



Univerzitetni študijski program, 3. letnik

Sistemska programska oprema

predavatelj: doc. Tomaž Dobravec

Hipotetični računalnik SIC

Hipotetični računalnik SIC

- ▶ **SIC** = Simplified Instructional Computer
- ▶ Ima vse kot veliki, nima pa odvečne navlake
- ▶ Primeri so čisti in razumljivi
- ▶ SIC poznamo v dveh različicah:
 - ▶ SIC
 - ▶ SIC/XE (XE = eXtra Equipment ali eXtra Expensive)
- ▶ SIC/XE je povsem navzdol kompatibilen

SIC - pomnilnik

- ▶ 8-bitni pomnilnik, ena beseda je 3-bajte (24bitov).
- ▶ Naslavljajo se posamezne bajte (besede se naslavljajo z lokacijo najnižjega bajta).
- ▶ Celoten pomnilnik obsega $32768 (2^{15})$ bajtov.

SIC - registri

- ▶ SIC ima 5 registrov, vsak ima svoj namen in uporabo.
 - ▶ Velikost registrov: 24-bitov
 - ▶ A akumulator
 - ▶ X indexni register za indexno naslavljjanje
 - ▶ L linkage register za skoke (JSUB, RSUB)
 - ▶ pomozna registra
 - ▶ PC programski stevec
 - ▶ SW statusni register, zastavce
-
- ▶ Sistemska programska oprema - Hipotetični računalnik SIC

SIC – formati podatkov

- ▶ Cela števila so predstavljena s 24-bitnim predznačenim številom; uporablja se dvojiški komplement za negativna števila (glej Two's complement).

$$-X = \text{ne}X + 1$$

$$\begin{array}{r} 000001 \\ + 111111 \\ \hline 1000000 \end{array}$$

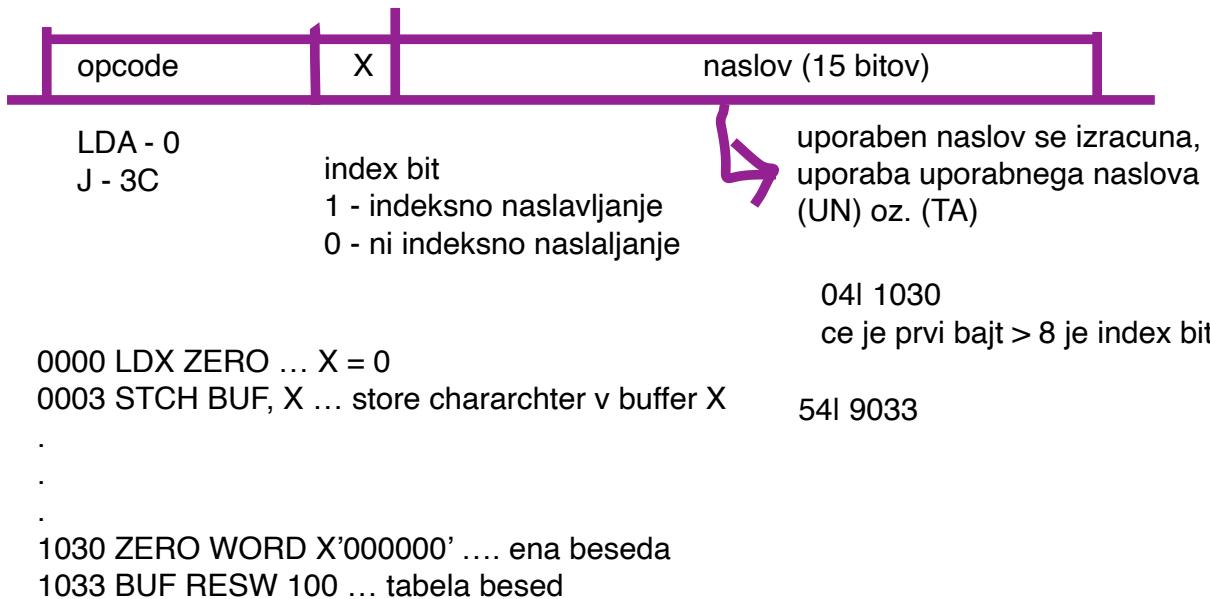
- ▶ Znaki so shranjeni v 8-bitnem ASCII formatu

- ▶ Ni aritmetike za realna števila

SIC - formati ukazov

▶ Uporablja se en sam 24-bitni format ukazov

pravi procesorji imajo vec 10 formatov
en format - vedno prebere(fetch) 3 bajte



- ▶ Iz naslova, ki je del ukaza, najprej izračunamo **uporaben naslov** (angl. target address, kratica UN), na podlagi katerega kasneje določimo operand.
- ▶ Oboje (določitev UN in operanda) je odvisno od načina naslavljanja.

Dogovor: oklepaji pomenijo isto kot * v C (dereferenčni operator)

- ▶ UN ... uporaben naslov
- ▶ (UN) ... tisto kar je na UN
- ▶ ((UN)) ... tisto kar je na naslovu ki je zapisan na uporabnem naslovu

V splošnem ločimo več načinov naslavljanja in sicer:

- A) glede na način izračuna uporabnega naslova in
- B) glede na način uporabe uporabnega naslova
(določitev operanda)

KA) Glede na način izračuna UN poznamo

▶ **neposredno (direct)** naslavljanje

UN = naslov + (X)

▶ **relativno (relative)** naslavljanje

- bazno-relativno** naslavljanje
- PC-relativno** naslavljanje

bazno-rel.: UN = B + odmik + (X) (SIC nima tega)
PC-rel.: (PC) + odmik + (X)

▶ Vse tri načine lahko kombiniramo še z indeksnim naslavljanjem (naslovu UN prištejemo še vsebino indeksnega registra X).

KB) Glede na način uporabe UN poznamo:

▶ **enostavno** (*simple*) naslavljanje

operand = (UN)
LDA mem ([A] <- [mem])
nalozimo v A to kar se nahaja v
naslovu mem

operand = UN

▶ **takojšnje** (*immediate*)

▶ **posredno** (*indirect*)

operand = ((UN))

- ▶ Glede na način izračuna naslova SIC pozna le **neposredni (direct)** način naslavljanja!
- ▶ Neposredni način naslavljanja lahko kombiniramo z indeksnim naslavljanjem.

SIC načini naslavljjanja

2/2

- ▶ Glede na način uporabe UN SIC pozna samo enostaven način naslavljjanja

operand = (UN)

0x000	ADD FIVE —> 180100
.	- A = A + (FIVE)
.	.
0x0100	FIVE WORD 5

SIC nabor ukazov

- ▶ SIC pozna ukaze za najpreprostejše naloge:
 - ▶ Delo z registri (shranjevanje/nalaganje).

LDA, LDL - load A \leftarrow [mem]
STA, STL - store [mem] \leftarrow A
 - ▶ Aritmetične operacije; vse se izvajajo nad registrom A in besedo v pomnilniku; rezultat se zapise v A.

ADD, SUB, DIV, MUL - vse operacije grejo preko registra A
SUB ONE..... A = A - (ONE)
 - ▶ Primerjava A in besede v pomnilniku.

COMP ZERO A \leftrightarrow (ZERO) - prizge zastavice CC, ponavadi se upravlja skupaj z JEQ
JEQ LOOP
 - ▶ Pogojni skoki na podlagi CC . CC - conditional code

JLT - < , JGT - > , JEQ - =
J ... bezpogojni skok
 - ▶ Klic in vračanje iz podprograma; uporaba registra L.

JSUB - jump subroutine nastavi PC na L
RSUB - return subroutine nastavi PC na (L)

SIC zbirniška navodila

ukazi niso namenjeni procesorju ampak zbirniku

- ▶ RESW, RESB ... rezervira prostor za določeno število besed ozziroma bajtov;

- ▶ BYTE, WORD ... rezervacija pomnilnika + inicializacija

W ... word (24 bitov)

X RESW 100.....int X[100]

B byte (8 bitov)

Z1 BYTE 7 char z1 = 7

X RESW 1 - za X rezervirej 1 word prostora

prostor se rezervira na mestu kjer je ukaz, to so za rac se vedno ukazi ki jih hoce izvedeti le da so prazni

- ▶ START ... označi ime in začetni naslov programa

START ima se parameter zacentni naslov, ki doloci kam v ponilik se bo program nalozil

- ▶ END ... označi konec programa in (opcijsko) pove, kateri je prvi izvršljivi ukaz programa

SIC vhod/izhod (IO)

- ▶ Prenos enega bajta (8 bitov) med napravo in pomnilnikom

255 moznih I/O naprav

- ▶ Naprava je podana z 8-bitno kodo

TD NAPRAVA

JEQ ... napaka

JLT branje

JEQ ... napaka

JLT branje

- ▶ NAPRAVA BYTE 1 (test device) ... preveri ali je naprava pripravljena za branje/pisanje; rezultat (< ... OK, = ...NOK) se zapise

▼ V cc

- ▶ RD (read data), WD (write data) ... za branje in pisanje na napravo

Primer SIC programa

- ▶ Naloga: napiši program, ki izračuna $Z = X - Y + ENA$

PRVI START 0

```
LDA X  
SUB Y  
ADD ENA  
STA REZ
```

KONEC J KONEC

```
REZ RESW 1  
X WORD 9  
Y WORD 5  
ENA WORD 1  
# IZPIS  
NIC. WORD 48
```

OUTPUT BYTE 1

SIC/XE

- ▶ SIC/XE je nadgranja procesorja SIC
 - ▶ ima vse kot SIC in še več
- ▶ SIC/XE je 100% navzdol kompatibilen
 - ▶ programi napisani za SIC, delajo tudi na SIC/XE

SIC/XE - pomnilnik

2^{20}

- ▶ SIC/XE ima 1 MB (= _____ bajtov) pomnilnika
- ▶ Posledici povečanja velikosti pomnilnika:
 - ▶ spremenjeni (dodatni) načini naslavljanja
 - ▶ dodatni formati ukazov.

SIC/XE - registri

Dodatni SIC/XE registri:

- ▶ **B** bazni register
- ▶ **S in T** splošno namenska, za sprotno delo, shranjevanje podatkov



24-bitov

- ▶ **F** za float

48-bitov

SIC/XE – formati podatkov

- ▶ Poleg 24-bitnih celih števil in 8-bitnih znakov SIC/XE pozna še 48-bitna realna števila.
- ▶ Realna števila so predstavljena na naslednji način:



$$X = (s == 0? 1: -1) * m * 2^{(e-1024)}$$

SIC/XE – formati podatkov

1	11	36
s	eksponent (e)	mantisa (m)

- ▶ Mantisa je število med 0 in 1
 - ▶ Število je normalizirano
 - ▶ Eksponent je nepredznačeno celo število med 0 in 2047
 - ▶ 0 je predstavljena s samimi ničlami
-
- ▶ Vrednost števila, predstavljenega s tem zapisom, je
-

- ▶ SIC/XE pozna 4 formate ukazov: 8, 16, 24 in 32 bitni ukazi

- ▶ Format I:
 - 8 bitov:
 - 0.....7
 - opcode

- ▶ Primer:
 - FLOAT ... F = (A)
 - FIX (A) = F

SIC/XE – formati ukazov

2 / 4

► Format 2:

16 bitov:
0.....7|...11|...15
opcode | r1 | r2

REGISTRSKO REGISTRSKI
UKAZI:
- AIXILIBISITIFIPCISW
011.....|618 19

► Primer:

MULR S,T. (T = S*T)
OPCODE = 98 4 5

RMO (register move)
RMO A,B B = (A)
opcode=AC 0 3

CLEAR T (T=0)
opcode =

▶ Format 3:

24 bitov: manj bitov za opcode

0.....5l n l i l x l b l p l e l 12 23
opcode l. l. l index bit l l odmik (PC/B)

n in i dolocita kko se operand uporabi

n -

i -

b - 1 ... bazno relativno

p - 1....PC relativno

e - ali je format 3 ali 4 ... 0 = 3 , 1 = 4

plbl naslavljanje

0 0 - neposredno

0 1 - PC relativno -2048 .. 2047

1 0 - bazno relativno 0 .. 4095

1 1 - ni mozno

▶ Primer:

n l i l naslavljanje

0 1 - takojste nalsavljanje, operand = UN

1 0 - posredno , operand = ((UN))

1 1 - enostavno, operand = (UN)

0 0 - stari SIC format

▶ Format 4:

24 bitov: manj bitov za opcode
0.....5|n|i|i|x|b|p|l|e|l|12.....31
opcode l. l. l index bit l l odmik (PC/B)

n in i določita kdo se operand uporabi

n -

i -

b - 1 ... bazno relativno

p - 1....PC relativno

e - ali je format 3 ali 4 ... 0 = 3 , 1 = 4



plbl naslavljanje

0 0 - neposredno

0 1 - PC relativno -2048 .. 2047

1 0 - bazno relativno 0 .. 4095

1 1 - ni možno

▶ Primer:

n | i | l naslavljanje

0 1 - takošnje nalsavljanje, operand = UN

1 0 - posredno , operand = ((UN))

1 1 - enostavno, operand = (UN)

0 0 - stari SIC format

SIC/XE – načini naslavljanja

A) Glede na način izračuna UN

SIC/XE – načini naslavljanja

B) Glede na način uporabe UN

zbirnik bo vedno prevedel v format 3 , ce bo naslov predelec se program ne prevede, programer mora napista pred ukaz +

Pomen bitov nixbpe v ukazih formata 3 in 4

Način nasavl.	Biti nixbpe	Zbirniški ukaz	UN	Operand	Opombe
Preprost	110000	op c	odmik	(UN)	D
	110001	+op m	naslov.	(UN)	4D
	110010	op m	PC + odmik.	(UN)	A
	110100	op m	B + odmik.	(UN)	A
	111000	op c, X	odmik + (X)	(UN)	D
	111001	+op c, X	naslov + (X)	(UN)	4D
	111010	op m, X	(PC) + (X) + odmik	(UN)	A
	111100	op m, X	(B) + (X) + odmik	(UN)	A
	000---	op m	bpe+odmik		D S
	001---	op m, X	bpe+odmik + (X)		D S
Posredno	100000	op @c	odmik	((UN))	D
	100001	+op @m	naslov	((UN))	4D
	100010	op @m	(PC) + odmik	UN	A
	100100	op @m	(B) + odmik	UN	<u>A</u>
Takojšnje	010000	op #c	odmik		D
	010001	+op #m	naslov		4D
	010010	op #m	(PC) + odmik		A
	010100	op #m	(B) + odmik		A

Pomen bitov nizbpe v ukazih formata 3 in 4

▶ Legenda simbolov v tabeli na prejšnji strani

- ▶ c ... konstanta med 0 in 4095
- ▶ m ... naslov (ali konstanta) večja od 4095
- ▶ 4 ... format 4
- ▶ D ... neposredno naslavljanje
- ▶ A ... zbirnik izbere med PC-rel. in bazno-rel. naslavljanjem
- ▶ S ... kompatibilno s standardnim SIC

- ▶ Nekatere razlike med SIC in SIC/XE si bomo ogledali na primeru programov iz Fig 2.1 in Fig 2.5

I. uporaba takojšnjega naslavljanja skrajša kodo

2. uporaba registrskega naslavljanja pospeši izvajanje

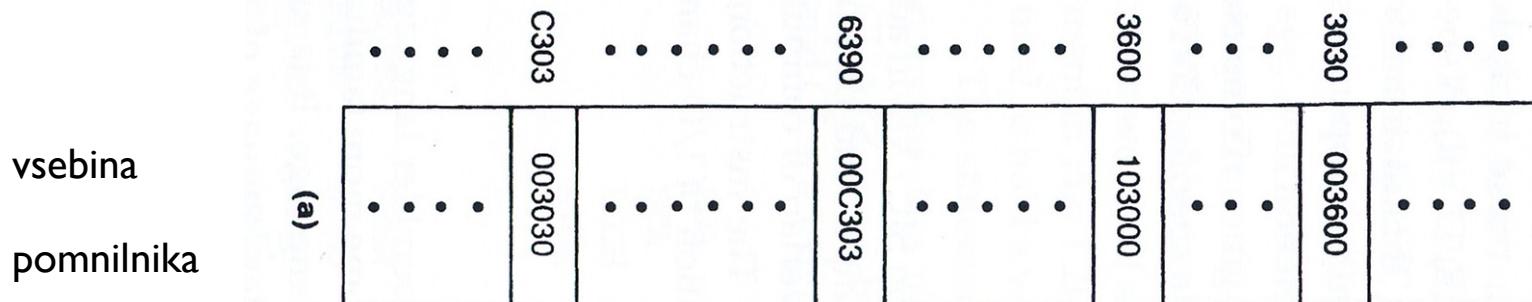
3. uporaba posrednega naslavljanja zmanjša število ukazov in pospeši delovanje.

```
LDL  RETADR  
RSUB
```

```
.  
.RETADR RESW 1
```

Načini naslavljanja - primer

► $(B) = 006000 \quad (PC) = 003000 \quad (X) = 000090$



Machine instruction								Target address	Value loaded into register A
Hex	Binary								
	op	n	i	x	b	p	e	disp/address	
032600	000000	1	1	0	0	1	0	0110 0000 0000	
03C300	000000	1	1	1	1	0	0	0011 0000 0000	
022030	000000	1	0	0	0	1	0	0000 0011 0000	
010030	000000	0	1	0	0	0	0	0000 0011 0000	
003600	000000	0	0	0	0	1	1	0110 0000 0000	
0310C303	000000	1	1	0	0	0	1	0000 1100 0011 0000 0011	

Primer programa

- ▶ Napiši program, ki sešteje vektorj ALFA in BETA, rezultat naj zapiše v GAMMA; vektorja sta dolga 100 besed.
 - a) Uporabi le SIC ukaze
 - b) Uporabi tudi dodatna naslavljanja in
SIC/XE nabor ukazov