VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Dokumentace ke společnému projektu
pro předměty IFJ a IAL

Implementace interpretu imperativního jazyka IFJ16.

Tým 086, varianta a/3/II

ZS 2016

Řešitelé:

Richtarik Lukáš	xricht25	23%
Čechák Jiří	xcecha04	19%
Mlýnek Přemysl	xmlyne04	16%
Mynarčík Petr	xmynar05	19%
Molitoris Miloš	xmolit00	23%

Rozšíření: UNARY, BASE, FUNEXP, SIMPLE, BOOLOP

7. 12. 2016

Obsah

1. Úvod

Tato dokumentace popisuje implementaci interpretu imperativního jazyka IFJ16, který je zjednodušenou podmnožinou jazyka Java SE 8. Implementován je v jazyce C.

Interpret načte zdrojový soubor v jazyce IFJ16 a následně kontroluje, zdali v něm nejsou lexikální, syntaktické nebo sémantické chyby a pak následuje interpretace, kde se kontroluje, zdali nenastanou běhové chyby. V případě objevení chyby nebo projevení nějaké interní chyby interpretu, interpret vypíše na standardní chybový výstup chybovou hlášku a ukončí se s návratovou hodnotou dané chyby.

Jsou zde popsány implementace modulů, použité algoritmy a popis práce na projektu a testování. Dokumentace také obsahuje diagram konečného automatu použitého v lexikální analýze a LL-gramatiku s precedenční tabulkou, které byly použity v syntaktické analýze.

2. Implementace modulů a algoritmů

2.1 Lexikální analýza

Lexikální analýza je implementována pomocí konečného automatu. Začíná se vždy v počátečním stavu a v závislosti na načteném znaku ze zdrojového souboru se konečný automat posune do dalšího stavu, kde se již kontroluje na základě načtení následujících znaků, zdali je konkrétní lexém napsán správně.

Pokud je načten znak, který do daného lexému nepatří nebo se jedná o neočekávaný znak, jde o chybu a program je ukončen s návratovou hodnotou 1. U komentářů se kontroluje, zdali jsou korektně zapsány, u víceřádkových i ukončeny.

Po přečtení a zpracování celého lexému, je takto získaný token předán syntaktickému analyzátoru k syntaktické a sémantické analýze.

2.2 Syntaktická a sémantická analýza

Syntaktický analyzátor volá funkci get_token, která se nachází v modulu scanner s implementací lexikální analýzy, a tato funkce předá syntaktickému analyzátoru token, který získá ze zdrojového souboru.

Nejdříve jsou získány globální proměnné a statické funkce. Jejich identifikátory a informace o nich, jako jsou např. parametry u funkce, jsou uloženy do globální tabulky symbolů. Lokální proměnné ve statických funkcích a složených příkazech se pak s informacemi o nich ukládají do lokálních tabulek symbolů. Správná syntaxe zdrojového programu se ověřuje rekurzivním sestupem za použití LL-gramatiky. Zpracování výrazů je prováděno metodou zdola nahoru podle precedenční tabulky.

Během sémantické analýzy dochází dle potřeby k přetypování proměnných a ke kontrole typů proměnných, návratových hodnot z funkcí apod. V případě bezchybné analýzy vzniká tříadresný kód, který se ukládá do instrukčního listu. Ten je nejprve nelineární, kdy může v sobě obsahovat i další listy a následně je v modulu generátor převeden na lineární.

2.3 Interpret

Pokud nenastane nějaká chyba, tak interpret interpretuje zdrojový program napsaný v jazyce IFJ16. Interpret prochází instrukční list, který obsahuje tříadresný kód a ten poté postupně lineárně interpretuje. V případě získání tříadresného kódu, který představuje skokovou instrukci, pokračuje v

interpretaci od cíle skoku, který získá z tříadresného kódu. Interpret také dle potřeby volá vestavěné funkce třídy ifj16.

2.4 Implementace tabulky symbolů

Tabulka symbolů je implementována jako tabulka s rozptýlenými položkami (hash table) s explicitním zřetězením synonym, které jsou uloženy v jednosměrně vázaném seznamu.

K vyhledávání v tabulce symbolů a k ukládání položek do tabulky symbolů slouží klíč, kterým je identifikátor proměnné nebo funkce. V globální tabulce symbolů jsou uloženy funkce s jejich parametry a globální proměnné. Do lokálních tabulek symbolů se ukládají lokální proměnné statických funkcí a složených příkazů.

2.5 Implementace řazení

K implementaci funkce na řazení řetězce byl použit dle zadání algoritmus Shell sort, který pracuje na principu bublinkového vkládání během opakovaných průchodů řetězce.

Nejdříve se získá délka kroku, což je polovina délky řetězce. Následně se v cyklu řadí znaky řetězce, které jsou od sebe v řetězci vzdáleny o velikost kroku a s každou další iterací se délka kroku zmenší o polovinu. Jakmile má krok velikost jedna, jsou řazeny prvky vedle sebe.

2.6 Implementace vyhledávání podřetězce v řetězci

K vyhledávání podřetězce v řetězci byl použit Knuth-Morris-Prattův algoritmus, který pracuje na základě konečného automatu. Pokud je hledaný podřetězec prázdný je funkcí vrácena 0. Jinak je na základě řetězce, ve kterém vyhledáváme, vytvořeno pole, které určuje znak, kam se vrátíme v případě neúspěšného porovnávání.

Poté konečný automat postupuje po jednotlivých znacích řetězce, při shodě se posune na další znak, jinak se vrátí na znak určený dříve vytvořeným polem. Porovnává se, dokud není podřetězec nalezen, pak funkce vrátí pozici podřetězce, nebo dokud se algoritmus nedostane na konec řetězce. V takovém případě funkce vrátí -1.

3. Práce na projektu

Na týmovém setkání se rozdělily moduly, na kterých se pracovalo a po jejich dokončení a otestování se začalo pracovat na dalších. V průběhu práce se náš tým několikrát sešel k diskutování o vývoji projektu a potřebných změnách v implementaci.

Pokud nebyla možnost se sejít, případně bylo potřeba kontaktovat jiné členy týmu, využíval se ke komunikaci společný chat a soukromá skupina na sociální síti Facebook nebo email. K zálohování souborů a sledování jednotlivých verzí jsme využívali GitHub.

4. Testování

Každý modul byl testován nejdříve zvlášť během jeho vývoje a také hlavně po jeho dokončení. V případě nalezení chyb při testování modulu, případně více modulů dohromady, byly chyby odstraněny a konkrétní modul byl znovu otestován.

Po dokončení všech modulů a sestavení projektu začalo testování interpretu jako celku za použití námi vytvořených zdrojových kódů v jazyce IFJ16.

5. Rozdělení práce

Lukáš Richtarik (xricht25) – vedoucí týmu: lexikální analyzátor, syntaktický analyzátor, sémantická analýza, generování tříadresného kódu
Miloš Molitoris (xmolit00): lexikální analyzátor, syntaktický analyzátor, sémantická analýza, instrukční list, generování tříadresného kódu
Jiří Čechák (xcecha04): algoritmy pro IAL, lexikální analyzátor, vestavěné funkce, správa paměti, tvorba závěrečných testů, dokumentace
Přemysl Mlýnek (xmlyne04): vestavěné funkce, tvorba závěrečných testů, výpomoc na dalších částech
Petr Mynarčík (xmynar05): interpret, instrukční list a generátor

6. Implementovaná rozšíření

UNARY – podpora unárního mínus a prefixové i postfixové inkrementace a dekrementace.

Řešení rozšíření UNARY:

Unární mínus

Je získáno jako token token_sub. Ve výrazu se vyhodnocuje, pokud je před ním jiný operátor nebo nic. Pokud je před ním nonterminal (id- proměnná nebo konstanta) nebo ‘)’ jedná se o mínus. Označí se jako operator_una, následuje kontrola sémantiky (může být jen před typem int nebo double) a generuje se instrukce (T_una) a daná proměnná je vynásobena číslem -1.

Prefixová a postfixová inkrementace a dekrementace

Jsou získány jako tokeny token_inc a token_dec. Mohou být provedeny pouze nad lokálními a globálními proměnnými typu int a při použití na konstantách je hlášena chyba 6. Pokud se nachází na řádku samy, jsou vyhodnoceny ihned.
Prefixová inkrementace a dekrementace – ve výraze se vyhodnocují, pokud před nimi není nonterminál nebo ‘)’. Označí se jako operator_Einc/operator_Edec, následuje kontrola sémantiky a poté se vygeneruje instrukce T_INC/T_DEC a u dané proměnné je přičtena/odečtena 1.
Postfixová inkrementace a dekrementace – ve výraze se vyhodnocují, pokud před nimi je nonterminál nebo ‘)’. Označí se jako operator_Einc/operator_Edec, následuje kontrola sémantiky a na pomocný zásobník je uložena daná proměnná. Instrukce se generuje po vyhodnocení výrazu.

BASE – podpora zápisu čísel i ve dvojkové, osmičkové a šestnáctkové soustavě.
FUNEXP – podpora volání funkcí uvnitř výrazu a výrazů v parametrech funkcí.
SIMPLE – podpora podmíněných příkazů if i bez části else. V podmíněných příkazech a cyklech lze místo složeného příkazu v složených závorkách použít i jedno řádkový příkaz.
BOOLOP – podpora typu boolean, jeho definice a výpis, booleovských výrazů, hodnot a operátorů.

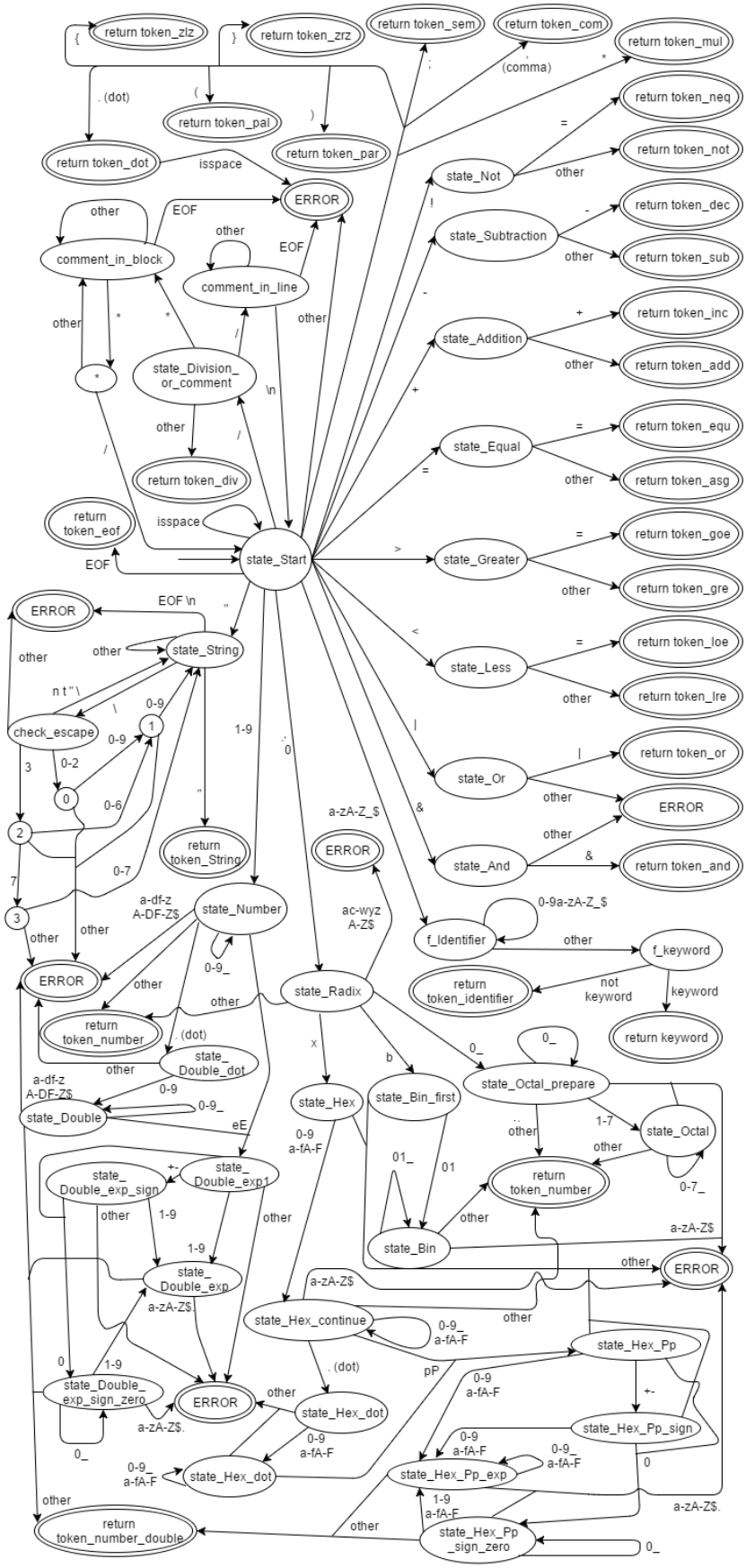
7. Závěr

Prací na tomto projektu jsme si ověřili své doposud nabyté znalosti v programování v jazyce C a získali i mnoho nových. Dále jsme mohli aplikovat své nově získané teoretické znalosti z předmětu IFJ a teoretické i částečně praktické znalosti (díky projektům v průběhu semestru) z předmětu IAL. Také jsme všichni určitě obohaceni o velkou zkušenost práce v malém týmu a komunikace s ostatními členy týmu.

8. Precedenční tabulka

	unar-	+	-	*	/	E++	E--	==	!=	>	<	>=	<=	||	&&	!	(	)	,	ID	Fn	$	++E	--E
unar-	F	>	>	>	>	<	<	>	>	>	>	>	>	>	>	>	<	>	F	<	<	>	<	<
+	<	>	>	<	<	<	<	>	>	>	>	>	>	>	<	<	<	>	>	<	<	>	<	<
-	<	>	>	<	<	<	<	>	>	>	>	>	>	>	<	<	<	>	>	<	<	>	<	<
*	<	>	>	>	>	<	<	>	>	>	>	>	>	>	>	<	<	>	>	<	<	>	<	<
/	<	>	>	>	>	<	<	>	>	>	>	>	>	>	>	<	<	>	>	<	<	>	<	<
E++	F	>	>	>	>	F	F	>	>	>	>	>	>	>	>	F	F	>	>	F	F	>	F	F
E--	F	>	>	>	>	F	F	>	>	>	>	>	>	>	>	F	F	>	>	F	F	>	F	F
==	<	<	<	<	<	<	<	>	>	>	>	>	>	<	<	<	<	>	>	<	<	>	<	<
!=	<	<	<	<	<	<	<	>	>	>	>	>	>	<	<	<	<	>	>	<	<	>	<	<
>	<	<	<	<	<	<	<	>	>	>	>	>	>	<	<	<	<	>	>	<	<	>	<	<
<	<	<	<	<	<	<	<	>	>	>	>	>	>	<	<	<	<	>	>	<	<	>	<	<
>=	<	<	<	<	<	<	<	>	>	>	>	>	>	<	<	<	<	>	>	<	<	>	<	<
<=	<	<	<	<	<	<	<	>	>	>	>	>	>	<	<	<	<	>	>	<	<	>	<	<
||	<	>	>	<	<	<	<	>	>	>	>	>	>	>	<	<	<	>	>	<	<	>	<	<
&&	<	>	>	>	>	<	<	>	>	>	>	>	>	>	>	<	<	>	>	<	<	>	<	<
!	<	>	>	>	>	F	F	>	>	>	>	>	>	>	>	F	<	>	>	<	<	>	F	F
(	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	=	=	<	<	>	<	<
)	F	>	>	>	>	F	F	>	>	>	>	>	>	>	>	>	F	>	>	F	F	>	F	F
,	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	=	=	<	<	F	<	<
ID	F	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	F	>	>	F	F	>	F	F
Fn	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	=	F	>	F	F	F	F	F
$	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	F	F	<	<	F	<	<
++E	F	>	>	>	>	F	F	>	>	>	>	>	>	>	>	F	F	>	>	<	<	>	F	F
--E	F	>	>	>	>	F	F	>	>	>	>	>	>	>	>	F	F	>	>	<	<	>	F	F

9. Diagram konečného automatu



10. LL-gramatika

		PREDICT
1	CLASS → class identificator { VNUTRO_TRIEDY } CLASS end_program	class
2	CLASS → ε	end_program
3	VNUTRO_TRIEDY → STATIC type identificator TRIEDNY_CLEN	static type
4	VNUTRO_TRIEDY → ε	}
5	STATIC → static	static
7	PREMENNA_DEFINITION → type identificator	type
8	PREMENNA_INIT → operator_assigment EXRESSION	operator_assigment
9	PREMENNA_INIT → ε	;
10	TRIEDNY_CLEN → (FUNCTION_PARAMS){VNUTRO_FUNKCIE} VNUTRO_TRIEDY	(
11	TRIEDNY_CLEN → PREMENNA_INIT; VNUTRO_TRIEDY	operator_assigment
12	FUNCTION_PARAMETERS → PREMENNA_INIT; VNUTRO_TRIEDY	type
13	FUNCTION_PARAMETERS → ε	)
14	PRVY_PARAMETER → PREMENNA_DEFINITION	type
15	DALSI_PARAMETER → , PREMENNA_DEFINITION DALSI_PARAMETER	,
16	DALSI_PARAMETER → ε	)
17	VNUTRO_FUNKCIE → ε	}
18	VNUTRO_FUNKCIE → STATEMENT VNUTRO_FUNKCIE	if while identificator return type increment decrement
19	STATEMENT → if (EXPRESSION) STATEMENT_BODY ELSE	if
20	STATEMENT_BODY → {VNUTRO_FUNKCIE}	{
21	STATEMENT_BODY → STATEMENT	if while identificator return type increment decrement
22	ELSE → ε	if while identificator type return } increment decrement
23	ELSE → else STATEMENT_BODY	else
24	STATEMENT → while (EXPRESSION) STATEMENT_BODY	while
25	STATEMENT → identificator DOT_IDENTIFICATOR ROZLISENIE_IDENTIFIKATORA	identificator
26	DOT_IDENTIFICATOR → ε	operator_assigment (
27	DOT_IDENTIFICATOR → .identificator	.
28	ROZLISENIE_IDENTIFIKATORA → operator_assigment EXPRESSION;	operator_assigment
29	ROZLISENIE_IDENTIFIKATORA → (FUNCTION_ARGUMENTS);	(
30	STATEMENT → PREMENNA_DEFINITION PREMENNA_INIT;	type
31	FUNCTIONS_ARGUMENTS → ε	)
32	FUNCTIONS_ARGUMENTS → EXPRESSION SECOND_ARGUMENT	! (identificator - value
33	SECOND_ARGUMENT → , EXPRESSION SECOND_ARGUMENT	,
34	SECOND_ARGUMENT → ε	)
35	STATEMENT → return EXPRESSION;	return
36	ROZLISENIE_IDENTIFIKATORA → increment;	increment
37	ROZLISENIE_IDENTIFIKATORA → decrement;	decrement
38	STATEMENT → increment identificator;	increment
39	STATEMENT → decrement identificator;	decrement