

PV109: Historie a vývojové trendy ve VT

Od strojového kódu k programovacím jazykům

Luděk Matyska a Eva Hladká

Fakulta informatiky Masarykovy univerzity

podzim 2017



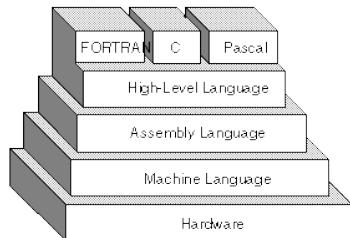
Programovací jazyky v historickém vývoji

Strojově závislé

- Strojový kód
- Jazyky relativních adres
- Jazyky symbolických adres – assembly
- Autokódy

Strojově nezávislé

- Zaměřené na určitý typ úloh
 - Fortran – vědeckotechnické výpočty
 - Cobol – hromadné zpracování dat
 - Pascal – výukové programy
 - Simula, Simscript – modelování diskrétních systémů
 - Eiffel – objektově orientované
- Univerzální
 - Algol 60, PL/I, Algol 68, Ada



Zdroj: <http://webopedia.com>

Procedurální vs. deklarativní jazyky

- Procedurální
 - důraz na popis postupu výpočtu
 - how to do it
- Deklarativní
 - důraz na popis řešeného problému
 - what to do
 - LISP, Prolog, databázové jazyky apod.

Strojový kód

- Program se skládá z *instrukcí*
- Instrukci tvoří
 - kód operace – *co se má provést*
 - jedna či více adres – *s jakými daty*
 - absolutní adresy
- Instrukce zapsány v dvojkové nebo šestnáctkové soustavě
- Každý *typ* počítače zpracovává vlastní sadu instrukcí
- *Rodiny počítačů* sdílejí stejnou množinu instrukcí

```
00 00 00 00 00 90 BE 07 - 08 07 F2 07 F2 07 F2 07
F2 07 F2 07 F2 07 F2 07 - 0C 08 00 00 00 00 00 00
05 01 2E 8F 06 3C 08 0E - 2E FF 36 3C 08 2E FF 36
3E 08 2E FF 36 40 08 55 - CB FA FC 2B F6 8E DE 2E
89 2E 2C 07 2E 8C 16 2E - 07 8E D6 BC 00 07 2E 89
16 28 07 2E 89 16 2A 07 - 1E 2E 8E 1E AA 07 89 3E
42 0F A3 4E 0F 89 1E 50 - 0F 0E 1F C7 06 08 00 00
10 EB 13 AC 84 C0 74 0D - 3C 24 74 09 B4 0E BB 07
00 C0 10 EB EE C3 9C 53 - 33 DB 33 C0 50 9D 9C 58
```

- Stojí nad strojovým kódem – symbolický zápis, vyšší srozumitelnost a snazší programování než strojový kód
- Vázány na konkrétní počítač (rodinu počítačů)
- Tři typy
 - Jazyky relativních adres
 - Numerická nebo symbolická jména instrukcí
 - Adresy jsou počítány relativně vůči bázové adrese
 - Před spuštěním se transformují na adresy reálné
 - Jazyky symbolických adres
 - Symbolické adresy, mohou být absolutní nebo relativní
 - Relokace adres při zavedení programu
 - Nejrozšířenější jazyky nižší úrovně
 - Autokódy
 - Již nebyly omezeny pravidlem jeden příkaz = jedna řádka
 - „Instrukce“ autokódu mohou být přeloženy do více instrukcí počítače
 - Mezistupeň jazyků nižší a vyšší úrovně

Příklad – fragment programu v assembleru

```
ExcessOfMemory label near
    mov bx, di
    add bx, dx
    mov word ptr _heapbase@ + 2, bx
    mov word ptr _brklvl@ + 2, bx
    mov ax, _psp@
    sub bx, ax      ; BX = Number of paragraphs to keep
    mov es, ax     ; ES = Program Segment Prefix address
    mov ah, 04Ah
    push di        ; preserve DI
    int 021h      ; this call clobbers SI,DI,BP !!!!!
    pop di         ; restore DI
```

- Vyšší úroveň abstrakce
- Prvním jazykem vyšší úrovně byl *Plankalkül* K. Zuseho (pouze specifikace)
- Nejsou vázány na konkrétní architekturu
 - Ne vždy realizováno do důsledků
- Interpretované vs. překládané jazyky
- Překlad do strojového kódu nebo mezikódu (např. Java bytecode)

Fortran – FORmula TRANslator (1954)

- První jazyk, nezávislý na konkrétním počítači
 - Určen pro numerické a vědecké aplikace
 - Tvar zápisu odvozen z formátu děrného štítku (odstraněno teprve koncem 80. let)
 - Procedury a funkce (nerekurzivní), mnoho vestavěných funkcí
 - Ve starších verzích absence většiny obvyklých řídicích struktur, velmi omezené možnosti práce s texty
 - Velmi efektivní přeložený kód – pro vědeckotechnické výpočty prakticky bez konkurence
- Zaměřen na separátní překlad jednotlivých modulů – snadná tvorba knihoven
 - Existují mimořádně rozsáhlé knihovny programů

Fortran – vývojové etapy

- Fortran (1954)
- Fortran I (1956), II (1957), III (1958)
- Fortran IV (1962), základ pro oficiální normu ANSI Fortran (1966)
- Fortran 77 – pozdě, ale přece zavedl strukturu IF–THEN–ELSE–ENDIF, proměnné typu CHARACTER, příkazy pro práci se soubory aj.
- Fortran 90 – mnoho dalších rozšíření (práce s polem jako celkem, prvky OOP), celková modernizace jazyka při zachování zpětné kompatibility
 - Fortran 95
- Fortran 2003 – podpora objektového programování, abstraktní datové typy; ukazatele na procedury; asynchronní I/O
 - Fortran 2008 (2010)

Fortran 77 – příklad programu

```
CHARACTER RECORD*9,VERSE*9,PEN6*6,PEN(6)
EQUIVALENCE (PEN6,PEN)
VERSE=CHAR(0)//'GR 90.06'
OPEN(8,FILE=' ',FORM='BINARY')
READ(8,END=200) RECORD
IF(RECORD.NE.VERSE) THEN
PRINT *, '**ERROR: MISSING "PLOTS" OR INVALID FILE'
GOTO 300
END IF
XMIN= 1.0E9
YMIN= 1.0E9
XMAX=-1.0E9
YMAX=-1.0E9
DO 110 I=1,6

110  PEN(I)=' '
      CALL SIZSUB(XMIN,YMIN,XMAX,YMAX,PEN,'H',NUM)
      PRINT 1000,NUM,XMIN,XMAX,MIN(32.00/(XMAX-XMIN),
* 28.70/(YMAX-YMIN)),
* YMIN,YMAX,MIN(22.00/(XMAX-XMIN),17.00/(YMAX-YMIN))
1000  FORMAT(12X,'**** GRAPH LIMITS ****'/
* ' Number of graphs in the metafile:',i3/
* ' XMIN =',F9.3,' CM',10X,'XMAX =',F9.3,' CM',10X,
* 'LP_FACTOR =',F10.5/' YMIN =',F9.3,' CM',10X,
* 'YMAX =',F9.3,' CM',10X,'COLFACTOR =',F10.5)
      IF(PEN6.NE.' ') PRINT 1001,PEN
1001  FORMAT(/' 1 2 3 4 5 6 7'/
* ' PENS USED : *',6A3)
      GOTO 400
200   PRINT '( ' '****ERROR: EMPTY GRAPHIC FILE' ') '
300   PRINT '( ' '****SIZE_GR ABORTED' ') '
400   END
```

Cobol – Common Business Oriented Language (1959)

- Určen pro hromadné zpracování dat
- Procedurální část programu vypadá převážně jako psaná v běžné angličtině
- První jazyk, který zavedl datové struktury
- V novějších verzích zabudováno třídění, zjednodušená tvorba sestav, přístup k databázím aj.
 - Obdobně jako Fortran celá vývojová řada (OO COBOL 2002)

- Program sestává ze 4 částí:

IDENTIFICATION DIVISION – program a operační systém

ENVIRONMENT DIVISION – používané soubory; počítač a operační systém

DATA DIVISION – popis dat

PROCEDURE DIVISION – algoritmus zpracování (program)

Cobol – příklad programu

```
000100 IDENTIFICATION DIVISION.  
000200 PROGRAM-ID.          HELLOWORLD.  
000300  
000400*  
000500 ENVIRONMENT DIVISION.  
000600 CONFIGURATION SECTION.  
000700 SOURCE-COMPUTER. RM-COBOL.  
000800 OBJECT-COMPUTER. RM-COBOL.  
000900  
001000 DATA DIVISION.  
001100 FILE SECTION.  
001200  
100000 PROCEDURE DIVISION.  
100100  
100200 MAIN-LOGIC SECTION.  
100300 BEGIN.  
100400     DISPLAY " " LINE 1 POSITION 1 ERASE EOS.  
100500     DISPLAY "Hello world!" LINE 15 POSITION 10.  
100600     STOP RUN.  
100700 MAIN-LOGIC-EXIT.  
100800     EXIT.
```

Algol – Algorithmic Language (1958)

- První pokus o plně univerzální jazyk
 - Zavedl některé netradiční znaky (operátor násobení \times , celočíselného dělení \div , umocňování \uparrow , negace \neg , dekadický exponent a_{10})
 - Klíčová slova se podtrhují nebo tisknou **polotučně**
- Mnoho revolučních prvků (v dnešních jazycích už považovaných za samozřejmé): podmíněné výrazy a příkazy, příkaz **for**, přepínač, rekurzivní procedury, volání parametrů jménem nebo hodnotou, apod.
- Starší verze neřešily vstup a výstup
- Minimální možnosti práce s texty ve starších verzích
- Přesný formální popis syntaxe (Backusova normální forma)

Vývojové etapy

- Algol 58
 - Pouze specifikace jazyka
- Algol 60
 - Snad nejvýznamnější jazyk všech dob, ovlivnil na desetiletí ostatní jazyky
 - I samotný překladač představoval průlom
- Algol 68
 - Nový pokus o revoluci v programovacích jazycích
 - Zavedl "krátké" a "dlouhé" datové typy (int, short int, real, long real, long long real ...),
 - Zavedl ukazatele, tj. odkazy či reference na proměnné (ref int ...), l-hodnoty,
 - Umožnil paralelní větve programu, struktury a uniony, uživatelem deklarované operátory aj.
 - Přesná formální definice syntaxe a částečně i sémantiky.
 - Kritizován jako příliš složitý

Algol 60 – Násobení úsporně uložené symetrické matice vektorem

```
procedure multsym(A,b,n);
  value n; integer n; real array A,b;
  comment multsym násobí matici invertovanou procedurou symin
    na symetrickou matici A-1 řádu n vektorem b.
    Výsledek přepíše prvních n prvků pole A;
  begin integer i,k,l,p;
    l:=n;
    for i:=1 step 1 until n do
      begin A[i]:=0; p:=l+i;
        for k:=i step -1 until 1 do
          begin
            A[i]:=A[i]+A[p]×b[k];
            p:=p-n-1+k;
          end;
        if i<n then
          for k:=i+1 step 1 until n do
            A[i]:=A[i]+A[l+k]×b[k];
          l:=l+n-i;
        end
      end multsym;
```

LISP – List Processing (1958)

- Funkcionální jazyk, syntaxe silně ovlivněna Lambda kalkulem
- Určen pro zpracování seznamů
 - Ty považovány za vhodný zápis pro umělou inteligenci (LISP samotný ale nebyl původně pro umělou inteligenci navržen)
- Není rozdíl mezi daty a programem
 - Právě to jej učinilo vhodným pro UI
 - Průkopník mnoha nových programovacích technik
- Program tvořen s-výrazy
 - $(f\ a\ b\ c)$ – funkce f aplikovaná na argumenty a , b , c
- LISP je mimořádně nepřehledný, je proto extrémně důležité strukturu programu zvýrazňovat vhodnou grafickou úpravou.

LISP – program „guess my number”

```
(defparameter *small* 1)
(defparameter *big* 100)

(defun guess-my-number ()
  (ash (+ *small* *big*) -1))

(defun smaller ()
  (setf *big* (1- (guess-my-number)))
  (guess-my-number))

(defun bigger ()
  (setf *small* (1+ (guess-my-number)))
  (guess-my-number))

(defun start-over ()
  (defparameter *small* 1)
  (defparameter *big* 100)
  (guess-my-number))
```

Basic – Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code (1964)

- Vyvinutý na Dartmouth College
- Původní verze velmi primitivní, kritizován za pomalost a osvojování špatných návyků
- Později nejvýznamnější jazyk na nejmenších počítačích (na stolních kalkulátorech a domácích počítačích často jediný dostupný jazyk, integrovaný přímo do hardwaru)
 - názvy proměnných pouze jedno písmeno nebo jedno písmeno a jedna číslice
 - pouze 2 datové typy: číslo (reálné) a řetězec
- Každý příkaz začíná pořadovým číslem, které lze použít jako návěští
- První slovo příkazu charakterizuje, co příkaz dělá
- Později podstatně rozšířené dialekty (např. Visual Basic).

Basic – příklad programu

```
10 REM PROLOZENI BODU PRIMKOU Y=A+BX
20 REM METODOU NEJMENSICH CTVERCU
30 PRINT "KOLIK BODU BUDE ZADANO (3-100)?"
40 INPUT N
45 IF N<3 THEN 30
46 IF N>100 THEN 30
50 REM POCATECNI STAV PROMENNYCH
52 LET P1=0
54 LET P2=0
56 LET P3=0
58 LET P4=0
60 REM CTENI SOURADNIC A~SUMACE
70 FOR I=1 TO N
80   PRINT I;". DVOJICE X,Y: ";
90   INPUT X,Y
100  LET P1=P1+X
110  LET P2=P2+Y
120  LET P3=P3+X*Y
130  LET P4=P4+X^2
140 NEXT I
150 REM VYPOCET REGRESNICH KOEFICIENTU A, B
160 LET B=(P3-P1*P2/N)/(P4-P1^2/N)
170 LET A=(P2-P1*B)/N
180 IF(B<0 THEN 186
182   LET Z$ ="-"
184   GOTO 190
186 LET Z$ ="+"
190 PRINT
200 PRINT "ROVNICE PRIMKY JE Y="A;Z$ ;ABS(B);"X"
210 PRINT
```

PL/I – Programming Language One (1964)

- Univerzální programovací jazyk vyvinutý v IBM
 - Snaha spojit Fortran a COBOL
 - Původně NPL (také National Physical Laboratory), přejmenován na PL/I
- PL/I úzce propojena s OS/360
 - Dialekty pro různé počítače (kvůli propojení s příslušnými operačními systémy)
- Operační systém Multics byl napsán v PL/I
- Až příliš univerzální, což vedlo k nepřehledné syntaxi i sémantice:
 - *E. Dijkstra: Používat PL/I musí být jako pilotovat letadlo pomocí 7000 tlačítek, přepínačů a pák v kokpitu. Absolutně nechápu, jak bychom mohli intelektuálně zvládnout naše rozrůstající se programy, když už sám programovací jazyk – náš hlavní nástroj! – se pro svou baroknost vymkl z naší intelektuální kontroly.*

- Co je intuitivně jasné a jednoznačné, není zakázáno
- Pokud je to možné, neuchylovat se ke strojovému kódu
- Strojově nezávislý (přesto je na něm patrné, že vznikl pro IBM/360)
- Modularita
- Péče o začátečníky
 - Stačí znalost malé podmnožiny jazyka pro úspěšné psaní programů

PL/I – příklad podprogramu

```
DECLARE ABS GENERIC
  (ABS1 ENTRY (FIXED),
   ABS2 ENTRY (FLOAT REAL),
   ABS3 ENTRY (COMPLEX));
ABS1: ABS2: PROCEDURE (X); DECLARE Y;
  Y=X;
  IF Y LT 0 THEN Y=-Y; RETURN(Y);
ABS3: ENTRY (X);
  RETURN (SQRT(REAL(X)**2 + IMAG(X)**2));
END ABS;
```

APL – A Programming Language (1964)

- Univerzální programovací jazyk
- Velmi „hutný“ zápis (až 10krát stručnější než v běžných jazycích)
- První verze již v roce 1962
- Implementace na IBM 360/370, CDC, UNIVAC, ruském BESM aj.
- Používá se dodnes, překladače a speciální fonty jsou na Webu

- Speciální sortiment znaků (nutnost používat zvláštní terminál či font nebo nahrazovat speciální znaky náhradními kombinacemi znaků ASCII)
- Program na první pohled (nezasvěcenému) zcela nesrozumitelný
- Velmi mnoho operátorů, většina jako unární i binární (obvykle s různými významy: $\div x$ znamená $1/x$, $x \div y$ znamená x/y ; $*x$ znamená e^x , $x*y$ znamená x^y)
- Operátory mají stejnou prioritu a provádí se **odzadu**, pořadí však lze změnit závorkami
- Bohatá podpora práce s vektory a maticemi (např. $A \boxtimes B$ znamená vynásob matici A inverzí matice B)

APL – příklad

```
[6]      L←(L⊂':')↓L←,L           ⍺ drop To:
[7]      L←LJUST VTOM',',L       ⍺ mat with one entry per row
[8]      S←~1++/∧\L≠'('        ⍺ length of address
[9]      X←0ΓΓ/S
[10]     L←SΦ(-(ρL)+0,X)↑L       ⍺ align the (names)
[11]     A←((1↑ρL),X)↑L         ⍺ address
[12]     N←0 1↓DLTB(0,X)↓L      ⍺ names)
[13]     N←,'α',N
[14]     N←(N='_' )/⊂ρN]←' '    ⍺ change _ to blank
[15]     N←0 ~1↓RJUST VTOM N    ⍺ names
[16]     S←+/∧\ ' '≠ΦN         ⍺ length of last word in name
```

Pascal (1970)

- Snadný k naučení, zvláště vhodný pro výuku, méně pro praktické programování
- Autorem je Niklaus Wirth, jazyk je pojmenován na počest B. Pascala
- Silná typová kontrola, většina chyb se zachytí už při kompilaci
- Program se musí kompilovat vcelku – žádná modularita
- Vyjadřovací možnosti tak malé, že většina implementací jazyk rozšiřuje (neportabilně, např. unit v překladačích fy Borland)
- Některé nedostatky byly odstraněny v revidované verzi jazyka (např. zavedení konformantních polí).
- Novější překladače jazyk podstatně rozšířily – za cenu vážného omezení přenositelnosti programů.

Smalltalk (1970)

- Plně objektově orientovaný jazyk
 - Silně typovaný, dynamický a interpretovaný
- Vznikl v Xerox PARC
- Nástroj pro programování v grafickém prostředí
- Specifická syntaxe (inspirace obrácenou polskou notací BPN)
- Několik variant označených podle roku vzniku (72, 74, 76, 78, 80)
- Výrazně ovlivnil nové (C++, Java) i aktualizované verze starších (Cobol, LISP) programovacích jazyků

Prolog – Programation en Logique (1970)

- Deklarativní logický jazyk, logika prvního řádu
- Autory jsou Alain Colmerauer a Phillipe Roussel z univerzity Aix-Marseille
- Sloužil pro usnadnění komunikace s počítačem v přirozeném jazyce
 - Využíván zejména v oblasti umělé inteligence a v počítačové lingvistice
 - Jednoduchá syntax, založen na predikátové logice prvního řádu
 - Hornovy klauzule, unifikace, rekurze a backtracking
- Základ logického programování
 - Japonská 5. generace počítačů
- Řada verzí, včetně podpory OOP

Prolog – Problém Hanoiských věží

```
% move(N,X,Y,Z) - move N disks from peg X to peg Y, with peg Z being the
%                  auxilliary peg
%                  Transfer the first n-1 discs to some other peg X
%                  Move the last disc on X to Y
%                  Transfer the n-1 discs from X to peg Y

move(1,X,Y,_):-
    write('Move top disk from '),
    write(X),
    write(' to '),
    write(Y),
    nl.
move(N,X,Y,Z):-
    N>1,
    M is N-1,
    move(M,X,Z,Y),
    move(1,X,Y,_),
    move(M,Z,Y,X).
```

Zdroj: <http://www.cs.toronto.edu/~hojjat/384w09/simple-prolog-examples.html>

Jazyk C (1972)

- Vyvinut v Bell Laboratories – D. Ritchie a K. Thompson
- Spojuje prvky jazyků vysoké a nízké úrovně
- Univerzální, zvláště vhodný pro systémové programování
- Těsná návaznost na operační systém, zpočátku silně svázán s Unixem
- Snadno se v něm udělá chyba, která neporušuje syntax a není proto zachycena překladačem
- Velmi efektivní generovaný kód, bohatá nabídka operátorů
 - Fortran vs. C
- Vývojové etapy
 - Kernighan-Ritchie (K-R) C
 - ANSI C (postupně několik verzí)
 - ISO/IEC C (C99)

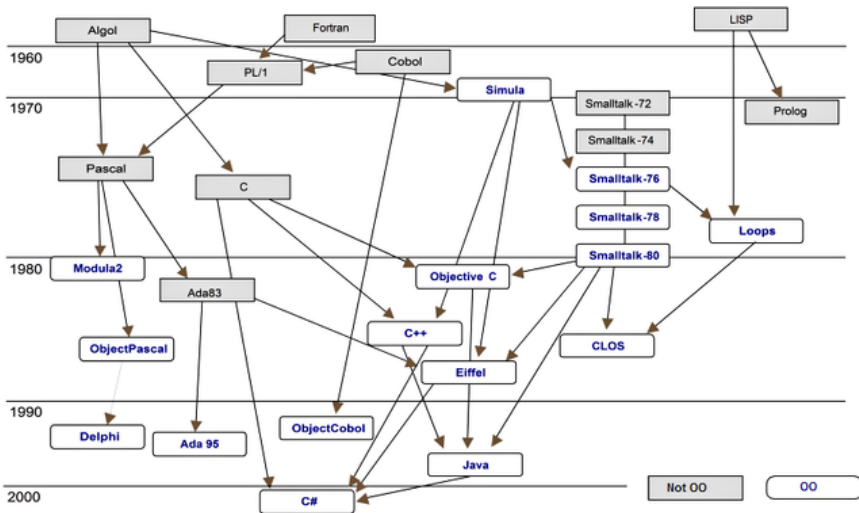
Ada (1980)

- Vyvinut na zakázku ministerstva obrany (DoD) USA
 - Pojmenován na počest Ady Augusty Byronové hraběnky Lovelace
 - Původně tuto ambici měl Algol 68
 - Prosazen jako jediný jazyk pro vývoj nových systémů (bezpečné programování)
- Univerzální jazyk pro všechny typy aplikací včetně řízení v reálném čase
 - Strukturovaný, staticky typovaný a objektově orientovaný jazyk
 - Zavedl nebo převzal některé neobvyklé moderní prvky (zpracování výjimek, generické funkce)
 - Podpora „bezpečného“ paralelismu a explicitní podpora souběžnosti
- Velmi dokonalý, ale málo rozšířený

Ada – příklad programu

```
restricted(MATH_LIB, TEXT_IO)
procedure QUADRATIC_EQUATION is
  use TEXT_IO;
  A, B, C, D: float;
begin
  GET(A); GET(B); GET(C);
  D:=B**2-4.0*A*C;
  if D<0.0 then
    PUT("COMPLEX ROOTS");
  else
    declare
      use MATH_LIB; -- tam je funkce SQRT
      begin
        PUT("REAL ROOTS: ");
        PUT(B-SQRT(D))/(2.0*A);
        PUT(B+SQRT(D))/(2.0*A);
        PUT(NEWLINE);
      end;
    end if;
end QUADRATIC_EQUATION;
```


Historie programovacích jazyků



Zdroj: <http://iwi.uni-hannover.de>

Další odkazy na historii programovacích jazyků

- http://oreilly.com/news/graphics/prog_lang_poster.pdf
- <http://www.scriptol.com/programming/history.php>
- <http://www.levenez.com/lang/>