Programski jezik Mikrojava

Programski jezik Mikrojava se koristi u praktičnom delu kursa programskih prevodilaca 1 na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Mikrojava je slična Javi, ali je mnogo jednostavnija.

A.1 Opšte osobine jezika

- Mikrojava program počinje ključnom rečju *program* i ima statička polja, statičke metode i unutrašnje klase koje se mogu koristiti kao (korisnički) tipovi podataka.
- Glavna metoda Mikrojava programa se uvek zove *main()*. Kada se poziva Mikrojava program izvršava se ta metoda.
- Postoje:
  - Celobrojne i znakovne konstante (*int*, *char*).
  - Osnovni tipovi: *int*, *char* (ASCII).
  - Promenljive: globalne (statičke), lokalne, klasne (polja).
  - Promenljive osnovnih tipova sadrže vrednosti.
  - Strukturirani/referencijalni tipovi: jednodimenzionalni nizovi kao u Javi i unutrašnje klase (u nastavku samo klase) sa poljima i metodama.
  - Promenljive referencijalnih tipova predstavljaju reference (sadrže adrese koje se ne mogu menjati eksplicitno).
  - Statičke metode u programu. Dinamičke metode klasa.
- Svaka klasa može naslediti neku drugu klasu, osim same sebe. Microjava je jezik jednostrukog nasleđivanja.
- Nasleđivanje u MikroJavi ima iste principe kao i u Javi. Objekat potklase je takođe tip njegove superklase. Referenca potklase može se dodeliti bilo kojoj referenci superklase. Čin pretvaranja reference potklase u referencu superklase naziva se konverzija na više (engl. upcast).
- Metodi superklase mogu se redefinisati (engl.override) u njenoj potklasi. Zbog toga se vezivanje metoda unutrašnje klase javlja u vreme izvršavanja, na osnovu vrste objekta. Ovo je polimorfizam (takođe se naziva dinamičko vezivanje ili kasno vezivanje).
- Unutar metoda instance, ime polja odnosi se na polje instance trenutnog objekta, pod pretpostavkom da polje nije skriveno parametrom metode. Ako je skriveno, možemo pristupiti polju instance preko this.fieldName. U telu unutrašnjih metoda this predstavlja referencu na objekat koji je pozvao metodu.
- Preklapanje metoda (engl. overloading) nije podržano u Mikrojavi.
- Za razliku od jave, u mikrojavi ne postoji preddefinisana klasa Object iz koje su sve ostale klase implicitno izvedene.
- Ne postoji garbage kolektor (alocirani objekti se dealociraju samo nakon završetka izvršavanja programa).
- Preddeklarisane funkcije su *ord*, *chr*, *len*.
- Metod *print* ispisuje vrednosti svih osnovnih tipova.
- Od kontrolnih struktura postoji uslovno grananje (if-else), kao i ciklus (while).

Primer mikrojava programa

```
class DeliveryShop

   final int SIZE = 100;

   final int DEADLINE = 7;

   final char ANSWERP = 'Y';

   final char ANSWERN = 'N';

   class Table {
      int pos[];
      int neg[];

   {
      void initialize () int
            i;
      { // ---------- Initialize Table object
            pos = new int[SIZE]; neg = new int[SIZE]; i = 0;
```

```
            while (i < SIZE) {
                pos[i] = 0; neg[i] = 0;
                i++;
            }
    }

    void setRating (int time) int
            x;
    {
            read(x);
            if (x >= 0 && x <= SIZE)
                if (time >=0 && time <= DEADLINE) pos[x] = pos[x] + 5;
                else if (time < 2*DEADLINE) neg[x] = -3;
                    else neg[x] = -15;
     }

      char permission ()
            int s, j;
     {
            s=0; j=0;
           while (j < SIZE) { s = s + pos[j] + neg[j]; j++; }
           if (s < 0) return ANSWERN;
           else return ANSWERP;
     }

}
}

class Box  {
    int weight;
    int width; int
    height; int
    depth;
    int unitPrice;
{
    void Box1 (int weight, int width, int height, int depth, int unitPrice)
    {
          this.weight = weight;
           this.width = width;
           this.height = height;
           this.depth = depth;
           this.unitPrice = unitPrice;
    }

    int volume ()
    {
          return weight*width*height;
    }

    int totalPrice()
    {
          return weight*unitPrice + 10;
    }
}
}

 class GiftBox extends Box {
    int kind;
{
    void GiftBox1 (int we, int wi, int he, int de, int up, int k)
    {
```

```
            this.Box1(we, wi, he, de, up); kind = k;
        }

        int totalPrice ()      // overridden method
            int ad;
        {
            if (kind == 1) ad = 5;
            else if (kind == 2) ad = 10;
                else if (kind == 3)
                    ad=15;
            return weight*unitPrice + 10 + ad;
        }
    }
    }

    class Customer {
        int idNum; Table val;
    }

{ // Slede deklaracije globalnih metoda

 Table tableConstructor ()
     Table t;
{
     t = new Table; return t;
}

void main ()
     Customer John;
     Box b;
     GiftBox gb;
     int bill;
     int time;
{
     John = new Customer;
     John.idNum = 0;
     John.val = tableConstructor();
     John.val.initialize();
     gb = new GiftBox;
     gb.GiftBox1(2, 500, 500, 500, 40, 2);
     b = gb;        // upcasting
     if (John.val.permission() == ANSWERP) bill = b.totalPrice();  // polymorphism
     else { print('E'); print('R'); print('R'); print('O'); print('R'); }
     read(time);
     John.val.setRating(time);
}

}
```

A.2 Sintaksa

Program	=″program″ident{ConstDecl|VarDecl|ClassDecl}″{″{MethodDecl}″}″.
ConstDec1	= ″const″ Type ident ″=″ (number | charConst) ″;″.
VarDec1	= Type ident [″[″ ″]″] {″,″ ident [″[″ ″]″]} ″;″.
ClassDec1	= ″class″ ident [″extends″] ″{″ {VarDecl} [″{″ {MethodDec1} ″}″] ″}″.
MethodDec1	=(Type|″void″)ident″(″[FormPars]″)″{VarDecl}″{″{Statement}″}″.
FormPars	= Type ident [″[″ ″]″] {″,″ Type ident [″[″ ″]″]}.
Type	= ident.
Statement	= Designator (″=″ Expr |″(″ [ActPars] ″)″ |″++″ |″- - ″) ″;″ |″if″ ″(″ Condition ″)″ Statement [″else″ Statement] |″while″ ″(″ Condition ″)″ Statement |″break″ ″;″ |″return″ [Expr] ″;″ | ″read″ ″(″ Designator ″)″ ″;″ |″print″ ″(″ Expr [″,″ number] ″)″ ″;″ |″{″ {Statement} ″}″.
ActPars	= Expr {″,″ Expr}.
Condition	= CondTerm {″||″ CondTerm}.
CondTerm	= CondFact {″&&″ CondFact}.
CondFact	= Expr Relop Expr.
Expr	= [″- ″] Term {Addop Term}.
Term	= Factor {Mulop Factor}.
Factor	= Designator [″(″ [ActPars] ″)″] | number | charConst | ″new″ Type [″[″ Expr ″]″] |″(″ Expr ″)″.
Designator	= ident {″.″ ident |″[″ Expr ″]″}.
Relop	= ″==″ |″!=″ |″>″ |″>=″ |″<″ |″<=″.
Addop	= ″+″ |″- ″.
Mulop	= ″*″ | ″/″ | ″%″.

Leksičke structure

Ključne reči:	break, class, const, else, extends, if, new, print, program read, return, void, while
Vrste tokena:	ident = letter {letter | digit | ″_″}. number = digit {digit}. charConst = ″′″ printableChar ″′″.
Operatori:	+, -, *, /, %, ==, !=, >, >=, <, <=, &&, ||, =, ++, --, ;, comma, . (,), [,], {, }
Komentari:	// to the end of the line

A.3 Semantika

Svi pojmovi u ovom dokumentu, koji imaju definiciju, su podvučeni da bi se naglasilo njihovo posebno značenje. Definicije tih pojmova su date u nastavku.

Tip reference
Nizovi i klase su tipa reference.

Tip konstante
- Tip celobrojne konstante (npr. 17) je int.
- Tip znakovne konstante (npr. ′x′) je char.

Ekvivalentni tipovi podataka
Dva tipa podataka su ekvivalentna
- ako imaju isto ime, ili
- ako su oba nizovi, a tipovi njihovih elemenata su ekvivalentni.

Kompatibilni tipova podataka
Dva tipa podataka su kompatibilna
- ako su ekvivalentni, ili
- ako je jedan od njih tip reference, a drugi je tipa *null*.

Kompatibilnost tipova podataka pri dodeli
Tip *src* je kompatibilan pri dodeli sa tipom *dst*
- ako su *src* i *dst* ekvivalentni,
- ako je *dst* tip reference, a *src* je tipa *null*,
- ako je dst referenca na osnovnu klasu, a src referenca na izvedenu klasu

Predeklarisana imena

int	tip svih celobrojnih vrednosti
char	tip svih znakovnih vrednosti
null	null vrednost promenljive tipa klase ili (znakovnog) niza simbolički označava referencu koja ne pokazuje ni na jedan podatak
eol	kraj reda karaktera (odgovara znaku ′\n′); print(eol) vrši prelazak u novi red
chr	standardan metod; chr(i) vrši konverziju celobrojnog izraza *i* u karakter (char)
ord	standardan metod; ord(ch) vrši konverziju karaktera *ch* u celobrojnu vrednost (int)
len	standardan metod; lrn(a) vraća broj elemenata niza a

Opseg važenja
Opseg važenja (*scope*) predstavlja tekstualni opseg metode ili klase. Prostire se od početka definicije metode ili klase (odmah posle imena) do zatvorene velike zagrade na kraju te definicije. Opseg važenja ne uključuje imena koja su deklarisana u opsezima koji su leksički ugneždeni unutar njega. U opsegu se “vide” imena deklarisana unutar njega i svih njemu spoljašnjih opsega. Pretpostavka je da postoji "veštački" globalni opseg (universe), za koji je glavni program lokalan i koji sadrži sva predeklarisana imena.

Deklaracija imena u unutrašnjem opsegu *S* sakriva deklaraciju istog imena u spoljašnjem opsegu.

Napomena
- Indirektna rekurzija nije dozvoljena i svako ime mora biti deklarisano pre prvog korišćenja.
- Preddeklarisana imena (npr. int ili char) mogu biti redeklarisana u unutrašnjem opsegu (ali to nije preporučljivo).
- Identifikator this nije ključna reč, ali nije preporučljivo koristiti ga, sem u dinamičkim metodama onako kako je objašnjeno.

A.4 Kontekstni uslovi

Opšti kontekstni uslovi

- Svako ime u programu mora biti deklarisano pre prvog korišćenja.
- Ime ne sme biti deklarisano više puta unutar istog opsega.
- U programu mora postojati metoda sa imenom *main*. Ona mora biti deklarisana kao void metoda bez argumenata.

Kontekstni uslovi za standardne metode

chr(e) *e* mora biti izraz tipa int.

ord(c) *c* mora biti tipa char.

len(a) *a* mora biti niz ili znakovni niz.

Kontekstni uslovi za MikroJava smene

Program = ″program″ ident {ConstDecl | VarDecl | ClassDecl} ″{″ {MethodDecl} ″}″.

ConstDecl = ″const″ Type ident ″=″ (numConst | charConst) ″;″.

- Tip terminala *numConst* ili *charConst* mora biti ekvivalentan tipu *Type*.

VarDecl = Type ident [″[″ ″]″] {″,″ ident [″[″ ″]″]} ″;″.

ClassDecl = ″class″ ident [″extends″ Type] ″{″ {VarDecl} [″{″ {MethodDecl} ″}″] ″}″.

- Tip *Type* prilikom izvođenja klase iz druge klase mora biti unutrašnja klasa glavnog programa.

MethodDecl = (Type | ″void″) ident ″(″ [FormPars] ″)″ {VarDecl} ″{″ {Statement} ″}″.

- Ako metoda nije tipa void, mora imati iskaz return unutar svog tela (uslov treba da se proverava u vreme izvršavanja programa).
- Globalne funkcije nemaju implicitan parametar this.

FormPars = Type ident [″[″ ″]″] {″,″ Type ident [″[″ ″]″]}.

Type = ident.

- *ident* mora označavati tip podataka.

Statement = Designator ″=″ Expr ″;″.

- *Designator* mora označavati promenljivu, element niza ili polje unutar objekta.
- Tip neterminala *Expr* mora biti kompatibilan pri dodeli sa tipom neterminala *Designator*.

Statement = Designator (″++″ | ″--″) ″;″.

- *Designator* mora označavati promenljivu, element niza ili polje objekta unutrašnje klase.
- *Designator* mora biti tipa int.

Statement = Designator ″(″ [ActPars] ″)″ ″;″.

- *Designator* mora označavati nestatičku metodu unutrašnje klase ili globalnu funkciju glavnog programa.

Statement = ″break″.

- Iskaz break se može koristiti samo unutar *while* petlje. Prekida izvršavanje **neposredno okružujuće** *while* petlje.

Statement = ″read″ ″(″ Designator ″)″ ″;″.

- *Designator* mora označavati promenljivu, element niza ili polje unutar objekta.
- *Designator* mora biti tipa int ili char.

Statement = ″print″ ″(″ Expr [″,″ numConst] ″)″ ″;″.
- *Expr* mora biti tipa int ili char.

Statement = ″return″ [Expr] .
- Tip neterminala *Expr* mora biti ekvivalentan povratnom tipu tekuće metode/ globalne funkcije.
- Ako neterminal *Expr* nedostaje, tekuća metoda mora biti deklarisana kao void.
- Ne sme postojati izvan tela metoda, odnosno globalnih funkcija.

Statement = ″if″ ″(″ Condition ″)″ Statement [″else″ Statement].
- Naredba if – ukoliko je vrednost uslovnog izraza *Condition* true, izvršavaju se naredbe u if grani, u suprotnom izvršavaju se naredbe u else grani, ako je navedena.

Statement = ″while″ ″(″ Condition ″)″ Statement .
- Pre izvršavanja tela petlje Statement proverava se zadati uslov. Ukoliko je uslov ispunjen izvršava se Statement, dok se u suprotnom izlazi iz petlje. Posle izvršavanja Statement kontrola se ponovo prenosi na proveru uslova ostanka u petlji.

ActPars = Expr {″,″ Expr}.
- Broj formalnih i stvarnih argumenata metode mora biti isti.
- Tip svakog stvarnog argumenta mora biti kompatibilan pri dodeli sa tipom svakog formalnog argumenta na odgovarajućoj poziciji.

Condition = CondTerm {″||″ CondTerm}.

CondTerm = CondFact {″&&″ CondFact}.

CondFact = Expr Relop Expr.

- Tipovi oba izraza moraju biti kompatibilni.
- Uz promenljive tipa klase ili niza, od relacionih operatora, mogu se koristiti samo != i ==.

Expr = Term.

Expr = "- " Term.
- *Term* mora biti tipa int.

Expr = Expr Addop Term.
- *Expr* i *Term* moraju biti tipa int. U svakom slučaju, tipovi za Expr i Term moraju biti komatibilni.

Term = Factor.

Term = Term Mulop Factor.
- *Term* i *Factor* moraju biti tipa int.

Factor = Designator | numConst | charConst | "(" Expr ")".

Factor = Designator "(" [ActPars] ")".
- *Designator* mora označavati metodu unutrašnje klase ili globalnu funkciju glavnog programa.

Factor = "new" Type "[" Expr "]".
- Tip neterminala *Expr* mora biti int.

Factor = "new" Type.
- Neterminal Type mora da označava unutrašnju klasu (korisnički definisani tip).

Designator = Designator "." ident .
- Tip neterminala *Designator* mora biti klasa (*ident* mora biti ili polje ili metoda objekta označenog neterminalom *Designator*).

Designator = Designator "[" Expr "]".
- Tip neterminala *Designator* mora biti niz.
- Tip neterminala *Expr* mora biti int.

Relop = "==" | "!=" | ">" | ">=" | "<" | "<=".

Addop = "+" | "- ".
Operatori su levo asocijativni.

Mulop = "*" | "/" | "%".
Operatori su levo asocijativni.

A.5 Implementaciona ograničenja

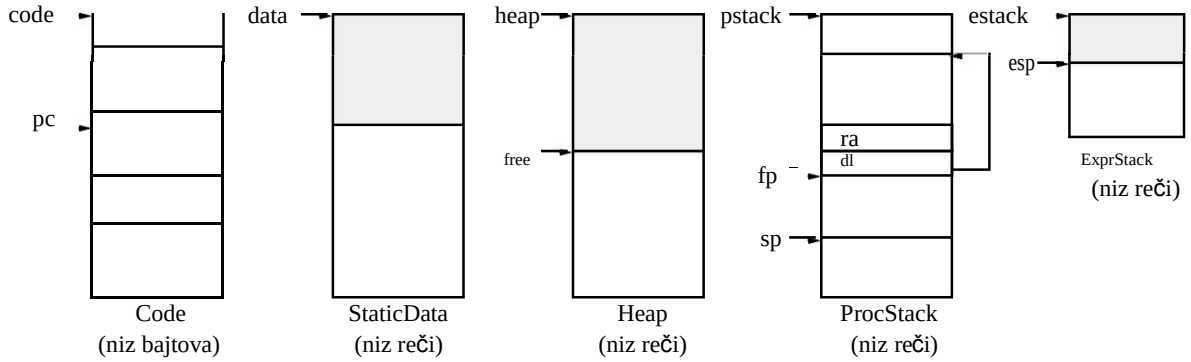
- Ne sme se koristiti više od 256 lokalnih promenljivih.
- Ne sme se koristiti više od 65536 globalnih promenljivih.
- Klasa ne sme imati više od 65536 članova (polja i metoda).
- Izvorni kod programa ne sme biti veći od 8 KB.

Mikrojava virtuelna mašina

Ovaj dodatak opisuje arhitekturu Mikrojava virtuelne mašine koja se koristi u praktičnom delu kursa programskih prevodilaca 1 na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. MikroJava VM je slična Java VM, ali ima znatno manje instrukcija. Neke instrukcije su takođe pojednostavljene. Dok kod Java VM punilac razrešava imena operanada iz skladišta konstanti (constant pool), dotle MikroJava VM koristi fiksne adrese operanada. U instrukcijama Java bajt koda kodirani su i tipovi njihovih operanada, tako da se može proveriti konzistentnost predmetnog fajla (object file). Instrukcije MikroJava bajt koda ne kodiraju tipove operanada.

B.1 Organizacija memorije

MikroJava VM koristi sledeće memorijske oblasti:



Code	Ova oblast sadrži kod metoda. U registru *pc* se nalazi indeks instrukcije koja se trenutno izvršava. Registar *mainpc* sadrži početnu adresu metode *main()*.
StaticData	U ovoj oblasti se nalaze (statički ili globalni) podaci glavnog programa (npr. klase koju kompajliramo). To je u stvari niz promenljivih. Svaka promenljiva zauzima jednu reč (32 bita). Adrese promenljivih su indeksi pomenutog niza.
Heap	Ova oblast sadrži dinamički alocirane objekte i nizove. Blokovi u heap- u se alociraju sekvencijalno. *free* pokazuje na početak slobodnog dela heap- a. Dinamički alocirana memorija se oslobađa samo na kraju izvršenja programa. Ne postoji sakupljanje đubreta. Svako polje unutar objekta zauzima jednu reč (32 bita). Nizovi čiji su elementi tipa *char* su nizovi bajtova. Njihova dužina je umnožak broja 4. Pokazivači su bajt ofseti u heap- u. Objekti tipa niza počinju "nevidljivom" rečju koja sadrži dužinu niza.
ProcStack	U ovoj oblasti VM pravi aktivacione zapise pozvanih metoda. Svaki zapis predstavlja niz lokalnih promenljivih, pri čemu svaka zauzima jednu reč (32 bita). Adrese promenljivih su indeksi niza. *ra* je povratna adresa metode, *dl* je dinamička veza (pokazivač na aktivacioni zapis pozivaoca metode). Novoalocirani zapis se inicijalizuje nulama.
ExprStack	Ova oblast se koristi za skladištenje operanada instrukcija. *ExprStack* je prazan posle svake MikroJava instrukcije. Argumenti metoda se prosleđuju na stek izraza i kasnije uklanjaju *Enter* instrukcijom pozvane metode. Ovaj stek izraza se takođe koristi za prosleđivanje povratne vrednosti metode pozivaocu metode.

Svi podaci (globalne promenljive, lokalne promenljive, promenljive na heap-u) se inicijalizuju null vrednošću (0 za *int*, chr(0) za *char*, *null* za reference).

B.2 Skup instrukcija

U sledećim tabelama su navedene instrukcije MikroJava VM, zajedno sa njihovim kodovima i ponašanjem. Treća kolona tabela prikazuje sadržaj *ExprStack*- a pre i posle svake instrukcije, na primer

…, val, val
…, val

znači da opisana instrukcija uklanja dve reči sa *ExprStack*- a i stavlja novu reč na njega. Operandi instrukcija imaju sledeće značenje:

b je bajt
s je short int (16 bitova)
w je reč (32 bita).

Promenljive tipa *char* zauzimaju najniži bajt reči, a za manipulaciju tim promenljivim se koriste instrukcije za rad sa rečima (npr. *load, store*). Niz čiji su elementi tipa *char* predstavlja niz bajtova i sa njima se manipuliše posebnim instrukcijama.

Instrukcije za load i store lokalnih promenljivih

opcode	***instr.***	*opds*	*ExprStack*	*značenje*
1	**load**	b	… …, val	Load push(local[b]);
2..5	**load_n**		… …, val	Load (n = 0..3) push(local[n]);
6	**store**	b	…, val …	Store local[b] = pop();
7..10	**store_n**		…, val …	Store (n = 0..3) local[n] = pop();

Instrukcije za load i store globalnih promenljivih

11	**getstatic** s	… …, val	Load statičke promenljive push(data[s]);
12	**putstatic** s	…, val …	Store statičke promenljive data[s] = pop();

Instrukcije za load i store polja objekata

13	**getfield** s	…, adr …, val	Load polja objekta adr = pop()/4; push(heap[adr+s]);
14	**putfield** s	…, adr, val …	Store polja objekta val = pop(); adr = pop()/4; heap[adr+s] = val;

Instrukcije za load konstanti

15..20	**const_n**		…	Load konstante (n = 0..5)
			…, val	push(n)
21	**const_m1**		…	Load konstante - 1
			…, - 1	push(- 1)
22	**const**	w	…	Load konstante
			…, val	push(w)

Aritmetičke operacije

23	**add**		…, val1, val2	Sabiranje
			…, val1+val2	push(pop() + pop());
24	**sub**		…, val1, val2	Oduzimanje
			…, val1-val2	push(-pop() + pop());
25	**mul**		…, val1, val2	Množenje
			…, val1*val2	push(pop() * pop());
26	**div**		…, val1, val2	Deljenje
			…, val1/val2	x = pop(); push(pop() / x);
27	**rem**		…, val1, val2	Ostatak pri celobrojnom deljenju
			…, val1%val2	x = pop(); push(pop() % x);
28	**neg**		…, val	Promena predznaka
			…, -val	push(-pop());
29	**shl**		…, val	Aritmetičko pomeranje ulevo
			…, val1	x = pop(); push(pop() << x);
30	**shr**		…, val	Aritmetičko pomeranje udesno
			…, val1	x = pop(); push(pop() >> x);
31	**inc**	b1, b2	…	Inkrementiranje
			…	local[b1] = local[b1] + b2;

Pravljenje objekata

32	**new**	s	…	Novi objekat
			…, adr	alocirati oblast od s bajtova; inicijalizovati oblast nulama; push(adr(oblast));
33	**newarray**	b	…, n	Novi niz

			…, adr	n = pop();
				if (b==0)
				alocirati niz sa n elemenata veličine bajta;
				else if (b==1)
				alocirati niz sa n elemenata veličine reči;
				inicijalizovati niz nulama;
				push(adr(niz));

Pristup nizu

34	**aload**	…, adr, index
		…, val
			Load elementa niza (+ provera indeksa)
			i = pop(); adr = pop()/4+1;
			push(heap[adr+i]);

35	**astore**	…, adr, index, val
		…
			Store elementa niza (+ provera indeksa)
			val = pop(); i = pop(); adr = pop()/4+1;
			heap[adr+i] = val;

36	**baload**	…, adr, index …, val	Load elementa niza bajtova (+ provera indeksa) i = pop(); adr = pop()/4+1; x = heap[adr+i/4]; push(byte i%4 of x);

37	**bastore**	…, adr, index, val
		…
			Store elementa niza bajtova (+ provera indeksa)
			val = pop(); i = pop(); adr = pop()/4+1;
			x = heap[adr+i/4];
			set byte i%4 in x;
			heap[adr+i/4] = x;

38	**arraylength**	…, adr
		…, len
			Dohvatanje dužine niza
			adr = pop();
			push(heap[adr]);

Operacije na steku

39	**pop**	…, val …	Skidanje elementa sa vrha steka dummy = pop();
40	**dup**	…, val …, val, val	Udvajanje elementa na vrhu steka x = pop(); push(x); push(x);

41	**dup2**	…, v1, v2
		…, v1, v2, v1, v2
			Udvajanje prva dva elementa na vrhu steka
			y = pop(); x = pop();
			push(x); push(y); push(x); push(y);

Skokovi

Adresa skoka je relativna u odnosu na početak instrukcije skoka.

42	**jmp**	s		Bezuslovni skok pc = pc + s;

43..48	**j<cond>**	s	…, val1, val2
			…
				Uslovni skok (eq, ne, lt, le, gt, ge)
				y = pop(); x = pop();
				if (x cond y) pc = pc + s;

Pozivi metoda (PUSH i POP se odnose na stek procedura)

49	**call**	s		Poziv metode PUSH(pc+3); pc := pc + s;
50	**return**			Povratak iz metode pc = POP();

51	**enter** b1, b2			Početak obrade metode psize = b1; lsize = b2; *// u rečima* PUSH(fp); fp = sp; sp = sp + lsize; inicijalizovati akt. zapis svim nulama; for (i=psize- 1; i>=0; i- -) local[i] = pop();
52	**exit**			Kraj obrade metode sp = fp; fp = POP();

Ulaz/Izlaz

53	**read**	…		Operacija čitanja
		…, val		readInt(x); push(x); *// cita sa standardnog ulaza*
54	**print**	…, val, width		Operacija ispisa
		…		width = pop(); writeInt(pop(), width); *// vrsi ispis na standardni izlaz*
55	**bread**	…		Operacija čitanja bajta
		…, val		readChar(ch); push(ch);
56	**bprint**	…, val, width		Operacija ispisa bajta
		…		width = pop(); writeChar(pop(), width);

Ostalo

57	**trap**	b		Generiše run time grešku zavisno od vrednosti b se ispisuje odgovarajuća poruka o grešci; prekid izvršavanja;
58	**invokevirtual**	$w_1,w_2,...,w_n,w_{n+1}$	…, adr …	Poziv virtuelne metode ime metode ima n znakova; ovi znakovi su deo same instrukcije, i nalaze se u rečima $w_1,w_2,...,w_n$; reč w_{n+1} je jednaka -1 i označava kraj instrukcije; instrukcija prvo ukloni adr sa steka izraza; adr je adresa u statičkoj zoni memorije gde počinje tabela virtuelnih funkcija za klasu objekta čija metoda je pozvana; ako se ime metode u instrukciji pronađe u tabeli virtuelnih funkcija, instrukcija vrši skok na početak tela date metode.

B.3 Format predmetnog fajla

2 bajta: ″MJ″
4 bajta: veličina koda u bajtovima
4 bajta: broj reči rezervisan za globalne podatke
4 bajta: mainPC: adresa metode *main()* relativna u odnosu na početak code oblasti memorije
n bajtova: code oblast (n = veličina koda specificirana u header-u)

B.4 Runtime greške

1 Nedostaje return iskaz u telu funkcije.