Univerzitetni študijski program, 3. letnik

Sistemska programska oprema

predavatelj: doc. Tomaž Dobravec

ZBIRNIK (2. del)

Prenaslavljanje

- Do sedaj smo v primerih uporabljali fiksen nalagalni naslov
- Programom, ki uporabljajo fiksen nalagalni naslov rečemo *absolutni programi*
- Absolutni programi so redki:
  - uporabljajo specializiran del pomnilnka
  - v pomnilniku je le en program (ali točno določeno vnaprej znano število programov, ki vedo eden za drugega)

Prenaslavljanje

- Nekateri ukazi programa so "občutljivi na nalagalni naslov", drugi pa niso.

Prenaslavljanje

- Programi običajno "prihajajo" in "odhajajo"
- Točen (vnaprej znan) nalagalni naslov običajno ni smiseln
- Predvideti je treba možnost uporabe spremenljivih naslovov

Prenaslavljanje

- **V smislu prenaslavljanja so občutljivi le neposredni (ne-relativni) naslovi!**
- Zbirnik v večini primerov ne ve, kam se bo program dejansko naložil
- Zbirnik mora neposredne naslove označiti tako, da jih bo nalagalnik lahko popravil (prištel vrednost nalagalnega naslova)
- V objektno kodo zbirnik zapiše prilagoditvene (modifikacijske) zapise

Prenaslavljanje

Katerih ukazov ni potrebno prenasloviti?

Prenaslavljanje ni potrebno pri ukazih,

- ki ne vsebujejo naslovov
  - _____
  - _____
- pri katerih je naslov podan _____.

Prenaslavljanje

Katerih ukazov ni potrebno prenasloviti?

Primer : v programu iz slike 2.1 (SIC) se ukaz

```
20          LDA    LENGTH
```

prevede v _____

Isti ukaz se v programu 2.5 (SIC/XE) prevede v _____

Prenaslavljanje

Katerih ukazov ni potrebno prenasloviti?

Naloga: v programih na slikah 2.2 in 2.6 podčrtaj številke vseh vrstic, v katerih so ukazi, ki potrebujejo prenaslavljanje.

Prenaslavljanje

Prenaslavljanje z uporabo prilagoditvenih zapisov

Prilagoditveni zapis (Modification – M) SIC/XE objektne datoteke vsebuje podatke o tem, kateri naslove v programu je treba popraviti

```
Stolpec 1       M
Stolpec 2-7     Lokacija (relativno glede na
                začetek objektne kode)
Stolpec 8-9     Dolžina naslovnega polja
                (v pol-zlogih)
```

Prenaslavljanje

Vemo: v SIC/XE se neposredni naslovi uporabljajo samo v ukazih formata 4 → prenaslavljamo samo take ukaze

- Primer: program na sliki 2.6

- Pozor: nekaterih ukazov formata 4 ni potrebno prenasloviti (npr. slika 2.6, ukaz `133 +LDT #4096`)

Prenaslavljanje

Prenaslavljanje z uporabo bitne maske

Prenaslavljanje z uporabo prilagoditvenih zapisov je smiselno v primerih, ko je število prilagodljivih ukazov relativno majhno (kot v prejšnjem primeru).

Če je število prilagodljivih ukazov večje (pri SCI je treba prilagoditi skoraj vse ukaze), se uporablja **prenaslavljanje z bitno masko.**

Masko dodamo v T zapis:

Programski (T) zapis
- stolpec 1: T
- stolpec 2-7: naslov
- stolpec 8-9: dolžina (byte)
- stolpec 10-12: prilagoditveni biti
- stolpec 13-72: objektna koda

Prenaslavljanje

Prenaslavljanje z uporabo bitne maske

- Prilagoditveni biti
  - 0: sprememba ni potrebna
  - 1: sprememba je potrebna

Programski (T) zapis
- stolpec 1: T
- stolpec 2-7: naslov
- stolpec 8-9: dolžina (byte)
- stolpec 10-12: prilagoditveni biti
- stolpec 13-72: objektna koda

- Uporabljamo 12-bitno masko v vsakem T zapisu
  - vsak zapis vsebuje kvečjemu 10 ukazov (→ zadnja 2 bita vedno 0)
  - če kateri od ukazov generira 1- ali 2- bajtno kodo, je treba začeti nov T zapis (poravnanost ukazov)
  - biti za neobstoječe ukaze so postavljeni na 0

Prenaslavljanje

Prenaslavljanje z uporabo bitne maske

- Primer: program (slika 2.1) in njegova objektna koda z uporabo prilagoditvene bitne maske

```
HCOPY  000000001077A
T0000001E 15 140033481039000036280030300015481061 3C0003 00002A 0C0039 00002D
T00001E15 0C0036481061080033 4C0000 454F46 000003 000000
T0010391E 04003000003 0E0105D30103FD8105D2800303010575480392C105E38103F
T0010570A 1 000364C0000F1001000
T00106119 04003 0E01079301064508039DC10792C00363810644C000005
E000000
```

Možne napake pri zbiranju

- napačna oznaka stavka
- napačen ukaz
- nedefinirano simbolično ime
- oznaka stavka je večkrat definirana
- napačno število operandov
- simbolna tabela je polna
- napaka v navodilu zbirniku
- fazna napaka

Dodatne možnosti zbirnika

- Podpora programskim blokom
- Kontrolne sekcije
- Literali
- Simbolične konstante (podpora ukazu `EQU`)

Programski bloki

- Programski blok je del programske kode nekega programa.
- Primer več-bločnega programa je na sliki 2.11
  - program je razdeljen na tri bloke:
    - _____
    - _____
    - _____
- Za uporabo blokov uporabimo ukaz

  _____
- Privzet (neimenovan) blok se razteza od začetka programa (ali od ukaza `USE` brez imena) do prvega poimenovanega bloka

Prednosti kode s programskimi bloki

- Uporaba blokov lahko zelo poenostavi načine naslavljanja
  - s pravilno uporabo blokov odpade potreba po neposrednem in bazno-relativnem naslavljanju
- Bloki omogočajo lažje programiranje
  - vizualno je spremenljivka lahko deklarirana tam, kjer jo programer potrebuje
  - po prevajanju so vse spremenljivke zbrane na enem mestu
- Če zbirnik blokov ne podpira, mora "urejanje kode" opraviti programer ("lepo" programiranje)

Naloga zbirnika pri obravnavi programskih blokov

Osnovna naloga zbirnika pri obravnavi programskih blokov: vso kodo posameznega bloka zbrati na enem (neprekinjenem) mestu

Dodatna funkcionalnost zbirnika za podporo programskim blokom

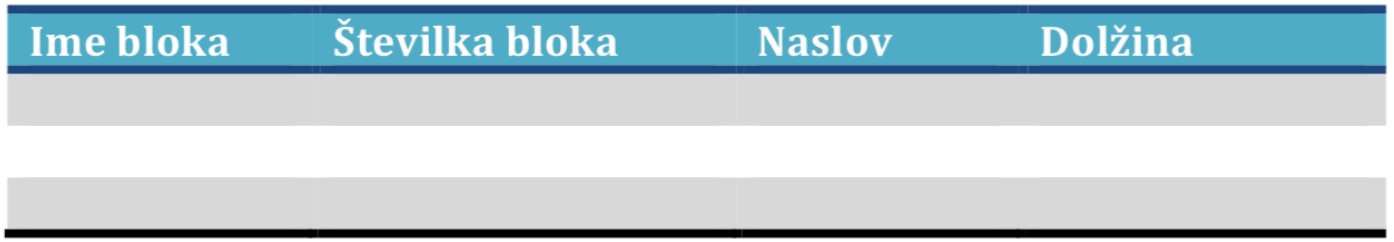
- Zbirnik dela podobno kot v kodi brez blokov. Razlika:
  - _____
  - _____
- Razreševanje simbolnih imen opravi zbirnik v dveh prehodih (isto kot pri kodi brez blokov!)

Dodatna funkcionalnost zbirnika za podporo programskim blokom

1. prehod: zbirnik generira dve tabeli:

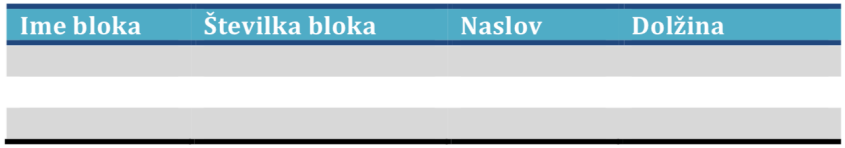
- razširjena simbolna tabela

- tabela blokov



Dodatna funkcionalnost zbirnika za podporo programskim blokom

Generiranje tabele blokov



Ko zbirnik zazna ukaz za preklop v blok `ime_bloka`:

- trenutno vrednost `LŠ` zapiše v vrstico, ki pripada trenutno aktivnemu bloku (stolpec `Dolžina`)
- v tabeli blokov poišče blok z imenom `ime_bloka`
  - če ne obstaja, naredi novo vrstico, `Dolžina=0`, `LŠ=0`
  - če obstaja, `LŠ = Dolžina`

Dodatna funkcionalnost zbirnika za podporo programskim blokom

Generiranje tabele blokov

Ime bloka	Številka bloka	Naslov	Dolžina

Stolpec `Naslov` se napolni šele po koncu 1. faze zbiranja

Dodatna funkcionalnost zbirnika za podporo programskim blokom

Primer: Ustvari obe tabeli za kodo 2.11.

Dodatna funkcionalnost zbirnika za podporo programskim blokom

2. prehod: zbirnik uporabi obe tabeli in izračuna vrednost posameznega simboličnega imena

Generiranje objektne kode v programu s programskimi bloki

- Objektno kodo izpisujemo po vrsti kot je zapisana v izvorni datoteki (ni potrebe po urejanju!)
  - T zapis vsebuje tudi nalagalni naslov
  - ni nujno, da so nalagalni naslovi urejeni po velikosti

Generiranje objektne kode v programu s programskimi bloki

Vrtstni red blokov po posamezni fazi (program 2.11):

Nadzorne sekcije

- Osnovna ideja: program je lahko sestavljen iz ene ali več med seboj neodvisnih programskih enot – imenujemo jih nadzorne sekcije.

- Nadzorne sekcije so lahko pisane v eni ali v več datotekah

Nadzorne sekcije

- V času zbiranja zbirnik ne pozna vseh nadzornih sekcij (pozna samo trenutno), zato ne pozna imen spremenljivk iz drugih sekcij

- Da ne pride do napak (nedefinirani simboli)
  - simbole, ki jih izvažamo iz sekcije označimo z _____
  - simbole, ki jih uvažamo iz drugih sekcij, napovemo z _____

- Imena sekcij so po definiciji zunanja imena (izvoz ni potreben)

Nadzorne sekcije

Sklicevanje na zunanje reference – primeri prevajanja

```
15 0003  CLOOP  +JSUB RDREC                    _____
160 0017        +STCH BUFFER,X                 _____
190 0028 MAXLEN  WORD BUFEND - BUFFER          _____
```

Opomba: pri zadnjem ukazu bo treba popraviti vseh 6 pol-zlogov, pri prvih dveh pa le po 5.

Nadzorne sekcije

Za opis zunanjih referenc so objektni datoteki dodani trije novi zapisi

1) Definicijski zapis (Definition – D)

Stolpec 1	D
Stolpec 2-7	Ime zunanjega simbola
Stolpec 8-13	Relativni naslov zunanjega
Stolpec 14-73	informacije o ostalih simbolih (stolpci 2-13)

2) Referenčni zapis (Reference – R)

Stolpec 1	R
Stolpec 2-7	Ime zunanjega simbola
Stolpec 8-73	informacije o ostalih simbolih (stolpci 2-13)

Nadzorne sekcije

Obstoječ prilagoditveni zapis moramo razširiti z dodatnima dvema podatkoma:

3) Prilagoditveni zapis (Modification – M)

Stolpec 1	M
Stolpec 2-7	Začetni naslov polja v kodi
Stolpec 8-9	Dolžina polja (pol-zlogi)
Stolpec 10	Smer popravka (+ ali -)
Stolpec 11-16	Ime zunanjega simbola, katerega vrednost je treba prišteti (ali odšteti)

Nadzorne sekcije

Primer: objektna koda po prevajanju programa 2.16

```
H COPY  000000 001033
D BUFFER 000033 BUFEND 001033 LENGTH 00002D
R RDREC   WDREC
T 000000 1D 172027 4B100000 …
…
```

```
…
E000000

H RDREC 000000 00002B
R BUFFER LENGTH BUFEND
T 000000 1D B410 …. 57900000 …
…
```

```
E

H WRREC …
…
E
```

Literali

- Literal je konstanta brez imena (anonymous constant)
- Literal uporabljamo kot konstanto neposredno v zbirniškem ukazu

```
WRREC       CLEAR X
            LDT   LENGTH
WLOOP       TD    OUTPUT
            JEQ   WLOOP
            LDCH  BUFFER, X
            WD    OUTPUT
            TIXR  T
            JLT   WLOOP
            RSUB
OUTPUT      BYTE  X'05'
```

Literali

- v prevedenem programu se uporaba literalov ne vidi
- zbirnik za literal rezervira prostor in se nanj sklicuje z enostavnim naslavljanjem
- oba programa na prejšnji prosojnici (z in brez uporabe literala) se prevedeta popolnoma enako
  - za literal X'05' zbirnik rezervira prostor tik pod ukazom RSUB
  - ukaza TD OUTPUT in TD =X'05' se prevedeta v E32011

Literali

Primer: Napiši program `LIT`, in ga poženi v `sic-vm`

```
LIT             START  0
                LDA            =5
                LDB            =4
                ADDR           A,B
                STB            C
C               RESW           1
```

Literali

- Razlika med uporabo literalov in takojšnjim naslavljanjem
  - pri takojšnjem naslavljanju se operand "zapeče" v strojni ukaz
  - uporaba literalov se prevede v enostavno naslavljanje.
- Zbirnik ustvari zalogo literalov
  - na koncu programa ce je program kratek
  - po ukazu jump ali rsub
  - ukaz: ltorg - progrmer zahteva kam naj se napise tabela literalov

Literali

Podvojeni literali

Dober zbirnik prepozna podvojene literale

- če so zapisani na enak način ali
- če so zapisani različno

  (pri `=C'EOF'` in `=X'454F46'` gre za isti literal)

- za enake literale rezervira le en prostor,
- za sklicevanje na enak literal uporablja isti naslov.

Literali
Razreševanje literalov

- Za razreševanje zbirnik uporabi tabelo literalov (LITTAB)

Literal	dolzina	tip	naslov
EOF	3	c	LŠ
5	1	x	LŠ + dolzina(0)
4	3	x	

- implementacija: zgoščena tabela

Literali

Tvorjenje in uporaba tabele LITTAB

1. prehod zbirnika

- za vsak najdeni literal
  - če literal v tabeli že obstaja, ga zbirnik ignorira
  - će ne obstaja, določi dolžino in tip ter ga vpiše v tabelo;
    polje `Naslov` pusti prazno
- ko pride do ukaza `LTORG` ali do konca programa, določi vrednost stolpca `Naslov` v tabeli po formuli

---

2. prehod zbirnika

- vsak najdeni literal zamenja z naslovom iz tabele `LITTAB`
- ko pride do ukaza `LTORG` ali do konca programa, vse literale iz tabele prepiše v objektno kodo (enako kot `WORD` ali `BYTE`)

Simbolične konstante

Od uporabnika definirana imena:

- ✓ Oznake

```
LOOP        ADD  D
X           WORD 5
```

- ? Simbolične konstante

```
STO                 EQU  100
```

Primer uporabe konstante

Namesto

```
        +LDT    #4096
```

lahko pišemo

```
MAXLEN  EQU     4096
        +LDT    #MAXLEN
```

- zbirnik v simbolno tabelo zapiše vrednost simbola MAXLEN
- drugi stavek prevede s pomočjo vrednosti iz simbolne tabele
- pozor: prevoda obeh kod sta popolnoma enaka!
- prednost: čitljivost kode

Uporaba simbolov

Z uporabo EQU lahko simboličnemu imenu priredimo

- konstantno vrednost ali vrednost oznake,

```
alfa equ 5
```

- enačimo vrednosti dveh simboličnih imen ali

```
beta equ alfa
```

- novemu simbolu priredimo vrednost aritmetičnega izraza (v katerem nastopajo konstante, oznake in simbolična imena).

```
gama equ beta - alfa + 3
```

Uporaba simbolov

Z ukazom EQU lahko simbolnemu imenu priredimo tudi trenutno vrednost lokacijskega števca; izraz * v tem primeru pomeni naslov naslednje pomnilniške lokacije.

```
buffer resb 4096
bufend equ *
maxlen equ bufend - buffer
```

Izrazi

V izrazih pri EQU ukazu lahko nastopajo konstante, oznake in simbolična imena (definirana z drugim EQU).

Izrazi so

- relativni (vrednost izraza je odvisna od LŠ)
- absolutni (vrednost izraza je neodvisna od LŠ)

Izrazi

Izraz je absoluten, če je sestavljen iz samih absolutnih komponent ali če njegove relativne komponente nastopajo obratno predznačenih parih.

```
maxlen equ bufend - buffer
```

Relativne komponente v izraz ne smejo biti povezane z operatorji za množenje in deljenje.

buffer … S + LŠ (r1)
bufend … S + LŠ (r2)

buffend - buffer = (S + r2) - (S + r1) = S + r2 - S - r1 = r2 - r1

Izrazi - primer

```
MAXLEN   EQU  BUFFEND - BUFFER



ENDP     EQU  ADDLP + 20
```

Izrazi

Za **relativen izraz** običajno velja, da vse njegove komponente ***(razen ene)*** nastopajo v obratno predznačenih parih, edina komponenta, ki ni v paru, pa mora biti s pozitivnim predznakom in ne sme nastopati v kombinaciji z množenjem ali deljenjem.

```
addlp …..
.
.
endp equ addlp + 20
addlp = s + r1
endlp = s + r1 + 20
```

- Kaj ostane?

```
x equ a -b + c - d + g
= s + r1 - r2 + r3 - r4 + r5
```

Če je relativen izraz sestavljen drugače, gre verjetno za napako.

Simbolična imena – vnaprejšnje sklicevanje

Primer:

```
BETA            EQU   ALFA
ALFA            RESW  1
```

(`BETA` lahko razrešim v drugem prehodu)

Simbolična imena – vnaprejšnje sklicevanje

Osnovno pravilo dvoprehodnega zbirnika: po koncu prvega prehoda morajo biti znane vse vrednosti simboličnih imen.

Težavo vnaprejšnjega sklicevanja rešimo na dva načina:

- prepovemo vnaprejšnje sklicevanje
- uporabimo postopek za razreševanje vnaprejšnjega sklicevanja v enem prehodu.

Razreševanje vnaprejšnega sklicevanja.

- Potrebujemo tabelo vnaprejšnjih referenc

- Primer:

```
BETA        EQU     ALFA
ALFA        EQU     10
```

vrednost

Simbolično ime	*Odvisnost*	*Referenca*	*Odvisniki*
BETA	1	ALFA	null
ALFA	0	10	BETA -> null

Razreševanje vnaprejšnega sklicevanja.

Delovanje algoritma predstavimo na spodnjem primeru:

```
HALF    EQU   LEN/2
LEN     EQU   END-BUF
BEF     EQU   BUF-1
…
BUF     RESB  1000
END     EQU   *
```

Razreševanje vnaprejšnega sklicevanja.

Kako zbirnik obravnava vrstico `SIM EQU REF`?

```
1) if (not SIM in SIMTAB)
        insert (SIM, ? , ? , null) -> SIMTAB
   dep = number of names  symbols in REF
  odvisnost(SIM) = dep
  reference(SIM) = REF
  for each symbol S in REF
       if(not S in SYMTAB)
          insert (S, ?,  ?, SIM -> null)
         else
           add SIM to odvisniki(S)
  resolve(SIM, null)
```

```
resolve(S, 0) // S... symbol to resolve
                  // 0 …. recently resolved symbol that S depends on
    if ( 0 != null)
       insert value of 0 into reference(S)
       odvisnost(S)—
   if (odvisnost(S) == 0)
      for each D in odvisniki(S)
        resolve (D, S)
```

simbol	odv.	referenca	odvisniki
half	1	len/2	null
len	2	end - buf	half -> null
end	0	2052	len -> null
buf	0	1052	bef -> len -> null
bef	1	1051	null

primer ko ne moremo razresiti:
a equ b
b equ c
c equ a

simbol l odv. l ref. l odvisniki
a l 1 l b l c -> null
b l 1 l c l a -> null
c l 1 l 1 l b -> null

Razreševanje vnaprejšnega sklicevanja.

Kaj stori zbirnik, ko določi vrednost levega naslova (oznaka stavka ali naslov spremenljivke)?

Ciklične reference

- Po prebrani kodi

```
A EQU B
B EQU C
C EQU A
```

dobim tabelo: