

KALKULÁTORY

Výpočetní logiky kalkulátorů

Dosavadní vývoj je charakterizován nejen konkurenčním bojem mezi oběma nejvýznamnějšími výrobci (HP a TI), ale i soupeřením mezi druhy výpočetních logik, které tyto firmy u svých kalkulátorů používají. Dr. Jiří Mrázek mi jednou vyprávěl o studentech jistého pražského gymnázia, kteří se mezi sebou rozdělili na tábor „texasáků“ a „parksardáků“ podle toho, které z používaných logik věnovali své sympatie. Rád bych se proto pokusil o co nejobektivnější zhodnocení obou notací, tj. AOS i RPN.

Algebraická notace o různých úrovních je tou nejčastější logikou. Mohli bychom ji podle úrovně dále charakterizovat asi takto:

1. elementární dvouregistrová logika,
2. elementární logika s možností použít závorky,
3. logika respektující pravidla priority,
4. logika AOS.

Dostaneme-li do rukou nový kalkulátor, můžeme vyzkoušet tento jednoduchý test: $1 + 2 \times 3 = ?$. Dostaneme-li jako výsledek číslo 7, můžeme s ním být plně spokojeni, neboť patří do kategorie 3 nebo 4 podle toho, zda navíc disponuje i možností používat závorky. K tomu je třeba poznamenat, že kategorie 3 existuje spíše jen teoreticky. V praxi totiž každý kalkulátor, který respektuje pravidla algebraické priority, má k dispozici i závorky a patří do kategorie 4.

Kategoriemi 1 a 2 se zvláště zabývat nebudeme, neboť se mezi kvalitními kalkulátory objevují jen zřídka a kromě toho se jim věnoval příspěvek [12].

Algebraický operační systém AOS pracuje s operačním zásobníkem typu LIFO (last in first out) tj. poslední vstupující informace vystupuje jako první. Tento „stack“ je ovládan příslušným souborem mikroprogramů,

Milan Špalek

Dokončení

takže uživatel si při běžných výpočtech jeho činnost ani neuvědomuje. Tím se AOS zásadně liší od RPN, jak dále uvidíme.

Do jednotlivých registrů zásobníku se kromě dat ukládají i další informace: indexy závorkových úrovní a aritmetické operátory tzv. neuzavřených operací (pending operations). Počet možných závorkových úrovní a neuzavřených operací je základní a nejdůležitější charakteristikou každého kalkulátoru s AOS. Firma TI používá u svých počítačů AOS nejčastěji s 15 úrovněmi závorek (s výjimkou programovatelných kalkulátorů a kalkulátoru TI-25) se čtyřmi neuzavřenými operacemi. Na TI-58C a TI-59 dokonce s osmi. Vyčíslování pak probíhá několikrát od leva do prava tak, že jsou nejprve realizovány operace v závorkách, přičemž násobení a dělení před sečítáním a odečítáním. Operace, které lze realizovat již během zadávání výpočtu (tedy před stisknutím tlačítka =), jsou již samozřejmě uskutečněny.

Reverzní polská notace RPN je pojmenována podle polského matematika a filozofa Jana Lukaszewicze, který tuto logiku popsal. RPN používá při zadávání jednoduchého aritmetického výpočtu tento postup: operand, operand, operátor. Bližší nalezneme v [11]. Konkrétní příklad použití RPN: na kalkulátorech HP vypadá asi takto: je používán čtyřregistrový zásobník (registry X, Y, Z a T) typu LIFO, jehož činnost ovládá počítačovací příslušnými tlačítky (viz AOS). Tlačítko ENTER slouží jako oddělovač operandů. Při jeho volbě se obsah registru X přemístí do Y, obsah Y do Z a obsah Z do

T. Původní obsah T ze zásobníku vypadne (tab. 1).

Graficky lze popsané transformace znázornit takto (registry označujeme velkými písmeny, jejich obsah malými):

$x \rightarrow x \rightarrow y \rightarrow z \rightarrow t$.

Registr X je tedy schopen přijmout nový operand. Jako oddělovač může samozřejmě sloužit libovolné funkční tlačítko a jestliže je alespoň jeden z operandů vyvoláván do X z jiného libovolného registru, není třeba využívat oddělovač.

$X \rightleftharpoons Y$ slouží k výměně x a y.

$R \downarrow$ slouží k cyklické záměně obsahu registrů stacku v tomto směru: $x \rightarrow t \rightarrow z \rightarrow y \rightarrow x$.

$R \uparrow$ slouží k cyklické záměně v opačném směru.

Jisté není třeba dodávat, že mikroprogramy, realizující zmíněné záměny registrů, musí používat ve skutečnosti ještě jeden pomocný registr, který však je jinak uživateli nedostupný. Bývá to zpravidla jeden z pracovních registrů, které jsou součástí CPU. Připomeňme ještě, že HP-41C má proti předchozím typům kalkulátorů některé výhody.

Po volbě tlačítka aritmetické operace (nebo obecně po volbě takové operace, která zpracovává dva operandy a výsledkem je přitom jen jedno číslo), je výsledek uložen v X a současně proběhnou tyto transformace: $t \rightarrow t \rightarrow z \rightarrow y$. Obsah registru X před realizací libovolné operace či funkce, která obsah X mění jinak, než tak, že by ho vyměnila prostým přenosem za obsah jiného registru, je zachován ve zvláštním pomocném registru, jehož obsah je dostupný po stisknutí tlačítka LAST X nebo LST X (tj. paměť posledního x).

Vše, o čemž jsme hovořili, si nyní objasníme na jednoduchém příkladu: hledáme dělku L řemen v převodu mezi řemenicemi

Tab. 1. Příklad výpočtu příkladu při použití logiky RPN

T	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	785.40	785.40
Z	0.00	0.00	0.00	0.00	785.40	0.00	785.40	100.00	100.00
Y	0.00	3.14	0.00	785.40	250.00	785.40	100.00	100.00	100.00
X	3.14	250	785.40	250.00	150	100.00	100.00	100.00	2

RAD π 250 x LAST X 150 - ENTÉR ENTER 2

T	785.40	785.40	785.40	785.40	785.40	785.40	785.40	785.40	785.40
Z	785.40	100.00	785.40	785.40	785.40	100.00	785.40	785.40	785.40
Y	100.00	50.00	100.00	100.00	100.00	12.96	100.00	785.40	785.40
X	50.00	650	0.08	1.49	12.96	1.49	11.47	1146.77	1932.17

+ 650 \div cos⁻¹ tan LAST X - x +

o průměrech D_1 a D_2 , jejichž osová vzdálenost je C . Postupovat můžeme podle vztahu

$$L = \pi D_2 + (D_2 - D_1)(\operatorname{tg} \tau - \tau),$$

kde $\tau = \arccos \frac{D_2 - D_1}{2C}$

Konkrétní hodnoty jsou: $D_1 = 150$ mm, $D_2 = 250$ mm a $C = 650$ mm. Na kalkulátorech s AOS můžeme postupovat takto:

RAD π / \times / 2 / 5 / 0 / + / (/ 2 / 5 / 0 / - / 1 / 5 / 0 /) / \times / (/ (/ 2 / 5 / 0 / - / 1 / 5 / 0 /) / : / 2 / : / 6 / 5 / 0 / = / INV / COS / STO / 1 / tan / - / RCL / 1 /) / = .

Postup na kalkulátorech HP, tedy s notací RPN ukazuje tab. 1., která též znázorňuje pro každou akci obsah operačních registrů. Při výpočtech v RPN je totiž třeba mít obsah těchto registrů stále na paměti.

Konečné zhodnocení je jednoduché. Při výpočtu v RPN jsme vystačili s výrazně menším počtem tlačítek, ovšem postup, který jsme použili, může na první pohled připadat dosti „krkolomný“. Naopak na počítači s AOS jsme výraz zcela jednoduše opsali,

bylo ovšem třeba použít více tlačítek (kroků).

Rád bych zde citoval reklamní slogany, které používají o svých přístrojích firmy TI a HP, a které dosti přesně vystihují principy obou notací:

TI – AOS činí váš život snazším, neboť jsme naše kalkulátory naučili pravidlům algebry.

HP – RPN je computerová logika pro computerový věk.

Oba slogany tedy mají svým způsobem pravdu. RPN bude asi opravdu bližší tomu, kdo je zvyklý programovat i na počítačích v tzv. strojově orientovaných jazycích: např. v jazyku ASSEMBLER. Nejsou-li však komplikované výpočty našim „denním chlebem“, je ideálnější řešením AOS. Když pro nic jiného, máme alespoň jistotu, že, pokud se nepřehlédneme, těžko se dopustíme chyby. Chceme-li naopak pracovat co neefektivněji a též nejrychleji, zvolíme patrně RPN. Je třeba ovšem počítat s tím, že k zvládnutí RPN je třeba delší praxe. V každém případě je volba vhodné logiky v mnoha případech subjektivní záležitostí.

Programovatelné kalkulátory

Není nic jednoduššího, než je programování na kapesních kalkulátorech. K tomuto závěru musí dojít každý, kdo si v propagačních materiálech výrobců kalkulátorů přečte návod jak postupovat. Přepnete kalkulátor na režim PROGRAMOVÁNÍ, stisknete postupně všechna tlačítka jako při běžném výpočtu daného příkladu, vrátíte se na režim VÝPOČET, zadáte vstupní data a „odstartujete“ program. Tak jednoduché je to ovšem pouze v tom případě, že máte v ruce kalkulátor právě toho výrobce, jehož návod čtete.

Programování je opravdu jednoduché, v tom případě, že je jádrem programu analytický výraz, který chceme řešit pro různé varianty hodnot souboru vstupních parametrů: o těchto úlohách se obvykle hovoří jako o tabelaci funkce. Že však řada majitelů programovatelných kalkulátorů považuje i programy tohoto typu za náročné, o tom svědčí i některé příspěvky v rubrikách odborných časopisů, věnovaných programům pro kalkulátory. Mnohé střední i plně programovatelné kalkulátory mají však velmi široké možnosti a lze na nich řešit i takové úlohy, které byly donedávna výsadou jen velkých počítačů.

Nad otázkou obtížnosti programování by se měl zamyslet každý, kdo o koupi tohoto přístroje uvažuje, aby se časem nedostal do situace, kdy neumí nic více, než za pomoci příručky používat soubor programů ze standardního modulu. Předpokládat, že potřebné programy lze získat od jiných majitelů téhož kalkulátoru, je někdy dosti riskantní.

První věcí, kterou je třeba zvládnout, jsou základy algoritmizace. Vytvořit takový algoritmus, který je z hlediska účinnosti jazyka, v němž míníme programovat, nejvýhodnější, a vybrat optimální numerické metody je daleko obtížnější, než hotový algoritmus přepsat do příslušného jazyka. Moderní problémově orientované jazyky, které jsou používány na samočinných počítačích, programování velmi usnadňují. Programovat takové úlohy, které vyžadují operovat s maticemi, vektory, dále programy s velkým počtem

smíte si ovšem myslet, že vám bude TRS-80 celý večer vyprávět anekdoty. Jde prozatím spíše o experimentální zařízení, jehož dořešení však jednou může otevřít cestu ke komputerům do kapsy. Pokud jde o „kapesní“ terminál, firma NATIONAL již veřejnosti představila kapesní televizor s černobílou plochou obrazovkou LCD. Rozměry celého televizoru jsou 118 × 125 × 34 mm, obrazovka má plochu 48 × 36 mm a na této ploše je reprodukováno 57 600 bodů. I to by mohl být první krok ke kapesnímu počítači.

Tyto přístroje však nebudou pouhými počítači (od slova počítat). Tak jako například necháváme přes noc dobíjet akumulátory nejručnějších zařízení, tak bude možno i kapesní počítače nechat doplnit informacemi libovolného druhu. Mezi výstupem domácí informační sběrnice a vstupem počítače bude v takovém případě zařazen jakýsi „informační filtr“, který podle předvolby vybere ty informace, které požadujeme a které nás právě zajímají. Lze si dokonce zvolit takový zdroj příslušných informací, který se bude jevit jako nejbližší.

Očekávané snížení cen bublinkových pamětí dovolí umístit vnější nezávislé paměti přímo do kalkulátoru, nebo bude paměť vyměnitelná ve formě modulu. To je již perspektiva nejbližších let.

Myšlenka kalkulátoru s možností připojení on-line k měřicím přístrojům nebyla ani s rozvojem levných stolních počítačů zavržena, neboť se často měří v terénu. Zde by však byla také výhodná větší operační rychlost a kalkulátory by měly být vybaveny krystalem řízenými hodinami.

Předpokládá se dále, že v pozdějších letech budou kalkulátory schopny komunikovat s domácím počítačem, to znamená, že všechna data i program z osobního počítače bude možno převést do kalkulátoru, což umožní pokračovat v započaté práci i mimo domov.

Se zvětšováním přesnosti výpočtů se patrně nepočítá. Dnešní kalkulátory počítají deseti až třináctimístně, což lze považovat za plně postačující. Očekává se však, že pro lepší využití kapacity paměti bude možno datovým registrům přidělovat menší počet byte, jestliže nebudeme potřebovat deseti

nebo třináctimístnou přesnost. Není ovšem vyloučen ani opak, totiž možnost počítat v případě potřeby s tzv. dvojnásobnou aritmetikou (třeba při řešení špatně podmíněných soustav lineárních rovnic).

Výpočetní technika zahájila před deseti lety cestu do domácností a do osobního života „obyčejného“ člověka. Názory na všeobecnou „komputerizaci“ a s ní spojené další změny (např. ve vzdělávání) se různí. Prozatím není důvod, aby tento nový směr vyvolával jakékoli znepokojení. Je však třeba si včas uvědomit požadavky přicházející doby, pochopit probíhající změny a těmto nutnostem se podřídit.

Literatura

- [1] Švestka, M.: Programovatelné kalkulátory. AR A8 a 9/76.
- [2] Mrázek, J.: Trumfové eso z Texasu. AR A1/77.
- [3] Mrázek, J.: Kalkulátor HP-67. AR A7/77.
- [4] Mrázek, J.: TI-58 a TI-59, nová koncepce kapesních kalkulátorů. AR A12/78.
- [5] Mrázek, J.: Kalkulátor TI-57. AR A5/78.
- [6] Koptiva, J.: Kontrola přesnosti kalkulátorů. AR A6/78.
- [7] Whitney, T. M.; Rodé, F.; Tung, C.: The „Powerful Pocketful“: an Electronic Calculator Challenges the Slide Rule. HP Journal 10/72.
- [8] Stockwell, R. K.: Programming the Personal Computer. HP Journal 9/74.
- [9] Cook, M. J.; Fichter, M. G.; Whicker, R. E.: Inside the New Pocket Calculators. HP Journal 3/75.
- [10] Harms, D. W.: The New Accuracy: Making $2^3 = 8$. HP Journal 3/76.
- [11] Higman, B.: Porovnávací štúdia programovacích jazykov. ALFA: Bratislava 1974.
- [12] Mrázek, J.: Výběr kapesních kalkulátorů. AR A1/78.
- [13] Iverson, K. E.: A Programming Language. John Wiley and Sons: New York 1967.

Nedopatřením se v první části článku několikrát zaměnil výraz bite za byte. Redakce i autor se omlouvají a doufají, že i tak bude smysl správně pochopen.