

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

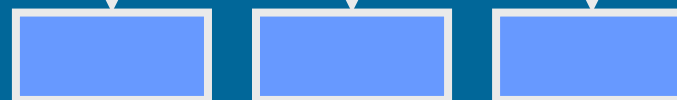
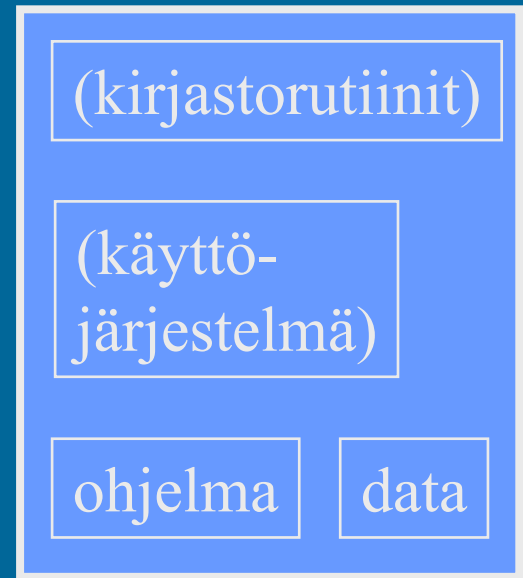
- Laitteisto, hardware (HW)
 - suoritin, muisti, väylät, oheislaitteiden liitännät
- Käskykanta - konekieliarkkitehtuuri
 - käyttöliittymä laitteistoon
 - konekäskyt, tiedon esitysmuodot, tietotyypit
- Symbolinen konekieli
 - luettavampi muoto konekielestä
 - kullakin symbolilla yksikäsitteiset arvot
- KOKSI simulaattori
 - TTK-91 koneen laitteiston simulaattori
 - symbolisen konekielen kääntäjä
 - graafinen käyttöliittymä, debugger-ympäristö

TTK-91 laitteisto

suoritin - CPU



muisti



laiteohjaimet

TTK-91 rekisterit

- 8 yleisrekisteriä

ks. Kuva 4.1 [Häkk98]

- vain näitä rekistereitä voi koskettaa (suoraan) konekäskyillä
- kaikki laskenta tapahtuu rekistereiden avulla
 - vain 8 ”muistipaikkaa” varsinaista laskentaa varten
- R0 työrekisteri
 - indeksirekisterinä == 0
(eli jälkimmäisenä operandina R0:n käyttö tarkoittaa lukua 0 rekisterin R0 sisällön asemesta)
- R1-R5 työ- ja indeksirekistereitä
 - tyyppi riippuu rekisterin käytöstä konekäskyssä
- 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

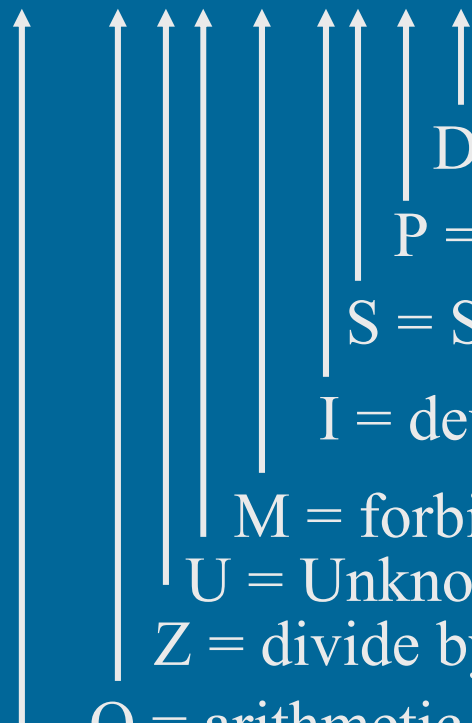
- Tilatietoa siitä, mitä suorittimella tapahtui edellisen käskyn suorituksessa
 - virhetilanteet, poikkeukset ks. Kuva 4.1 [Häkk98]
 - konekäsky olikin käyttöjärjestelmän palvelupyyntö
 - vertailun tulos
- Tilatietoa siitä, mitä systemissä tapahtui viime aikoina
 - käsittelemättömät laitteiden antamat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

Tilarekisteri SR ⁽⁹⁾

32 bittiä (kunkin arvo 0 tai 1)

SR:

GEL OZUM IS P D ????????



D = Interrupts Disabled (kesk. estett)

P = Priviledged mode (etuoik. tila)

S = SVC (supervisor call) palvelupyynt

I = device Interrupt (laitekeskeyty

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]

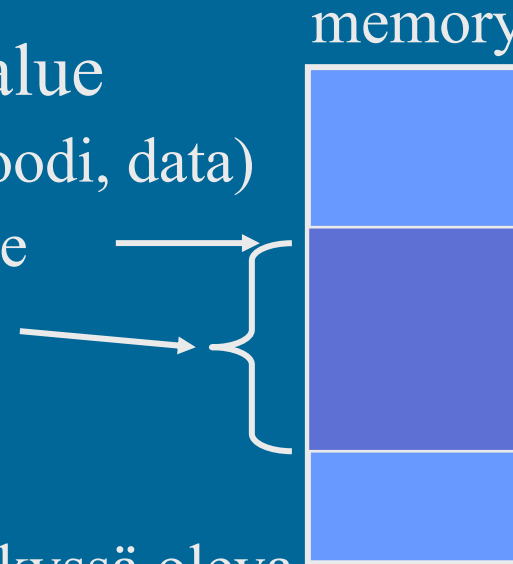
- MAR - Memory Address Register, muistiosoite
- MBR - Memory Buffer Register, luettava/kirjoitettava arvo

- Ohjelman käytössä oleva muistialue

- vain tähän alueeseen voi viitata (koodi, data)
- BASE - muistisegmentin alkuosoite
- LIMIT - muistisegmentin koko
- kaikki osoitteet suhteellisia BASE rekisterin arvoon

- esim. jos $BASE=8000$, niin käskyssä oleva osoite 34 viittaa muistiosoitteeseen 8034

- käyttöjärjestelmä asettaa ja valvoo



TTK-91 Käskykanta

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

TTK-91 tietotyypit

- 32 bittinen kokonaisluku
 - noin 10-numeroinen desimaaliluku
- EI:
 - liukulukuja
 - merkkejä
 - totuusarvoja
 - ...

TTK-91 käskytyypit

- Aina 2 operandia itse käskyssä
 - aina ei molemmilla ole merkitystä
 - JUMP vain yksi operandi, hypyn osoite
 - 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 aina 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 tai vakio

M = 2. operandin
tiedon osoitusmoodi

R_j = 1. operandina oleva rekisteri
ja tulosrekisteri

OPER = käskyn symbolinen nimi, opcode

VIITE = käskyn (symbolinen) osoite

- Suora vastaavuus konekieleen
 - yksinkertainen assembler-käännös

Symbolinen konekieli

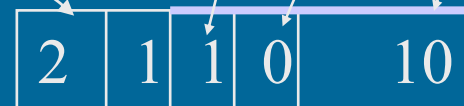
- Symbolien vastaavuus 1:1 kaikkialla
 - viite = muistiosoite (eli tietyn tyyppinen vakio)
 - operaatiokoodi eli opcode = vakio
 - osoitekentän symboli = vakio tai muistiosoite
 - kenttään voi kirjoittaa joko symbolin tai arvon!

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

- Osoitusmoodi: monimutkaisempi vastaavuus
 - konekielessä 3 moodia
 - vakio ja/tai rekisteri
(2. operandi = vakio + indeksirekisterin arvo)
 - indeksoitu, epäsuora indeksoitu (tieto muistissa)
 - symbolisessa konekielessä 8 moodia
 - helpottavat ohjelmointia
 - toteutettu konekielen 3 moodin avulla

Symbolinen konekieli vs. konekieli (3)

LOAD R1, 10



hae muistista

ei ind. rek

osoite

arvo rekisteristä

ind. rek

ei vakiota

ADD R2, R3



osoite ja arvo muistista

ind. rek

vakiolisäys

MUL R4, @Salary(R1)



Tiedon 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

Indeksointi

```
LOAD R4,=Tbl(R3)
LOAD R4,Tbl(R3)
LOAD R4,@Tbl(R3)
```

- Laske aina ensin tehollinen muistiosoite (effective address, EA): $EA = Tbl + (R3) = 201$
- Sitten katso moodia ja tee niin monta muistinoutoa kuin tarvitaan

– ”=”: 0 kpl $R4 \leftarrow 201$ (vakion käyttö)

– tyhjä: 1 kpl $R4 \leftarrow Mem[201] = 11$

– ”@”: 2 kpl $R4 \leftarrow Mem[Mem[201]]$
 $= Mem[11] = 300$

pelkkä rekisterin nro @-merkin jälkeen \Rightarrow 1 kpl

STORE käsky \Rightarrow 1 kpl vähemmän noutoja ja yksi tallennus

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

Indeksoinnin käyttö taulukkojen ja tietueiden yhteydessä

- Taulukot

- taulukon alkuosoite vakiona
- taulukon indeksi indeksirekisterissä



LOAD R5, Tbl(R3)
1854 14

- Tietueet

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



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?
(ellei se ole seuraavassa muistipaikassa)
- Muut käskyt

TTK-91

muistiinviittausoperaatiot

- LOAD

LOAD R1, X

LOAD R5, @ptrX

- käskyä käytetään myös rekistereiden kopiointiin (Move operaatio)

LOAD R0, R5

- STORE

STORE R2, X

- tallettaa aina muistiin

STORE R3, Tbl(R4)

- PUSH, POP, PUSHR, POPR

- aliohjelmien toteuttamista varten

PUSH SP, R1 ; store to stack

POP SP, R1 ; take from stack

- käsitellään myöhemmin

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! (ei levyä, ei verkkoa, ...)

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

- JUMP `JUMP Loop`
- COMP `COMP R3, =27` `COMP R2, X`
 - asettaa tilarekisteriin SR vertailun tuloksen: L, E tai G
- JLES, JEQU, JGRE, JNLES, 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

- No OPeration, tyhjä käsky, älä tee mitään
- varaa kuitenkin muistia yhden sanan (32 bittiä)
- suoritetaan samoin kuin muutkin käskyt

TTK-91 assembler kääntäjän ohjauskäskyt

- Eivät generoi lainkaan konekäskyjä
 - suoritetaan käännoaikana

```
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 symbolinen konekieliohjjelma

hello.k91

X	DC	13
Y	DC	15

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

TTK-91 symbolinen konekieli ohjelma

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

- 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

- Käytettävissä (DOS, W95, W98, W2000)

- laitoksen koneissa

ei toimi Windows XP:ssä!

- 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`

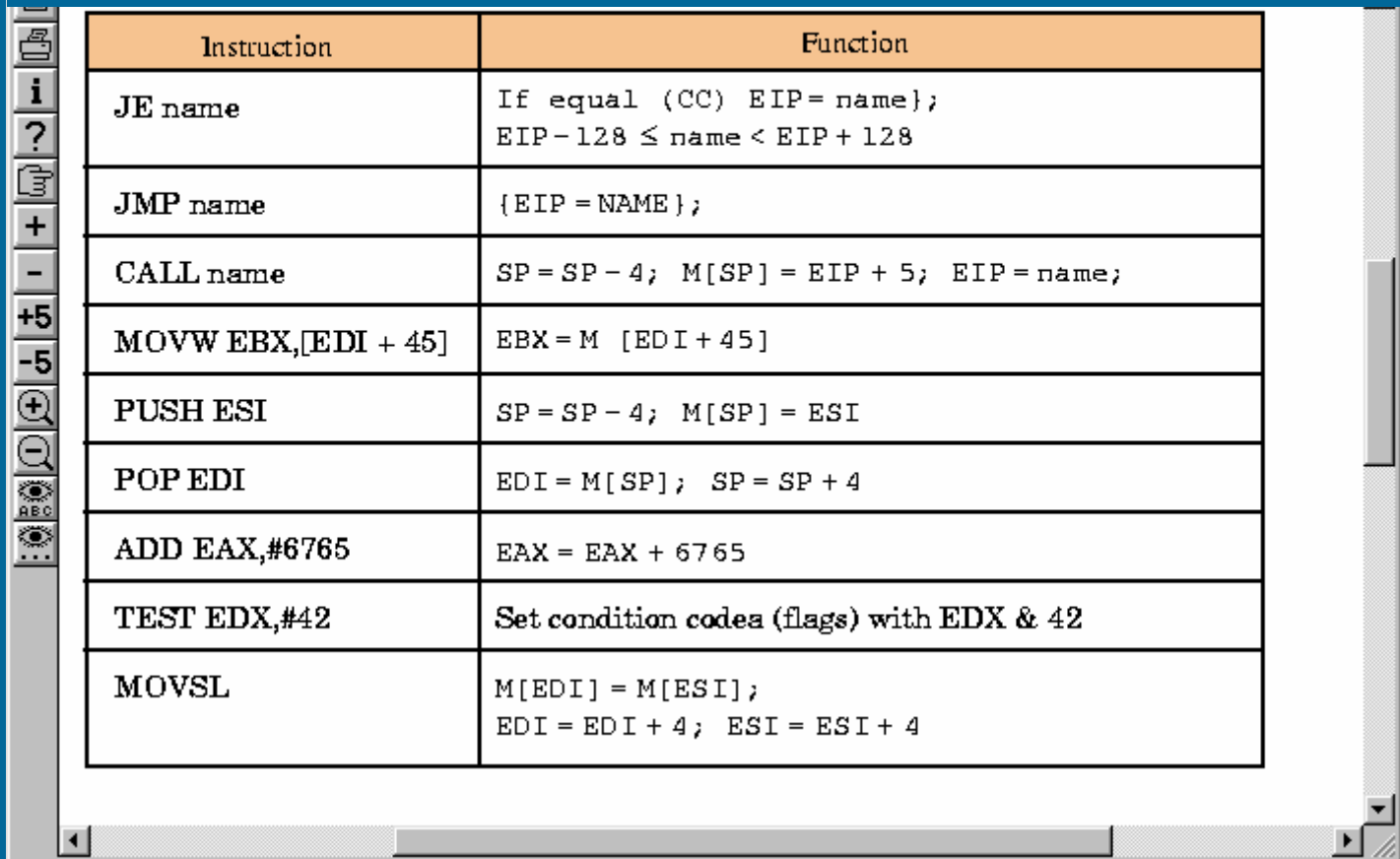
- Ohjelmatiedostojen (hello.k91 jne) tulee olla samassa hakemistossa kuin simulaattorin (koksi.exe)

- käynnistä (esim.) klikkaamalla koksi.exe

- Eri versioita Linux-ympäristöön

-- Luennon 2 loppu --

Some typical 80x86 intructions and their function



Instruction	Function
JE name	If equal (CC) EIP = name; $EIP - 128 \leq name < EIP + 128$
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]