \\ = \text{Mem}[11] = 300$$

pelkkä rekisterin nro @-merkin jälkeen \Rightarrow 1 kpl

STORE käsky \Rightarrow 1 kpl vähemmän noutoja ja yksi tallennus

Indeksoinnin käyttö (2)

- Taulukot

- Vakio (symboli) taulukon alkuosoite
- indeksirekisterissä indeksi



```
LOAD R5, Tbl(R3)  
1854 14
```

- Tietueet

- indeksirekisterissä tietueen alkuosoite
- vakiona tietueen kentän suhteellinen osoite tietueen sisällä



```
LOAD R2, Salary(R5)  
6 1244
```

TTK-91 operaatiot

- Muistiinviittaukset
 - tavalliset: load & store
 - pino-operaatiot (aliohjelmien toteuttamista varten)
- I/O käskyt
- Kokonaislukuoperaatiot
- Loogiset operaatiot totuusarvoille
- Bittien siirtokäskyt (shift instructions)
- Kontrollin siirtokäskyt
 - mistä löytyy seuraavaksi suoritettava käsky?
- Muut käskyt

TTK-91

muistiinviittausoperaatiot ⁽³⁾

- LOAD

LOAD R1, X

LOAD R5, @ptrX

- käskyä käytetään myös rekistereiden kopiointiin (Move operaatio)

LOAD R0, R5

- STORE

- tallettaa aina muistiin

STORE R2, X

STORE R3, Tbl(R4)

- PUSH, POP, PUSHR, POPR

- aliohjelmien toteuttamista varten

POP SP, R1 ; load ...

- käsitellään myöhemmin

PUSH SP, R1 ; store ...

TTK-91 I/O operaatiot

- IN

IN R3, =KBD

- lue arvo (kokonaisluku) rekisteriin annetulta laitteelta

- OUT

OUT R2, =CRT

- tulosta arvo (kokonaisluku) rekisteristä annetulle laitteelle

- Laitteet?

- KBD - näppäimistö, stdin
- CRT - näyttö, stdout
- ei muita!

TTK-91

kokonaislukuoperaatiot

- LOAD ("move")

```
LOAD R3, R1 ; R3 ← R1
```

- ADD, SUB

```
ADD R3, R1 ; R3 ← R3+R1
```

```
SUB R3, =1 ; R3 ← R3-1
```

- MUL

```
MUL R3, Tbl(R1) ; R3 ← R3 * Mem(Tbl+R1)
```

- DIV, MOD

```
LOAD R1,=14
```

```
DIV R1,=3 ; R1 ← 4
```

```
LOAD R1,=14
```

```
MOD R1,=3 ; R1 ← 2
```

TTK-91

loogiset operaatiot (4)

- NOT, AND, OR, XOR
 - kaikille 32 bitille
 - yksi bitti kerrallaan

LOAD R1, =12 ; R1 = 000...000 1100
LOAD R2, =5 ; R2 = 000...000 0101



AND	R1,R2	; R1 = 000...000 0100
OR	R1,R2	; R1 = 000...000 1101
XOR	R1,R2	; R1 = 000...000 1001
NOT	R1	; R1 = 111...111 0011

TTK-91

bittien siirtokäskyt

- SHL, SHR

- siirrä bittejä vasemmalle tai oikealle
- täytä nolilla

```
LOAD R1,=5 ;R1 = 000...000 00101 = 5  
SHL R1,=1 ;R1 = 000...000 01010 = 10
```

- positiivisilla luvuilla yhden bitin siirto vasemmalle on sama kuin 2:lla kertominen!
- positiivisilla luvuilla yhden bitin siirto oikealle on sama kuin 2:lla jakaminen!

```
LOAD R1,=5 ;R1 = 000...000 00101 = 5  
SHR R1,=1 ;R1 = 000...000 00010 = 2
```

TTK-91

kontrollin siirtokäskyt ⁽⁶⁾

- JUMP JUMP Loop
- COMP COMP R3, =27 COMP R2, X
 - asettaa tilarekisteriin SR vertailun tuloksen: L, E tai G
- JLES, JEQU, JGRE, JNLE, JNEQU, JNGRE
 - perustuu tilarekisterin tietoon eli viimeksi suoritettuun COMP-käskyyn JGRE Loop
- JNEG, JZER, JPOS, JNNEG, JNZER, JNPOS
 - perustuu annetun rekisterin arvoon JPOS R1, Loop
- CALL, EXIT (käsitellään myöhemmin)
- SVC SVC SP, =HALT ;ohjelman suoritus päättyy

TTK-91 muut käskyt

- NOP

NOP

- Nop Operation, tyhjä käsky, älä tee mitään
- varaa kuitenkin muistia yhden sanan (32 bittiä)
- suoritetaan samoin kuin muutkin käskyt

TTK-91 assembler kääntäjän ohjauskäskyt ⁽⁴⁾

- Eivät generoi lainkaan konekäskyjä `Sata EQU 100`
- EQU - Equal `LOAD R1, =Sata`
 - antaa arvon symbolille symbolitauluun
- DC - data constant `X DC 50`
 - varaa yhden sanan tilaa muistista, antaa sille alkuarvon ja antaa osoitteen symbolin arvoksi (symbolitauluun!)
 - esim. muuttujan tai ison vakion määrittely `LOAD R1, X`
- DS - data segment `Tbl DS 200`
 - varaa monta sanaa tilaa muistista, antaa arvon symbolille
 - alkuarvot ovat epämääräisiä! `LOAD R3, Tbl(R1)`
 - esim. taulukon tai tietueen tilan varaus

TTK-91 symbolisia konekäskyexamplesimerkkejä (10)

- Miten toimivat seuraavat käskyt?

```
LOAD R2, @100           ;R2 ← 200
ADD R2, 101 (R3)        ;R2 ← R2 +100 = 105
DIV R1, R3              ;R1 ← 0
LOAD R2, =100(R0)       ;R2 ← 100
LOAD R0, @101(R3)       ;R0 ← 101
```

	regs		mem
R0:	2	100:	101
R1:	1	101:	200
R2:	5	102:	101
R3:	2	103:	100

TTK-91 symbolisia konekäskyexamplesimerkkejä ⁽¹⁰⁾

- Entä miten toimivat seuraavat käskyt?

```

LOAD R2, @Xptrptr      ;R2 ← 200
ADD R2, Xptr (R3)      ;R2 ← R2 +100 = 105
DIV R2, R3              ;R2 ← 2
LOAD R2, =Tbl(R1)      ;R2 ← 101
LOAD R2, Sum(R4)       ;R2 ← 101
    
```

	regs		mem		symbol
R1:	1	100:	101	Tbl =	100
R2:	5	101:	200	X =	200
R3:	2	102:	101	Xptr =	101
R4:	100	103:	100	Xptrptr =	100
				Sum =	2

TTK-91 symbolinen konekieliohjelman

hello.k91

```
X    DC    13  
Y    DC    15
```

```
MAIN LOAD R1, X  
      ADD  R1, Y  
      OUT  R1, =CRT  
      SVC  SP, =HALT
```

TTK-91 symbolinen konekieliohjelman

sum.k91

; sum - laske annettuja lukuja yhteen, luku 0 on loppumerkki

Luku DC 0 *; nykyinen luku, alkuarvo 0*
Summa DC 0 *; nykyinen summa, alkuarvo 0*

Sum IN R1, =KBD *; ohjelma Sum alkaa käskystä 0*
STORE R1, Luku
JZER R1, Done *; luvut loppu?*

LOAD R1, Summa *; Summa <- Summa+Luku*
ADD R1, Luku
STORE R1, Summa *; summa muuttujassa, ei rekisterissä?*

JUMP Sum

Done LOAD R1, Summa *; tulosta summa ja lopeta*
OUT R1, =CRT
SVC SP, =HALT

KOKSI

TTK-91 -koneen simulaattori (7)

- Toimii kuten oikea kone toimisi
- Graafinen käyttöliittymä
- I/O vain käyttöliittymän kautta
- Ohjelmien valinta ("lataus"), käännös ja suoritus
- Ohjelmien editointi ks. sum.k91
 - myös mikä tahansa tekstieditori kelpaa!
- Käsky kerrallaan suoritus mahdollinen
- Käsky kerrallaan, kommentoinnin kera

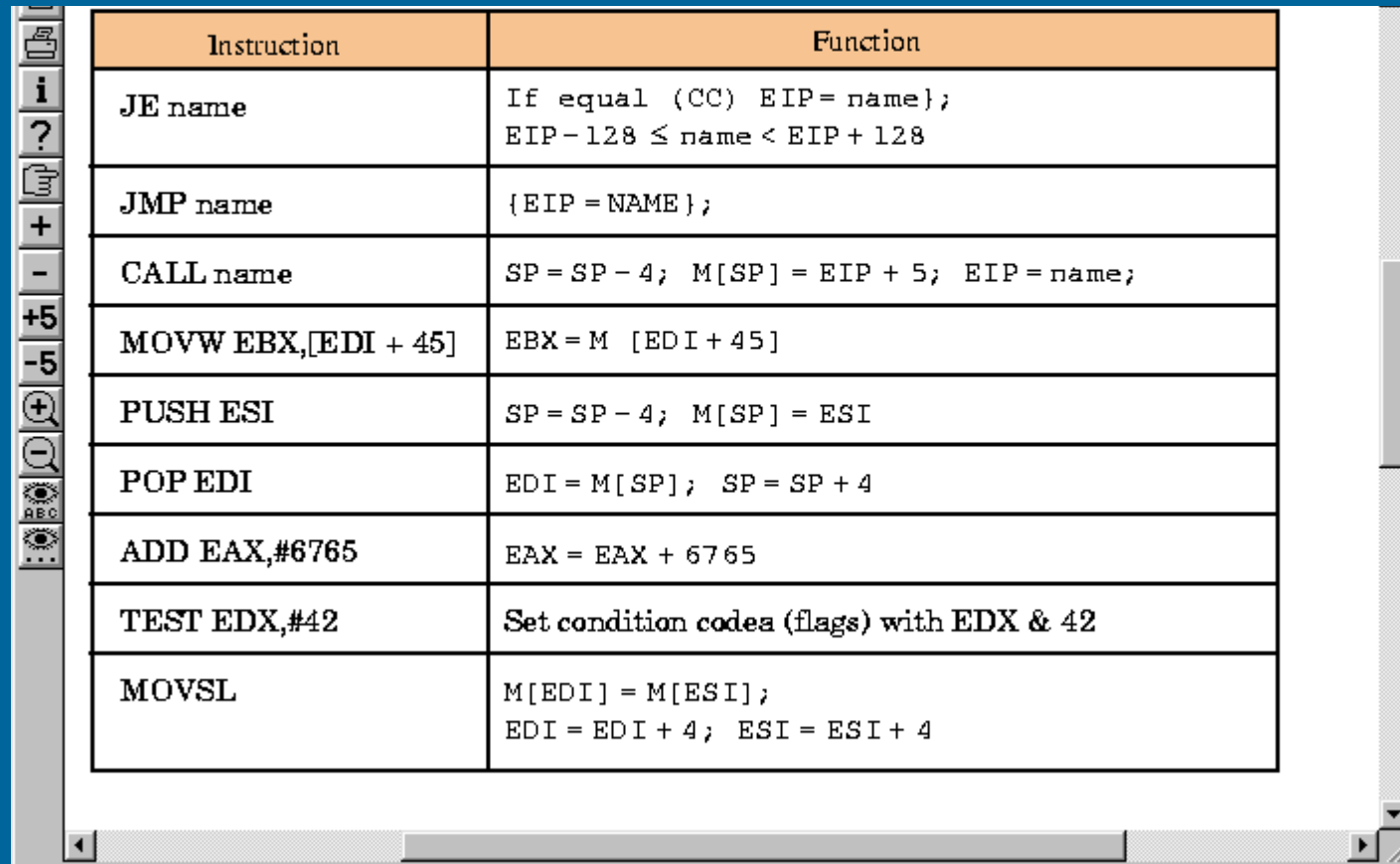
KOKSI

TTK-91 -koneen simulaattori

- Käytettävissä (DOS, W95, W98, W-NT, W2000)
 - laitoksen koneissa
 - kotona <http://www.cs.Helsinki.FI/u/kerola/tito/>
- Installoi itse kotihakemistoosi (n. 120 KB)
 - kopioi zip-tiedosto ja pura se koksi-hakemistoon
 - editoi koksi.cfg tiedostoon editorin polku
Esim: `c:\windows\command\edit.com`
- Ohjelmatiedostojen (hello.k91 jne) tulee olla samassa hakemistossa kuin simulaattorin (koksi.exe)
 - käynnistä (esim.) klikkaamalla koksi.exe

-- Luennon 2 loppu --

Some typical 80x86 intructions and their function



Instruction	Function
JE name	If equal (CC) EIP = name}; EIP - 128 ≤ name < EIP + 128
JMP name	{ EIP = NAME };
CALL name	SP = SP - 4; M[SP] = EIP + 5; EIP = name;
MOVW EBX,[EDI + 45]	EBX = M [EDI + 45]
PUSH ESI	SP = SP - 4; M[SP] = ESI
POP EDI	EDI = M[SP]; SP = SP + 4
ADD EAX,#6765	EAX = EAX + 6765
TEST EDX,#42	Set condition codea (flags) with EDX & 42
MOVSL	M[EDI] = M[ESI]; EDI = EDI + 4; ESI = ESI + 4

Fig. 3.32 [PaHe98]