

Doc. Ing. Jan M. Honzík, CSc.,  
Doc. Ing. Tomáš Hruška, CSc.,  
Ing. Michal Máčel, CSc.

# VYBRANÉ KAPITOLY Z PROGRAMOVACÍCH TECHNIK



## Předmluva

Skripta Vybrané kapitoly z programovacích technik jsou určena pro kurs Programovací techniky, zajišťovaný katedrou Informatiky a vypočetní techniky. Předmět látky tohoto kursu formuje základy znalostí potřebných k vyspělejšímu programování a je určen pro studenty, kteří bezpečně zvládli základy programování a algoritmizace v Pascalu. Na několika místech text navazuje na základní znalosti strojově orientovaného jazyka, protože programovací techniky na tento kurs dříve navazovaly. Přesto, že znalost programování na úrovni stroje výrazně zvyšuje schopnost čtenáře porozumět všem souvislostem a důsledkům některých programovacích technik, lze ve výuce tyto neznalosti vhodnými komentáři vyučujícího v nezbytné míře doplnit.

Text skript vychází ze známých publikací Donalda Knutha a Niklause Wirtha. První vydání těchto skript bylo rozebráno nečekaně brzy a náklad z větší části skončil v rukou čtenářů mimo vysokou školu. Autorům to dělalo radost, učitelům starost. Druhé, nepočítané vydání, vyšlo jako součást dokumentace vypočetní techniky dodávané AK Slušovice. V té době to byla jediná možnost, jak text vydat v krátké době znova. I když tehdejší cena skript byla pro studenty nepřijatelná - až příliš se blížila ceně, na kterou si po postupné ztrátě dotací budeme všichni zvykat - skripta se objevila v podnikových knihovnách a stala se alespoň touto cestou dostupná těm, kteří neměli možnost koupit si výtisk prvního vydání.

Náklad dalšího vydání byl stanoven s dostatečnou rezervou tak, aby vystačil na 3 až 5 let pro studenty oboru Elektronické počítače - či Informatika a vypočetní technika, jak se nyní tento studijní obor jmenuje. Přes systematické sledování stavu výtisků ve skladě se v souvislosti s volnějším pojetím pravidel distribuce stalo, že skripta byla bez vědomí autorů, jejich katedry a fakulty rozprodána v sesterské prodejně. Kurs se náhle octnul bez své učebnice, což je v případě programování zvláště nepříjemné.

Na základě dohody s ředitelem nakladatelství VUT a se souhlasem prorektora VUT vzniká dodatečně nové vydání. S ohledem na nová cenová pravidla vedoucí k výrazně vyšším cenám i s ohledem na nutnost vysoké hospodárnosti se ukázalo, že je vhodné vydat jen nejdůležitější ze 14 kapitol, které v původní publikaci zabíraly 357 stran. Nová podoba skript má název "Vybrané kapitoly z programovacích technik" a jde skutečně o výběr nejzávažnějších kapitol původních skript. S ohledem na použití originálních předloh došlo u tohoto redukovaného třetího vydání pouze ke změně obsahu a k přečíslování stránek, nikoli k přečíslování kapitol.

Modulární programování a jeho prostředky v Pascalu EC, které jsou předmětem 4. kapitoly již nejsou tak aktuální, jak byly v době před nástupem 4. verze Turbo Pascalu. Zařazení této kapitoly je účelné jen s ohledem na návaznost v kapitole 5., kde se v ukázkách implementací abstraktních typů dat

využívá modulárních vlastností Pascalu EC. Výklad ve vyuce se již těchto prostředků nepřidrží. Bez této krátké kapitoly by však některé příklady v 5. kapitole byly nesrozumitelné.

Těžištěm kursu je vedle výkladu abstraktních datových typů, především výklad již klasických metod vyhledávání a řazení. Ze současného pohledu jsou tyto metody již opravdu klasické, a zasloužily by si jak doplnění, tak modernější výklad. Jejich podoba není někdy vhodná k přímému použití v programech, protože účelem je především vyložení principu metody. Lze očekávat, že další učební text pro tento předmět, vznikne-li ještě nějaký (studium z vynikajících zahraničních publikací přes jejich vysokou cenu bude asi v budoucnu nevyhnutelné), bude již určitě aktualizován a doplněn. Kapitola o dokazování programu předběhla svou dobu a ve vyuce se používala jen jako doporučený doplněk pro dychtivé studenty. Přes to, že její předlohou je již 15 let stará publikace E.W.Dijkstry, je stále aktuální, a netriviálním způsobem vysvětluje tak základní pojmy jako je např. "invariant cyklu".

Z pohledu redukováného vydání původního titulu je užší také kolektiv autorů. Kapitulu 4. zpracoval Ing. Michal Máčel, CSc., a na kapitole 5 spolupracoval Ing. Tomáš Hruška, CSc. Ostatní kapitoly tohoto vydání zpracoval hlavní autor.

V Brně 2.6.1991

Doc. Ing. Jan M. Honzík, CSc.

## Obsah

2 VLASTNOSTI ZÁKLADNÍCH DATOVÝCH A JEJICH VYUŽITÍ	7
2.1 Koncepce datových typů	7
2.1.1 Úvod	7
2.1.2 Vlastnosti datových typů	8
2.2 Jednoduché datové typy	10
2.2.1 Typ definovaný výčtem	10
2.2.2 Standardní jednoduché typy	11
2.2.3 Typ interval	12
2.3 Strukturované typy	13
2.3.1 Pole	13
2.3.2 Záznam	14
2.3.3 Množina	17
2.3.4 Soubor	18
2.3.5 Zhušťování	19
2.4 Shrnutí	21
2.5 Literatura	22
4 MODULÁRNÍ VYSTAVBA PROGRAMOVÝCH SYSTÉMŮ	23
4.1 Pojem programový modul	23
4.1.1 Vymezení základních pojmů	23
4.1.2 Obecnější formy modulu	26
4.2 Programování ve velkém	30
4.3 Modulární programování v jazyce PASCAL-EC	32
4.3.1 Popis rozšíření jazyka PASCAL-EC	32
4.3.1.1 Vkládání úseků programů ze zdrojové knihovny	32
4.3.1.2 Samostatná kompilace modulu	34
4.3.1.3 Standardní datový typ ANY	36
4.3.2 Modulární programování	36
4.4 Literatura	42
5 ABSTRAKTNÍ DATOVÉ STRUKTURY	43
✓ 5.1 Principy specifikace abstraktních typů dat	44
✓ 5.2 Specifikace typických abstraktních datových typů	46
✓ 5.2.1 Seznam	46
5.2.1.1 Obousměrný seznam	49
5.2.1.2 Soubor	50
5.2.1.3 Kruhový seznam	51
5.2.1.4 Vyšší operace nad seznamy	51
5.2.2 Zásobník	52
5.2.3 Fronta	54
5.2.3.1 Oboustranně ukončená fronta	56
5.2.4 Pole	56
5.2.5 Tabulka	58
5.2.6 Nelineární struktury	60
5.2.6.1 Graf	60

5.2.6.2 Binární strom	61
5.3. Strojové prostředky implementace abstraktních datových struktur	64
5.3.1 Strojově orientované jazyky	65
5.3.2 Tradiční vyšší programovací jazyk	65
5.3.3 Moderní vyšší programovací jazyk	66
5.3.4 Principy dynamického přidělování paměti	66
5.3.4.1 Příklad pseudodynamického pole	66
5.3.4.2 Rozdělení metod dynamického přidělování paměti	68
5.3.4.3 Dynamické přidělování paměti bez regenerace	68
5.3.4.4 Dynamické přidělování paměti s programově řízenou regenerací	69
5.3.4.5 Dynamické přidělování paměti s automatickou regenerací	70
5.4 Implementace typických ATD	71
5.4.1 Způsob implementace	71
5.4.2 Pole	76
5.4.2.1 Zpřístupnění prvku vícerozměrného pole mapovací funkcí	79
5.3.2.2 Zpřístupnění prvku vícerozměrného pole s využitím informačního vektoru	81
5.3.2.3 Zpřístupnění prvku vícerozměrného pole s využitím Iliffových vektorů	81
5.4.2.4 Trojúhelníková matice	83
5.4.2.5 Matice s nestejně dlouhými řádky	84
5.4.2.6 Řídké pole	85
5.4.2.7 Poznámka k úsporným uložení některých polí	85
5.4.3 Dynamické přidělování paměti	85
5.4.4 Lineární seznam	90
5.4.5 Obousměrný seznam	94
5.4.6 Zásobník	97
5.4.7 Fronta	99
5.4.8 Soubor	102
5.4.9 Tabulka	104
5.4.10 Graf a binární strom	106
5.5 Literatura	113
6 VYHLEDAVÁNÍ	114
6.1 Sekvenční vyhledávání	115
6.1.1 Sekvenční vyhledávání v seznamu	115
6.1.2 Sekvenční vyhledávání v poli	116
6.1.2.1 Rychlé sekvenční vyhledávání v poli	116
6.1.2.2 Dynamické vlastnosti sekvenčního vyhledávání v poli	117
6.1.3 Sekvenční vyhledávání v seřazeném seznamu	117
6.1.3.1 Sekvenční vyhledávání v seřazeném poli	117
6.1.3.2 Sekvenční vyhledávání v seřazeném poli se záložkou	118
6.1.3.3 Dynamické vlastnosti sekvenčního vyhledávání v seřazeném poli	118
6.2 Nesequenční vyhledávání v seřazeném poli	118
6.2.1 Binární vyhledávání	119
6.2.1.1 Strojová reprezentace binárního vyhledávání	120

6.2.1.2 Uniformní binární vyhledávání	121
6.2.2 Fibonacciho vyhledávání	123
6.2.3 Jiné metody vyhledávání v seřazeném seznamu	125
6.3 Binární vyhledávací stromy	126
6.3.1 Vyhledávání v BVS – operace SEARCH	127
6.3.1.1 Rekurzivní zápis vyhledávání	127
6.3.1.2 Nerekurzivní zápis vyhledávání	128
6.3.2 Vkládání prvku do BVS – operace INSERT	129
6.3.2.1 Rekurzivní zápis operace INSERT	129
6.3.2.2 Nerekurzivní zápis operace INSERT	130
6.3.3 Rušení prvku v BVS – operace DELETE	131
6.3.3.1 Rekurzivní zápis operace DELETE	133
6.3.3.2 Nerekurzivní zápis operace DELETE	134
6.3.4 BVS se zpětnými ukazateli	137
6.3.5 Vyvážené binární stromy	138
6.3.5.1 Rekurzivní zápis operace INSERT v AVL-stromu	141
6.3.5.2 Nerekurzivní zápis operace INSERT v AVL-stromu	143
6.3.5.3 Rekurzivní zápis operace DELETE v AVL-stromu	143
6.4 Tabulky s rozptýlenými položkami	146
6.4.1 Tabulky s přímým přístupem	146
6.4.2 Mapovací funkce	147
6.4.3 Princip tabulek s rozptýlenými položkami	148
6.4.4 TRP s explicitně zřetěženými synonymy	149
6.4.5 TRP s implicitně zřetěženými synonymy	151
6.4.5.1 TRP s lineárním vyhledáváním	152
6.4.5.2 TRP s kvadratickým vyhledáváním	153
6.4.5.3 TRP s dvojí rozptylovací funkcí	154
6.4.5.4 Brentova varianta	155
6.4.6 Operace DELETE v TRP	157
6.4.7 Hodnocení vyhledávání v tabulkách s rozptýlenými položkami	157
6.5 Literatura	159
 7 RAZENÍ	 160
7.1 Základní pojmy	160
7.1.1 Razení podle více klíčů	161
7.1.2 Razení bez přesunu položek	162
7.1.3 Rozdělení algoritmů řazení	164
7.1.4 Zásady hodnocení časové a prostorové složitosti řadicích algoritmů	165
7.1.5 Význam časové složitosti algoritmů	166
7.1.6 Smluvené konvence pro řadicí algoritmy	166
7.2 Razení na principu výběru	167
7.2.1 Metoda přímého výběru (Straight selection-sort)	167
7.2.2 Metoda bublinového výběru (Bubble sort)	168
7.2.3 Razení pomocí stromové struktury (Heap sort)	169
7.3 Razení na principu vkládání (Straight insertion-sort)	173
7.3.1 Metoda bublinového vkládání (Straight insert-sort)	173
7.3.2 Metoda vkládání s binárním vyhledáváním (Binary insert-sort)	174

7.4	Razení na principu rozdělení (Quick -sort)	175
7.5	Razení na principu setřídění (Merge-sort)	177
7.6	Razení se snižujícím se přírůstkem (Shell-sort)	180
7.7	Razení seznamů	183
7.7.1	Razení tříděním podle základu (Radix-sort)	183
7.7.2	Razení setřídováním seznamů (List-merge-sort)	187
7.8	Modifikace některých řadicích algoritmů	189
7.8.1	Modifikace přímého výběru (Modif. Selection-sort)	189
7.8.2	Modifikace bublinového výběru (Shaker-sort)	190
7.8.3	Modifikace binárního vkládání (Modif. Binary Insert-sort)	191
7.8.4	Modifikace Quick-sortu	192
7.9	Hodnocení metod vnitřního řazení	193
7.10	Principy vnějších sekvenčních řadicích metod	197
7.10.1	Metoda přímého setřídování (Straight merging)	197
7.10.2	Metoda přirozeného setřídování (Natural merging)	198
7.10.3	Mnohacestné vyvážené setřídování (Balanced Multiway Merging )	199
7.10.4	Princip polyfázového setřídování (Polyphase Merge-Sort)	200
7.11	Literatura	202
13.	DOKAZOVÁNÍ PROGRAMU	203
13.1	Programovací jazyk	203
13.2	Základní matematický aparát	204
13.3	Definice základních mechanismů	205
13.4	Definice složených příkazů	206
13.4.1	Popis příkazu "IF"	207
13.4.2	Popis příkazu "DO"	207
13.5	Teorém alternativního příkazu "IF"	208
13.6	Teorém invariance pro repetiční příkaz "DO"	209
13.7	Příklady	210
13.7.1	Největší společný dělitel dvou celých čísel	210
13.7.2	Součin dvou celých kladných čísel	211
13.7.3	Binární vyhledávání	211
13.7.4	Teorém pro lineární vyhledávání	212
13.7.5	Ekvivalence dvou kruhových seznamu v polích	213
13.8.	Závěr	216
13.9	Literatura	217

Název	Vybrané kapitoly z Programovacích technik
Autoři	Doc. Ing. Jan M. Honzík, CSc., Doc. Ing. Tomáš Hruška, CSc., Ing. Michal Máčel, CSc.
Číslo publikace	2084
Vydání	třetí redukované
Stran	218
Náklad	800
Vyšlo	říjen 1991
Vydavatel	Vysoké učení technické v Brně
Nakladatel	Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně
Tiskárna	GRAFIA s. p. Zlín, závod Břeclav
AA - VA	20,66 - 21,12
Cena	44,- Kčs

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou

ISBN 80-214-0345-4