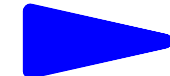
Software a zpracování dat ve fyzice částic I

... aneb úvod do světa Linuxu a vybraného software používaného ve fyzice vysokých energií pohledem mírně pokročilého uživatele.

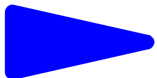
(poslední úprava: 10. března 2014)

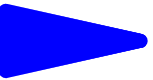
Neházejte rajčata po autorovi, fakt dělal co mohl.

Program (1)

- Přehled aplikací ve fyzice vysokých energií aneb s čím vším přijde člověk do styku
- Základy Linuxu
  - základní příkazy, shell, cykly, základní utility
  - jednoduché skripty; další utility (grep, sort, awk)
  - instalace Debian Linuxu (pro zájemce)
- Od Pascalu k C++: 
  - srovnání programovacích jazyků Pascal a C, ukazatele
  - použití debuggeru
  - pár slov o C++

Program (2)

- Zpracování dat (ROOT) 
  - základní datové struktury (grafy, histogramy, funkce)
  - fitování, jednoduchá makra, vlastní funkce
  - stromy, výběrová pravidla

- Sazba dokumentů v LaTeXu 
  - základní styly a prostředí
  - matematické vzorce, tabulky, obrázky
  - časté typografické prohřešky a některé finty

V dalším semestru navazuje druhá část o simulacích, sběru a zpracování dat
http://www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/~davidek/vyuka/comphep_2.pdf

Připojení k serveru (1)

- Pracujeme na serveru **ipnp21**, připojení pomocí **ssh** s možností posílat "další okna" (X11 forwarding):
  - z libovolného Unixu příkazem:

    ssh -X [username@]ipnp21.troja.mff.cuni.cz

  - z Windows je několik možností:
    - **PuTTy + X-Win32/Exceed v pasívním módu**
      - stažení libovolného ssh-klienta (např. PuTTy) nejlépe do domovského adresáře (v PUČ je to H:\). Konfigurace (verze 0.59):
        - Session: hostname: ipnp21.troja.mff.cuni.cz
        - Session: connection type: SSH
        - Connection → SSH → Preferred SSH Protocol version: 2
        - Connection → SSH → X11: Enable X11 forwarding
      - spuštění programu X-Win32/Exceed v pasivním módu (stačí např. spustit Start → All programs → X-Win32 8.0 → X-Win32)
      - při prvním otevíraném okně povolit přístup vždy
      - další okno: nové PuTTy nebo spustit ze stávajícího (xterm &, emacs &, ...)

Připojení k serveru (2)

- **X-Win32 v "aktivním" módu:**
  - nepotřebujeme PuTTy, zato musíme konfigurovat X-Win32 spuštěním X-Win32 8.0 → X-Config → Relace → Ručně:
    - způsob připojení: StarNetSSH
    - název relace: ipnp21
    - hostitel: ipnp21.troja.mff.cuni.cz
    - příkaz: xterm

    Nezadávejte přihlašovací jméno a heslo, konfigurace se totiž v PUČ ukládá na daném počítači !!!
  - po spuštění se pak otevře xterm, z něhož lze pouštět libovolné aplikace (xterm &, emacs &, …)
- **instalace Cygwin:**
  - pak ale musíme použít

    ssh -Y [username@]ipnp21.troja.mff.cuni.cz (trusted X11)

Kapitola 1: Stručný přehled software používaného ve fyzice částic

... aneb s čím vším se můžeme v životě setkat
a nemělo by nás to rozházet

Operační systémy

Upozornění: jde o částečně subjektivní pohled !!

- V podstatě 2 základní typy: Unix a Windows (Mac je v zásadě Unix)
  - Windows se používají spíš jako přátelské rozhraní (čtení mailů, multimédia, příprava prezentací...), někde i na sběr a analýzu dat (ATLAS SCT)
  - Unix (tj. Linux, SunOS, ...) se používá na serverech, které slouží jako mailservery, výpočetní farmy (MC simulace, analýza dat), často i sběr dat. Speciální konfigurace mohou sloužit i jako síťové prvky (gateway, router, DNS)
- Výhody a nevýhody: záleží na jedinci...., ale myslím že bez Unixu to nejde.

Programovací jazyky

- Fortran, C, C++
  - Fortran je starý, je pro něj napsána celá řada aplikací a užitečných knihoven. Je relativně jednoduchý (skoro jako Pascal), ale postrádá některé možnosti (rekurze, přímé ovládání hardware)
  - C je trochu složitější, ale jde tam všechno :-))).
  - C++ umožňuje moderní objektový přístup k řešení komplexních problémů. Tudy asi vede cesta do budoucna... ale je to dost složité.
- Dnešní stav: Fortran téměř mrtev, všude číhá C++

Generátory srážek částic

- Co dělají:
  - generují srážku částic (např. elektron-positron, proton-proton, ...), vznikne spousta částic (procesy QED, QCD a různé modely hadronizace).
  - Parametry vzniklých částic (kinematické proměnné, náboj, ...) včetně "rodokmenu" se zapíší do nějakého seznamu.
  - Seznam částic slouží nejčastěji jako vstup do programů, které simulují průchod částic detektorem.
- Existuje jich celá řada, nejznámější jsou Pythia a Herwig. Pro modelování některých speciálních procesů existují speciální generátory.....

Simulace průchodu částic detektorem (1)

- Co dělají:
  - jako vstup berou buď určitou částici (studium chování detektoru např. na testovacím svazku) nebo výstup z generátorů srážek částic (studium odezvy detektoru pro zvolené procesy)
  - vstupní částice jsou "prohnány detektorem", kde se simuluje průchod částic hmotným prostředím (ionizace, brzdné, přechodové a Čerenkovo záření, elektromagnetické a hadronové spršky, průchod magn. polem...)
  - výstupem je simulace odezvy v jednotlivých typech a částech detektoru.

Simulace průchodu částic detektorem (2)

- Dva základní přístupy:
  - plná simulace: simulují se jednotlivé procesy do detailů. Příklad: Geant3 (Fortran), Geant4 (C++)
  - rychlá simulace: odezvy v jednotlivých částech detektoru jsou parametrizovány podle známých/očekávaných vlastností (kalibrace, rozlišení), proto jsou šité na tělo danému experimentu. Příklad: ATLFAST pro ATLAS

Analýza dat (1)

- 2 nejrozšířenější aplikace:
  - Paw (Physics Analysis Workstation), založeno na Fortran/C.
    - vlastní makrojazyk COMIS, podobný Fortranu
    - podpora pro uživatelské funkce psané ve Fortranu či C
    - jednodušší syntaxe, jednodušší pro začátečníky (několik příkazů stačí)
  - ROOT - důsledně založený na C++:
    - makrojazyk je čisté C++, stejné zacházení v interaktivní i batch-verzi.
    - objektově-orientovaný, modulární, široké možnosti (např. řízení sběru a online zobrazení dat)
    - relativně nový, stále se vyvíjí
    - lze importovat datové objekty z Paw (histogramy, ntuply)

Analýza dat (2)

- Použitelnost:
  - obě aplikace (Paw, ROOT) fungují pod všemi OS
  - současný stav: Paw téměř mrtvé, všichni používají ROOT (a proto se budeme zabývat ROOTem)
  - existují/existovaly i další aplikace (např. JAS), ale moc se neprosadily......

Kapitola 2: Operační systém Linux

...aneb expertem (relativně ☺)
snadno a rychle

Základy Linuxu (1)

- Trocha historie:
  - operační systém Unix vyvíjen od roku 1969. Základní myšlenka – jádro oddělené od interpreteru příkazů. http://www.root.cz/clanky/historie-os-unix/
    - kvůli implementaci byl vyvinut programovací jazyk C
  - autorem Linuxu je Linus Torvalds, který napsal první jádro (1991)
- Vlastnosti Linuxu:
  - současně může běžet mnoho programů (multitasking)
  - na jednom stroji může pracovat současně více uživatelů
  - OS funguje na různých platformách a mnoha procesorech

Základy Linuxu (2)

- Základní příkazy:
  - některé stejné jako v DOS/Win:
    - cd – změna adresáře
    - pwd – zjištění současného adresáře
    - mkdir – vytvoření adresáře
    - echo – výpis parametru (řetězec, proměnná) na obrazovku
  - jiné se trochu liší:
    - ls – výpis souborů/podadresářů (**dir** v DOS)
    - rm – smazání souboru/adresáře (**del** v DOS)
    - cp – kopie souboru/adresáře (**copy** v DOS)
    - man – jednoduchý manuál k danému příkazu (**help** v DOS)

Pozor na rozdíl mezi malými/velkými písmeny !

Základy Linuxu (3)

- Použití 'wildcards':
  - stejné jako v jiných operačních systémech
  - příklady: ls *.ps; ls -rtl obr?.ps
- 'Hidden files': začínají tečkou, zobrazí se pouze při výpisu pomocí: ls -a
- Shell – interpret příkazů:
  - mnoho shellů (bash, zsh, ksh, csh, tcsh), liší se v detailech
  - (ne)interaktivní shell, login shell
  - startovací skripty (nastavení některých proměnných, aliasů, provedení některých úkonů)

Proměnné v shellu (1)

- nastavení proměnných obecně (bash, zsh):
  - export CISLO=195 ; export ADR=/home/davidek/bin
  - export PATH="$PATH:$HOME/bin"

    Platí pro danné "okno" a jeho dceřinné procesy. Bez příkazu export se nastavení dále nedědí.
  - další operace: echo $CISLO ; unset ADR
- významné proměnné nastavené shellem:
  - SHELL ..... login shell
  - PATH ..... prohledávaná cesta ke spustitelným souborům
  - HOME ..... domovský adresář
  - PWD ..... aktuální adresář
  - USER ..... jméno uživatele
  - PS1 ..... základní prompt

Proměnné v shellu (2)

- Některé proměnné se nastavují automaticky. Kde ?
  - bash (v uvedeném pořadí):
    - interaktivní login shell: /etc/profile, ~/.bash_profile, ~/.bash_login, ~/.profile
    - interaktivní non-login shell: /etc/bash.bashrc, ~/.bashrc
  - zsh (v uvedeném pořadí, pokud odpovídá typ shellu):
    - všechny typy: /etc/zsh/zshenv, ~/.zshenv
    - login shell: /etc/zsh/zprofile, ~/.zprofile
    - interaktivní shell: /etc/zsh/zshrc, ~/.zshrc
    - login shell: /etc/zsh/zlogin, ~/.zlogin
- Změna login-shellu: chsh
  - účinnost od dalšího nalogování
  - pozor na správnou cestu k shellu!! (viz též /etc/shells)

Aliasy

- Nastavení užitečných zkratek. Obvykle nastavujeme permanentně ve startovacích skriptech pro příslušný interaktivní shell:
  - alias ls='ls --color=auto -F -T 0'
  - alias la='ls -la'
  - alias rm='rm -i'

  - Někdy se mohou hodit tzv. globální aliasy (alias se expanduje uvnitř příkazu):

    alias -g lxplus='lxplus.cern.ch' # pouze zsh

Linux pro mírně pokročilé (1)

- Vstup a výstup: existují 3 základní zařízení:
  - standardní vstup (stdin; default: klávesnice)
  - standardní výstup (stdout; default: terminál na obrazovce)
  - standardní výstup chyb (stderr; default: terminál)

- Přesměrování vstupu a výstupu:
  - vstup ze souboru: muj_program < muj.vstup
  - výstup do souboru: ls -l /etc > etc.vypis
  - výstup stdout i stderr do souboru:

    muj_program > muj.vystup 2>&1

Linux pro mírně pokročilé (2)

- Linux pracuje se zařízením stejně jako se souborem:
  - výstup na zařízení: `ls -l /etc > /dev/null`
- Příkaz "pipe" (|): výstup z posledního příkazu je zpracován jako vstup příkazu následujícího:
  - `ls -l $HOME | less`
  - `cat muj.soubor | grep "Slovo" | less`

  Lze řetězit prakticky donekonečna.
- Symbolický link - místo kopie přímo odkaz na původní soubor/adresář:
  - `ln -s /etc/profile hlavni.profil`

Linux pro mírně pokročilé (3)

- Vlastnosti souborů/adresářů:
  - určují přístupová práva pro vlastníka, skupinu a ostatní

    drwxr-xr-x 3 davidek users 4096 Jan 21 14:37 atmel/

    -rw-r--r-- 1 davidek users 239190 Jan 22 12:51 nc21.select
  - mění se příkazem chmod:
    - chmod g+w,o-r nc21.select (případně: chmod 660 nc21.select)
    - chmod o-x atmel (případně: chmod 754 atmel)
    - chmod -R +X * (rekurzivně, dodá právo +x jen pro adresáře)
- Vlastník souborů/adresářů:
  - změna se provádí příkazem chown
    - chown pribyll:users nc21.select
    - chown -R pribyll:users atmel (rekurzivně, tj. včetně podadresářů)

  Měnit vlastníka může jen root, uživatel může měnit jen skupinu.

Linux pro mírně pokročilé (4)

- Kompresní utility:
  - gzip (*.gz), bzip2 (*.bz2), compress (*.Z)
  - opačný krok: gunzip, bunzip2, uncompress

- Archivace adresářů (případně s kompresí): tar
  - vytvoření archívu: tar -cvf /tmp/home.tar $HOME/*

    (tar -cvzf /tmp/home.tgz $HOME/*)
  - zjištění obsahu archívu: tar -tvf /tmp/home.tar
  - rozbalení archívu: cd / ; tar -xvf /tmp/home.tar

  Zachovávají se i symbolické linky !

Linux pro mírně pokročilé (5)

- Příkaz "cyklu" for-done - užitečný při práci se skupinami souborů:
  - for i in *.ps ; do echo $i ; done
  - for i in {11..25} ; do rm -f test${i}.ps ; done # pouze zsh
  - for i in `seq 11 25` ; do rm -f test${i}.ps ; done # bash

či seznamy:

- export SEZNAM=`cat muj_seznam.txt` ;

for i in $SEZNAM ; do cp $i /scratch/davidek/ ; done

Vytvoření seznamu je obecným modelem pro naplnění proměnné hodnotou (seznamem hodnot) získanou jako výstup nějakého příkazu. Pozor na "zpětné apostrofy".

Linux pro mírně pokročilé (6)

- Podmínečný příkaz: if-then-elif-else-fi
    - if [....] ; then echo "Is true"; else echo "Is false" ; fi
  - různé formy testované podmínky:
    - porovnání řetězců: if ["$PWD" = "/home/davidek/test"]
    - numerické relace: if [$CISLO -lt 10]
    - existence souborů: if [-f /etc/passwd] (podobně též adresářů či symbolických linků)
  - Co dělá následující příkaz ?

```
export first=$HOME/.startup;
if [ "$SHELL" = "/bin/bash" ]; then cp /etc/profile $first;
elif [ "$SHELL" = "/usr/bin/zsh" ]; then cp /etc/zprofile \
  $first; else echo "Non-standard shell !" ; fi
```

Linux pro mírně pokročilé (7)

- Co kde najdeme, aneb základní adresářová struktura:
  - **/** – celý svět
  - **/etc** – všechny konfigurace
    - **/etc/init.d** – startovací skripty, spouštějí se při bootu
  - **/home** – domovské adresáře
  - **/boot** – jádro, soubory potřebné k nabootování
  - **/var** – často měnící se obsah (např. logy)
  - **/usr** – obsah, který se moc nemění (např. programy a dokumentace)
    - **/usr/local** – lokální soubory pro daný stroj
  - **/tmp**, **/var/tmp** – dočasné soubory

Linux pro mírně pokročilé (8)

- Užitečné klávesové zkratky:
  - Ctrl-r (^r): zpětné hledání příkazu/výrazu (xterm, emacs, …)
  - Ctrl-s (^s): dopředné hledání příkazu/výrazu (xterm, emacs, …)
  - Ctrl-g (^g): konec (nejen hledacího) režimu
  - Ctrl-l (^l): obnovení (překreslení) obrazovky
  - Ctrl-q (^q): dojde-li k zablokování xterm … (některé shelly, resp nastavení, nemají rády Ctrl-s)

Linux pro mírně pokročilé (9)

- Editory v Linuxu – dvě základní kategorie:

  1. liga: vim, emacs
     - umí úplně všechno (zvýraznění syntaxe, podpora pro různé programovací jazyky, klávesová makra, sloupcové operace, …) ☺
     - mají varianty v textovém i grafickém režimu ☺
     - ne zcela intuitivní ovládání ☹ (složitější více-hmaty, v grafickém režimu lze ale většinu funkcí ovládat myší přes menu)
  2. liga: např. pico, mcedit, jed, …
     - (relativně) intuitivní ovládání, jednoduché i pro uživatele Windows ☺
     - nemají širokou podporu pro různé jazyky, pro některé však mají alespoň zvýrazněnou syntaxi (vyjma pico) ☹ Pouze v textovém režimu.
     - Nefunguje-li Fx, pomůže Esc-x (např. mcedit v Putty). Označeni bloku: Shift+myš

  Existuje celá řada dalších editorů (kate, gedit, nedit, ...), ale určitě se vyplatí naučit se jeden z dvojice prvoligových.

Pár praktických informací (1)

- Přenos dat mezi různými stroji:
  - Unix – Unix:
    - pomocí tzv. secure copy (**scp**)

      scp local_file username@remote_machine:path_from_home_dir

      scp username@remote_machine:path_from_home_dir local_file

      Existují i grafické aplikace (secpanel), stejnou službu umí ale i Midnight Commander
    - prostou kopií (**cp**), pokud stroje sdílejí disky např přes NFS, AFS
  - Windows – Unix:
    - pomocí WinScp, volně k dispozici na internetu
  - Unix – Windows:
    - přístup teoreticky možný přes sambu (smb), ovšem sdílení musí být povoleno na vzdáleném Windows-serveru

Pár praktických informací (2)

- Správa adresářů a souborů pomocí Midnight Commander (**mc**)
  - chová se stejně jako známý Norton Commander a jeho klony
  - umožňuje i přesuny souborů mezi různými stroji, např:
    - cd /#sh:davidek@ipnp10/home/davidek/public
    - cd /#ftp:ftp2.debian.cz/debian
- Kvóty: celková velikost souborů v $HOME je obvykle omezena
  - 2 typy: "soft" (jednorázově lze překročit na několik dní) × "hard"
    - po vypršení časového limitu po překročení soft kvóty se nelze nalogovat !
  - co dělat, jsem-li na limitu:
    - promazat Cache od různých programů (např. $HOME/.mozilla/*/*/Cache)
    - smazat nepotřebné soubory, např. nepoužívané zkompilované programy, od nichž mám zdrojové kódy
    - uplatit administrátora, aby zvýšil kvótu ☺

Jednoduché shell-skripty (1)

- Prakticky: jen posloupnost příkazů, lze volat s parametry:

```
#!/bin/bash
if [ -f  $1 ] ; then
   gzip $1
else
   echo "Soubor neexistuje."
   exit 1
fi
exit 0
```

- specialita: jméno shellu, který příkazy bude interpretovat
- $1 je první parametr, např. jméno souboru
- návratová hodnota v případě neúspěchu
- návratová hodnota v případě úspěchu

Jednoduché shell-skripty (2)

- Přístup k parametrům:
  - $0 ..... jméno volaného skriptu (tj. jméno souboru)
  - $1,$2 ..... první, druhý předaný parametr při volání
  - $* ..... všechny parametry ("$*"="$1 $2 $3...")
  - $@ ..... všechny parametry ("$@"="$1" "$2" "$3"...)
- Přístup k dalším užitečným informacím:
  - $# ..... počet předaných parametrů
  - $$ ..... číslo procesu, pod kterým se shell-skript spustil
  - $? ..... návratová hodnota předchozího příkazu (nula znamená bezchybné provedení)
- Příkaz shift: maže původní obsah parametru $1, ostatní o jeden dolů posune ($0 zůstává, $# se příslušně změní)

Jednoduché shell-skripty (3)

- S tím už se dají dělat slušná kouzla... viz příklady
- Úkol: napište shell-skript kopie, který zkopíruje zadaný soubor do zadaného adresáře:
  - volání: kopie soubor adresář
  - testuje existenci souboru i adresáře, v případě neexistence skončí a vrátí hodnotu 1
  - testuje úspěšnost kopírování a v případě neúspěchu vrátí hodnotu 2
  - pokud vše proběhne v pořádku, vrátí hodnotu 0

Další utility (1)

Následující utility zpracovávají vstup po celých řádcích:

- grep - vyhledávání určitého řetězce v souborech:
  - grep -i "hledany vyraz" muj_soubor.txt
  - grep -v "vyskyt" muj_soubor.txt
  - grep -il "195\.113" /etc/*
  - umí i tzv. regulární výrazy (viz literatura uvedená na konci kapitoly)
- sort – setřídění podle zadaného "sloupce" (oddělené mezerou). Numericky nebo po znacích:
  - sort -n -k 2 muj_soubor.txt
  - sort -r muj_soubor.txt

Další utility (2)

- Mocná zbraň awk: umožňuje sofistikované zpracování textu v závislosti na obsahu jednotlivých "polí" na řádce. Důsledně používá syntaxi C:
  - tisk prvního a třetího pole (sloupce):
    - awk '{print $1, $3}' muj_soubor.txt
    - awk '{printf("%d, %6.4f\n",$1,$3)}' muj_soubor.txt
  - výběr řádku s daným obsahem v určitém poli:

```
awk '{if  ($3 == "vyraz") {print $0}}' muj_soubor.txt
```

  - některé akce lze požadovat jen na začátku (tj. před zpracováním první řádky), resp. na konci: BEGIN, END. Např. sečtení prvků prvního sloupce:

```
awk 'BEGIN{s=0}; {s+=$1}; END{printf("Soucet %d\n",s)}' \
      muj_soubor.txt
```

  - řídící konstrukce můžeme zapsat i do souboru (awk -f ...)

O čem jsme se ještě nezmínili.....

- Na Unix-serverech lze spouštět i časově náročné úlohy, přičemž po spuštění se uživatel může odpojit a sledovat stav běhu programu při každém dalším zalogování
  - **nohup** (nechá program běžet i po odlogování uživatele)

    nohup muj_program > vystup 2>&1 &

    ingredience: spuštění na pozadí (&), přesměrování výstupu
  - **screen**:
    - běžné spuštění programu, nemusím ani přesměrovat výstup (výhoda "okamžitého zápisu" oproti přesměrování)
    - k dispozici na většině serverů včetně ipnp21
    - podrobnosti např. na http://www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/~davidek/linux1/
  - **fronty**:
    - systém umožňuje počítání úloh na volných procesorech, ostatní úlohy mezitím čekají ve frontách
    - k dispozici na velkých serverech, kde je velké množství uživatelů

Literatura pro další vzdělávání

- O Linuxu existuje mnoho zajímavých knih a materiálů na Webu. V češtině jsou k dispozici například:
  - M.G.Sobell: *Linux – praktický průvodce*
  - kolektiv autorů: *Linux – dokumentační projekt*
  - E.Siever: *Linux v kostce*
  - http://atrey.karlin.mff.cuni.cz/~johanka/vyuka/pohadky_unix.html

- Mnoho užitečných informací a rad najdete také na serverech http://www.linux.cz a http://www.root.cz/

Příklad na závěr

- Napište složený příkaz či shell-skript, který provede následující:
  - do pomocného adresáře rozbalí archiv ~davidek/prednasky/comphep/shell/big.tgz
  - sečte délku v blocích všech souborů a vypíše ji spolu s původní délkou archívu
  - v každém souboru typu *.dat spočítá aritmetický průměr z čísel uvedených v prvním sloupci a vypíše je (soubor, průměr)
  - uklidí po sobě, tj. smaže pomocný adresář i s jeho obsahem

Nápověda: lze použít např. příkazy mkdir, cd, tar, du -s, du -a, echo, grep, for-done, awk, rm

Teď jste již pokročilí uživatelé Linuxu !

Instalace Debian Linuxu

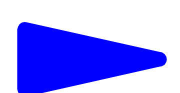
- Proč právě Debian? A proč ne :-))) (no dobře, protože já ho používám). Nicméně rozdíly mezi jednotlivými distribucemi spočívají v detailech....
- Jednoduchá konfigurace: stroj trvale připojen k síti, žádná speciální zařízení (tiskárna, CDW, zip-drive, modem, ...)
- Instalace rozumného minima software, kompilace vlastního jádra (stihneme-li)
- Dokumentace: existuje celá řada HOWTOs, např.:
  - http://www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/~davidek/linux1/
  - http://www.togaware.com/linux/survivor/
- Obecně platí: **If all has failed, read the instruction !**

Kapitola 3: Pár slov o C/C++

Stručné srovnání Pascalu a C, ukazatele. Triviální program v C, použití debuggeru.

Základní principy v C++, jednoduchý příklad

Několik poznámek o Fortranu a srovnání s C pro zájemce v příloze.



Pascal vs. C (1)

- Pascal i C jsou standardní programovací jazyky, oba mají své objektově-orientované "pokračovatele" (Delphi, C++)
- Některé vlastnosti jsou stejné či velmi podobné:
  - základní struktura: hierarchické uspořádání (hlavní program, doprovázen dalšími procedurami a/nebo funkcemi)
  - základní datové typy stejné (liší se jen v označení), existují globální i lokální proměnné
  - přiřazení hodnot, podmínky a typy cyklů prakticky stejné, mírně se liší v syntaxi
  - možnost rekurze
  - vstupní a výstupní operace (otevření/zavření souboru, čtení/zápis do souboru či na standardní vstup/výstup) podobné, liší se jen v syntaxi. C má širší možnosti.

Pascal vs. C (2)

- volný formát zdrojového textu (lze více příkazů na řádek, každý příkaz končí středníkem)
- složené příkazy se uzavírají do skupin
  - Pascal: begin … end;
  - C: { … }

- Samozřejmě existují rozdíly (neúplný výčet):
  - Pascal nerozlišuje malá/velká písmena, C ano !!
  - index polí: v Pascalu běží (obvykle) od 1, v C od nuly !!
  - předávání proměnných do procedur/funkcí:
    - Pascal: hodnotou (i: integer) i odkazem (var i: integer)
    - C: pouze hodnotou (int i), předávání odkazem se dělá přes ukazatele (pointery)
  - časté použití ukazatelů v C, aritmetika ukazatelů (C)

Pascal vs. C (3)

Základní struktura programu

- Hlavní program je definován na začátku souboru

  program tilerow(input,output)

- Procedury a funkce jsou definovány níže

- Hlavní program je vždy funkce main, vrací celé číslo

  int main()

- Definice ostatních funkcí – 2 možnosti:
  - před hlavním programem
  - za hlavním programem:
    - musím ale definovat na začátku funkční prototypy, aby překladač mohl provést kontrolu typů

Pascal vs. C (4)

```
program tilerow(input,output);
var .... ; {def globálních proměnných}
begin
....     {vlastní programový kód}
end.

procedure segment(i: integer);
var ...; {def lokálních proměnných}
begin
…        {vlastní programový kód}
end;
```

```
#include <stdio.h>  //hlavičkový soubor
....          // def globálních proměnných,
              // je-li opravdu potřeba
void segment(int i); // def úplného
                     // funkčního prototypu
int main() {
…   // def lokálních proměnných + kód
return 0; // návratová hodnota
}

void segment(int i) {
… // def lokálních proměnných + kód
}
```

Pascal vs. C (5)

- Typy základních proměnných:

```
var i: integer; a: real;                int i; float a; double b;
```

- Podmínka, přiřazení hodnoty:

```
if  i =1  then                          if (i == 1) {        Pozor, 2x "=" !!
begin                                      printf("%d\n",i);
   writeln(i); i:=i+2;                     i=i+2;            Zde není znak ":" !!
end;                                    }
```

- Některé C-operátory v Pascalu nejsou:

```
i:=i+5;                                 i+=5;
```

Podobně existují v C i další operátory: `-=` `*=` `/=` `%=`

```
i:=i+1;                                 i++;      // post-inkrement
i:=i+1; j:=i;                           j=++i ;   // pre-inkrement
```

Podobně existuje v C i post/pre-dekrement: `i--;` `--i;`

Pascal vs. C (6)

- Definice pole, naplnění, for-cyklus:

```
var pole: array[1..10] of real;
for i:=1 to 10 do
    pole[i]:=sqrt(a+1);
```

```
float pole[10];
for(i=0; i<10; ++i)
    pole[i]=sqrt(a+1);
```

První prvek má index nula !!

Pozor na přetečení indexu pole !!

- Vícerozměrná pole:

```
var pole2d: array[1..10] of
   array[1..5] of real;
pole2d[i,j]:= 5.5;
```

```
float pole2d[10][5];
pole2d[i][j]=5.5;
pole2d[i,j] = 3;
```

Častá chyba, čárka je operátor a znamená něco jiného !!

Pascal vs. C (7)

- I/O operace:
  - společné definice:

```
var f: text;                       #include <stdio.h>
var i:integer; x:real;             FILE *f;
                                   int i; float x;
```

  - čtení ze souboru:

```
assign(f,'jmeno.dat'); reset(f);   f=fopen("jmeno.dat","r");
read(f,i,x);                       fscanf(f,"%d %f",&i,&x);
close(f);                          fclose(f);
```

referenční operátor ("volání odkazem" přes ukazatele)

  - zápis do souboru:

```
rewrite(f);                        f=fopen("jmeno.dat","w");
writeln(f,i:3,x:6:1);              fprintf(f,"%3d %6.1f\n",i,x);
close(f);                          fclose(f);
```

Ukazatele v C (1)

- Ukazatel obsahuje adresu paměti, kde je uložena hodnota dané proměnné. Jednoduchý příklad:

```
float *p;   // ukazatel na typ float, zatím nikam neukazuje
float r=3;  // reálná proměnná, inicializovaná na hodnotu 3
*p=5;       // NELZE, neboť p zatím nikam neukazuje
p=&r;       // p ukazuje na proměnnou r (obsahuje její adresu)
printf("%6.2f %6.2f\n",r,*p);
*p=6;       // nyní již mohu přiřadit
printf("%6.2f %6.2f\n",r,*p);
```


  – co dostanu na výstupu ?

```
3.00   3.00

6.00   6.00
```

Ukazatele v C (2)

- Díky ukazatelům lze tedy efektivně zařídit "volání odkazem" i v C. Příklad:

```
float r1=3, r2=5.5;
prehod(&r1,&r2);   // předávám hodnotou adresy r1,r2
printf("Obsah r1 = %6.2f, r2 = %6.2f\n",r1,r2);

void prehod(float *p1, float *p2) {
    float a;
    a=*p1; *p1=*p2; *p2=a;
}
```


  - na stejném principu fungují např. funkce scanf(), fscanf(), …
- Pokud bych potřeboval předat vlastní ukazatel odkazem, musím použít konstrukci ukazatel na ukazatel na daný typ (float **p)

Ukazatele v C (3)

- Ukazatele a pole:
  - jméno pole je současně ukazatel na jeho první prvek (p≡&p[0])
  - ukazatelová aritmetika:
    - uvažme double *pt; double p[10]
    - nechť pt=p; potom *(pt+5) je evivalentní výrazu p[5]. Vtip je v tom, že prvky pole jsou v paměti uloženy za sebou

```
double p[10];
napln_pole(p);
....
void napln_pole(double *pt) {
  *pt=5.1; // ekvivalentní pt[0]=5.1
  *(pt+3)=7; // ekvivalentní pt[3]=7
}
```

Pozor na přetečení rozsahu pole, došlo by k nekontrolovanému chování programu !!
Překladač to nehlídá !!

Příklad v C

- Napište program prumery.c, který:
  - v hlavním programu založí dvě pole x[20],y[20]
  - naplní tato pole čísly ze souboru ~davidek/prednasky/comphep/cpp/xy.dat. Čtení proveďte v proceduře void cti(float *x, float *y, int *n), která vrací mj. i počet údajů n ve zmíněném souboru (n<=20)
  - spočítá aritmetický průměr z hodnot v každém poli x,y. Průměry počítejte ve funkci float prumer(float *x, int n), která vrací právě výsledný aritmetický průměr.
  - vytiskne výsledné průměry pro pole x a y
- Překlad programu:
  - pomocí skriptu ~davidek/bin/cecko prumery.c
  - vytvoří se program prumery

Debugger (1)

- Debugger je nástroj na ladění programů. Pod Linuxem je k dispozici debugger gdb s grafickou nadstavbou ddd:
  - trasování běhu programu zdrojovým kódem
  - zobrazení obsahu proměnných v každé fázi programu
  - nastavení **break-pointů** (pozastavení na určité řádce) a **watch-pointů** (pozastavení běhu programu, změní-li se obsah udané proměnné)
  - jak začít ? Jednoduše: ddd muj_program
- Spuštění uvnitř debuggeru:
  - nastavení break-pointu na začátek (první příkaz programu)
    - C kód: break main
    - Fortran kód: break MAIN__
  - start laděného programu: run

Debugger (2)

- Trasování běhu programu:
  - krok o 1 příkaz: step (krok s ponořením do podprogramů), next (krok bez ponoření do nižší úrovně)
  - více kroků: c (continue – až do dalšího break-pointu či watch-pointu), také možnost pokračování až do určitého řádku (výběr v menu)
- Zobrazení proměnných (včetně polí): print promenna nebo umístěním kurzoru myši na jméno proměnné
  - problém s proměnnými z common-bloku (Fortran), řešení viz http://www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/~davidek/linux1/
- **Zkusme:** ladění programu **prumery**, zastavení běhu po dokončení čtení ze vstupního souboru.

Objekty a C++ (1)

- Principy objektově-orientovaného programování:
  - základními prvky jsou objekty:
    - odpovídají "reálným" objektům světa naší aplikace (např. konto, sklad, vozidlo)
    - obsahují vlastní data a interface (tzv. metody, tj. procedury a funkce) na zacházení s nimi. Vlastní datové prvky obvykle nejsou přímo přístupné (zapouzdření)
  - objekty spolu vzájemně spolupracují, tj. volají své služby jiných objektů
  - možnost konstrukce odvozených objektů (dědičnost)

neptej se nejdříve co má program udělat, ale s čím to má udělat

Objekty a C++ (2)

- Objekty obsahují vždy – kromě datových prvků a metod přístupu k nim – dvě speciální metody:
  - konstruktor
    - vytváří instanci daného objektu, inicializuje proměnné
    - má stejné jméno jako objekt (void Object(....))
    - může jich být více, liší se počtem či typem parametrů (přetížené funkce)
    - volá se automaticky při vytvoření instance objektu (new Object)
  - destruktor:
    - "uklízí po sobě", např. uvolňuje paměť dynamicky přidělenou datovým prvkům dané instaci objektu
    - stejné jméno jako objekt, ale s vlnkou (void ~Object())
    - právě jeden, bez parametrů
    - volá se automaticky při destrukci instance objektu (delete Object)

Jednoduchý příklad v C++ (1)

- Napišme program, který umožňuje základní aritmetické operace s komplexními čísly:
  - objekt Complex:
    - data: obsahují vlastní reálnou a imaginární část
    - metody:
      - nastavení reálné a imaginární části
      - zjištění reálné a imaginární části, absolutní hodnota, …
      - definice operátorů (např. přiřazení, součet, ...), což zjednodušuje zápis programu

Jednoduchý příklad v C++ (2)

```
class Complex {
private:
  double repart, impart;
public:
  Complex();
  Complex(const double a, const double b);
  ~Complex();
  void Set(const double a, const double b=0);
  double GetRe() const;
  double GetIm() const;
  double GetAbs() const;
  Complex& operator=(const Complex &c);
  Complex operator+(const Complex &c);
};
```

- definice třídy Complex
  - datové prvky, přístupné jen pomocí metod tohoto objektu
  - veřejná část: metody
    - 2 přetížené konstruktory, volá se jeden či druhý podle počtu a typu parametrů
    - destruktor
    - ostatní metody na zacházení s datovými prvky
    - definice operátorů pro snadnější zápis standardních operací (pro pokročilé)

Jednoduchý příklad v C++ (3)

```
Complex::Complex() {
  Set(0,0);
}

Complex::Complex(const double a, const
    double b) {
    Set(a,b);
}
Complex::~Complex() {}
```

- implementace konstruktorů:
  - inicializace proměnných, případně vytvoření dynamických proměnných
  - nastavení Re a Im části
- destruktor:
  - zde je prázdný, není co dělat
  - typická akce: uvolnění dynamické paměti alokované v konstruktoru

Jednoduchý příklad v C++ (4)

```
int main() {

  Complex *a = new Complex(1,5);
  Complex *b = new Complex(3,2);

  Complex c;
  c = *a + *b;
  std::cout << "Abs(c) = " <<
    c.GetAbs() << std::endl;
  delete a; delete b;
  return 0;
}
```

- příklad použití v hlavním programu
  - založení dynamických objektů typu Complex a naplnění
    - new volá konstruktor dané třídy, vrací ukazatel na nově vytvořenou instanci
    - objekty jsou v dynamické části paměti
  - statický objekt typu Complex:
    - založení, ale neplní se žádné hodnoty
    - přiřazení součtu výše uvedených objektů, využití přetíženého operátoru
    - tisk absolutní hodnoty
    - uvolnění dynamické paměti
  - návratová hodnota hlavního programu

Kompletní příklad včetně implementace všech zmíněných funkcí a operátorů viz ~davidek/prednasky/comphep/cpp/complex.C

Další výdobytky C++

- C++ implementuje standardní volání odkazem tak jak ho známe z Pascalu:

```
prehod(x,y);
....
void prehod(float& a, float& b) {
  float x = a; a = b; b = x;
}
```

- Proměnné lze definovat i "uprostřed funkcí" či bloků, platnost takové proměnné je ale omezena na daný blok

```
for(int i=0; i<10; ++i) {
  if (i < 5) { pole[i] = 2*i+1; } else { ... }
}
// zde již není proměnná i definována
```

Literatura (1)

- Dostupné v češtině:
  - P.Herout: *Učebnice jazyka C*, Kopp 2005 (ISBN 80-7232-220-6)
    - výklad programovacích postupů, časté srovnání s Pascalem, řešené příklady
    - 2 díly, 1.díl je určitě důležitější
  - J.Liberty: *Naučte se C++ za 21 dní*, Computer Press 2002 (ISBN 80-7226-774-4)
  - S.Racek, M.Kvoch: *Třídy a objekty v C++*, Kopp 1995 (ISBN 80-7232-017-3)

Literatura (2)

- Dostupné na síti:
  - J.Soulie: *C++ language tutorial*, http://www.cplusplus.com/doc/tutorial/
  - B.Eckel: *Thinking in C++*
    - HTML verze: http://jamesthornton.com/eckel/
    - PDF verze: http://www.planetpdf.com/developer/article.asp?ContentID=6634

Kapitola 4: Zpracování dat

- ~~základy **Paw** aneb nebojte se staré pracky~~
  - ~~poměrně jednoduchý, ale starší program~~
  - ~~založený na Fortranu, má interface do C~~

- základy **ROOTu:**

  - moderní objektově-orientovaný nástroj na analýzu dat
  - založen na C++, syntaxe a makra důsledně C++
  - oproti Paw složitější, ale jde v něm udělat (skoro) všechno

Úvod do ROOTu (1)

- Mocný nástroj nejen na analýzu dat, založený na C++, objektově orientovaný
- Vlastní interpret příkazů CINT (čisté C++), uživatelská makra a funkce také v C++
- Základní datové struktury:
  - grafy, funkce, histrogramy
  - ntuply, "zobecněné ntuply" (tree)
- Dokumentace:
  - manuály, příklady, FAQ i zdrojové kódy najdeme na adrese http://root.cern.ch
  - známe-li trochu Paw, pomůže nám "konverzní tabulka příkazů" http://couet.home.cern.ch/couet/root/ht05.html

Úvod do ROOTu (2)

- **Pozor:** většina funkcí má více variant použití (různý počet parametrů různých typů), jde o tzv. **přetížené funkce** (C++)
- Základní informace:
  - spuštění: root (root -l vynechá zobrazení úvodního loga)
  - příkazy lze psát buď přímo do příkazové řádky, nebo do tzv. makra. Příklad test1.C:

```
void test1() {
    .....
}
```

  - spuštění maker uvnitř ROOTu: .x test1.C
  - konverze existujících dat z Paw do formátu ROOT (spec. program, spouští se přímo v shellu):

    h2root file.hbook [file.root]

Grafy

- Grafy se používají k zobrazení množiny dvojic [x,y] (případně s chybami [ex,ey]), těmito body lze prokládat různé křivky (tzv. fity)
  - načtení hodnot do obyčejných jednorozměrných polí x,y,ex,ey
  - vytvoření a nakreslení grafu:

```
TGraphErrors *gr = new TGraphErrors(nfit,x,y,ex,ey) //nfit=počet bodů
gr->Draw("AP") //A=nakreslí osy, P=polymarker pro každý bod
```

  - vlastní fit:
    - k dispozici je sada předdefinovaných funkcí (exponenciela, Gauss, polynom N-tého stupně), např.:

```
gr->Fit("expo") ; gr->Fit("gaus"); gr->Fit("pol2")
```

    - fitovat lze i vlastní funkcí, v omezeném rozsahu atd. Více o fitech viz strana 71

Funkce

- Funkce slouží k zobrazení určité závistlosti a také k fitování (proložení určité parametrické funkce body grafu nebo spektrem histogramu)
- Mohou být 1-dim (TF1) nebo 2-dimenzionální (TF2)
- Příklady použití:
  - `TF1 *fun=new TF1("fun","sin(x)/x",-1,1) // definice funkce`
  - `fun->Draw()                             // zobrazení funkce`
  - fitování viz strana 71

Histogramy (1)

- Histogram je jednoduchý datový útvar, zobrazující např. tvar nějakého spektra. Typy histogramů:
  - 1-dim (TH1F, TH1D), 2-dimenzionální (TH2F, TH2D)
  - profilové (TProfile): pro všechny případy patřící k dané hodnotě na ose X (tj. do daného binu) spočítá na ose Y průměr příslušných hodnot a jejich rozptyl (RMS)
- Základní úkony:
  - `TH1F *his=new TH1F("his","Muj histogram",100,0,1)` // založení histogramu, 100 binů na ose X v rozsahu 0-1
  - `his->Fill(0.75)` // vložení jedné hodnoty
  - `his->Draw()` // zobrazení histogramu
  - `his->Fit("pol1")` // fit polynomem 1.stupně (pol1)

Histogramy (2)

- Input/Output operace (týká se obecně všech objektů v ROOTu, nejen histogramů):
  - načtení histogramu ze souboru:
    - TFile *f=new TFile("data.root","OLD") // otevření, read-only mod
    - f->cd() // změna adresáře – nyní v hlavním stromu souboru
    - f->ls() // výpis objektů v daném adresáři souboru
    - hist->Draw() // zobrazení histogramu "hist"
  - uložení histogramu do souboru:
    - TFile *f=new TFile("data.root","NEW") // otevření nového souboru
    - hist->Write() // zapsání histogramu "hist" do otevřeného souboru
    - f->Close() // zavření souboru
  - poznámka: je-li otevřeno více souborů současně, musíme specifikovat odkud/kam objekt čteme/zapisujeme. Viz manuál.

Více o fitech (1)

- Graf/histogram můžeme fitovat:
  - předdefinovanými funkcemi (exponenciela, Gauss, polynom), např. his->Fit("gaus")
  - vlastními jednoduchými funkcemi:

```
TF1 *f1 =new TF1("f1","[0]+x*[1]")   //definice funkce pro fit se dvěma parametry [0] a [1]
f1->SetParameters(-2,1) // nastavení počátečních parametrů [0]=-2 a [1]=1
his->Fit("f1")               // vlastní fit funkcí f1
```

Pozor – alternativa nastavení parametrů:

```
f1->SetParameter(0,-2) // nastavení počáteční hodnoty parametru [0]=-2
f1->SetParameter(1,1) // nastavení počáteční hodnoty parametru [1]=1
```

Více o fitech (2)

– fit obecně složitými funkcemi:

```
Double_t myfit(Double_t *v, Double_t *par) { // definice funkce
  if (v[0] < par[0]) {
     return(0);
  } else {
    return(par[1]*sqrt(v[0]*v[0] – par[0]*par[0]));
  }
}
TF1 *fit=new TF1("fit",myfit,-5,5,2); // 2= počet parametrů
fit->SetParameters(10,2);          // nastavení počátečních parametrů
hist->Fit("fit");                  // vlastní fit funkcí myfit
```

Poznámka: funkce "myfit" může mít libovolný počet proměnných (v[0],v[1],....) i parametrů (par[0],par[1],...)

Více o fitech (3)

- Fit histogramu s omezením (odkud,kam)
  - předdefinovaná funkce: `his->Fit("gaus","R","",0.5,1.5)`
  - vlastní jednoduchá funkce:

```
TF1 *fitf=new TF1("fitf","[0]+[1]/x",0.5,1.5)
fitf->SetParameters(-2,1) // počáteční parametry
his->Fit("fitf","R")        // fit v uvedeném rozsahu
his->Fit("fitf","R","",-1,5)  // fit v jiném rozsahu
```

  - pro obecně složité funkce se to dělá zcela analogicky
- Dále lze omezit rozsah hodnot pro jednotlivé parametry či hodnoty parametrů přímo zafixovat – podrobnosti viz manuál.

Více o fitech (4)

- Získání parametrů fitu:
  - předdefinované funkce:

```
TF1 *gfit = his->GetFunction("gaus");
Double_t gsig=gfit->GetParameter(2);
```

  - vlastní funkce (jednoduchá i obecně složitá): funkce je již zavedená, proto stačí prosté

```
Double_t slope=fitf->GetParameter(1);
```

Další údaje viz např. http://root.cern.ch/root/HowtoFit.html

Statistika a výsledky fitů

- Oba druhy informací lze zobrazit spolu s daným histogramem či grafem (TGraph,TGraphErrors):
  - statistické informace o histogramu (počet případů, střední hodnota, RMS, ...):
    - zapnutí/vypnutí: gStyle->SetOptStat(1/0)
    - nastavení zobrazených položek: gStyle->SetOptStat(1100111)
  - výsledky fitu:
    - zapnutí/vypnutí: gStyle->SetOptFit(1/0)
    - nastavení zobrazených položek: gStyle->SetOptFit(101)
- Statistický "box" lze na grafu libovolně umístit pomocí myši
- Zmíněná nastavení jsou globální, tj. platí pro všechny histogramy a grafy. Lze udělat i jednotlivě (viz manuál)

Konečně pár příkladů (1)

- **Příklad 1:** fitování vektorů (Paw / ROOT):
  - načtěte vektory x,y ze souboru ~davidek/prednasky/comphep/paw/p2fit.dat
  - body [x,y] proložte polynom 2.stupně. Předpokládejte, že všechny body y[i] jsou zatíženy chybou 0.8
  - výsledek fitu uložte do vektoru par a vypište ho do souboru out.dat
- **Příklad 2:** fit histogramu uživatelskou funkcí (Paw / ROOT):
  - načtěte histogram č.10 ze souboru ~davidek/prednasky/comphep/FortranC/histc.hbook
  - histogram nafitujte lineární závislostí typu a+b*x, kterou si ale z cvičných důvodů napište jako uživatelskou funkci (se dvěma parametry). Funkce buď ve Fortranu/C nebo v C++.

Konečně pár příkladů (2)

- **Příklad 3:** vytvoření vlastního histogramu, naplnění hodnotami a fit teoretickou závislostí (Paw / ROOT):
  - pomocí uživatelské funkce
    - Paw: soucet.f (Fortran), případně soucet.c (C)
    - ROOT: soucet.C (C++)
  - založte histogram v rozsahu (0; 2) a naplňte ho 10000 případy součtů dvou nezávislých náhodných čísel rovnoměrně rozdělených na intervalu (0; 1)
  - matematicky odvoďte tvar spektra a nafitujte ho uživatelskou funkcí (se dvěma parametry: střed rozdělení a výška píku)
  - histogram uložte do souboru soucet.hbook / soucet.root

Ntuply (1)

- Jedná se o "multi-dimenzionální tabulky". Lze zkoumat závislost jakékoli proměnné na libovolné kombinaci ostatních proměnných – to je pravá analýza dat !!
- ROOT-Ntuply odpovídají RWN v Paw (tj. velká tabulka, kde sloupce jsou proměnné a řádky jednotlivé případy), zatímco Trees jsou obecné struktury obsahující libovolné objekty.
- Základní operace s ntuply:
  - založení: `TNtuple *nt = new TNtuple("nt","pulse","time:samp")`
  - naplnění jedné řádky: `nt->Fill(time,samp)`
  - načtení: `nt->ReadFile("soubor.dat")  //soubor o 2 sloupcích čísel, funguje od verze 4.0`
  - výpis vlastností: `nt->Print()`

Ntuply (2)

- Zobrazování proměnných:
  - celé spektrum jedné proměnné: nt->Draw("time")
  - spektrum s výběrem: nt->Draw("samp","time>10")
  - závislost 2 proměnných: nt->Draw("samp:time")
  - profil 2 proměnných: nt->Draw("samp:time"," ","prof")

- I/O operace (čtení ntuplu ze souboru a uložení ntuplu do souboru na disk) – stejně jako u histogramů (viz strana 70)
  - příklad zápisu:

```
TFile *f=new TFile("ntuple.root","NEW");
nt->Write();
f->Close();
```

Ntuply (3)

- Složitější operace: projekce do připraveného histogramu
  - jedna proměnná:

```
TH1F *h=new TH1F("h","my time",100,0,100);
nt->Draw("time >> +h");   // + znamená přidat !!
```

  - profil 2 proměnných:

```
TProfile *hp=new TProfile("hp","profil",100,0,10);
nt->Draw("samp:time >> +hp");
```

- Tímto způsobem zobrazíme požadovanou závislost do histogramu o zadaných mezích, binningu atd. a můžeme výsledek dále zkoumat (fity různými závislostmi, ...)

Stručně o cutech

- Výběry (cuty) se v ROOTu dělají pomocí stringu:
  - a la C: `char cut[60] = "(time > 10) && (samp > 0)";`

    Potřebujeme-li vytvořit cut pomocí čísla uloženého v nějaké proměnné, použijeme `sprintf(...)`
  - a la ROOT: `TString cut = "(time > 10) && (samp >0)";`

    Případná čísla dodáme pomocí přetíženého operátoru +.
- Můžeme využít třídy TCut, kdy mohu využít navíc i další operace:

```
TCut c1 = "(time > 10)";
TCut c2 = "(samp > 0)";
TCut cut = c1 && c2;
```

- Použití cutu: `nt->Draw("samp:time",cut);`

Příklad (Paw / ROOT)

- Načtěte ntuple obsahující veličiny x,y,z ze souboru ~davidek/prednasky/comphep/paw/xyz.dat
- Podívejte se, jak závisí jednotlivé proměnné na sobě. Jde o rovnoměrná rozdělení ?
- Speciálně prozkoumejte závislost sqrt(x*x+y*y) na ostatních proměnných.
- Vyberte závislost s nejvyšší korelací a vyprojektujte ji do profilového histogramu. Některé případy očividně závislost nesplňují – vyřežte je.
- Výsledek nafitujte vhodnou funkcí a odhadněte, jak asi byla data vytvořena.
- Vytvořený ntuple uložte na disk. Porovnejte délky obou souborů.

Ntuply a funkce (1)

- Občas potřebujeme pro každý případ v ntuplu udělat nějakou operaci (určit aritmetický průměr z hodnot pole, vybrat maximální hodnotu z několika proměnných, ...), kterou nelze jednoduše zapsat do příkazu v ROOTu => použití C++ funkce
  - Kreslení a složitější cuty: v tomto případě není potřeba vytvářet žádný speciální skelet, stačí

```
Double_t myfunc(Double_t a, Double_t b) {
  if (b>0) return(a) ; else return(-a);
}
nt->Draw("myfunc(samp,time)");
```

  - Provedení nějaké akce pro každý případ (řádku):
    - zde již musíme vytvořit skelet pomocí

```
nt->MakeClass("myclass") // vytvoří myclass.C, myclass.h
```

Ntuply a funkce (2)

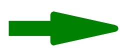
- Dále vytvoříme cyklus přes všechny případy:

```
gROOT->LoadMacro("myclass.C"); //ekvivalent .L myclass.C
myclass *trida = new myclass(nt);
for (Int_t i=0; i< nt->GetEntries(); ++i) {
   nt->GetEntry(i);
  w=trida->x*trida->x+trida->y*trida->y+trida->z*trida->z;
  hist->Fill(trida->x+trida->y,1/sqrt(w));
}
```

- Do takto vytvořených funkcí lze dopsat libovolný kód. Funkce může mít i parametry (musíme je ručně dopsat do hlavičky). Příklady použití:
  - sčítání energie z určitých kanálů
  - použití složitých cutů, plnění histogramu s určitou vahou

Ntuply a funkce (3)

- **Příklad:** využijte skutečnou C++ funkci (tj. opravdu definovanou jako samostatnou funkci) při zobrazování závislosti sqrt(x*x+y*y) v předchozím příkladě (viz strana 82).



Trees (1)

- Obecnější ntuply, které mohou obsahovat jakékoli objekty:
  - proměnné jakéhokoli typu (int, float, double)
  - pole, případně i pole proměnné délky pro každý event
  - další objekty (třeba i další Tree, …)
- Zacházení s Tree je stejné jako s ntuply (metody Draw, MakeClass, použití cutů, ...), prakticky se liší jen inicializace – dvě možnosti:
  - založení větve (TBranch) obsahující strukturu, která pak obsahuje jednotlivé proměnné
  - založení větve pro každou proměnnou zvlášť (častější případ, nemusím číst všechny proměnné v Tree)

Trees (2)

- Založení jednoduchého Tree (statický TTree, lze i dynamicky)

```
TTree t1("t1","a simple Tree with simple variables");
Float_t p[3]; Double_t random; Int_t ev;
t1.Branch("random",&random,"random/D");
t1.Branch("ev",&ev,"ev/I");
t1.Branch("p",p,"p[3]/F");
```

zde není referenční operátor, p je totiž ukazatel na pole p

- Plnění – typicky ve smyčce:
  - nastavení jednotlivých proměnných (p[0]-p[2], random, ev)
  - zavolání metody t1.Fill()
- Zápis na disk:
  - otevření souboru: TFile f("tree1.root","RECREATE");
  - zápis na disk a zavření souboru: t1.Write();

Trees (3)

- Čtení Tree (dynamický TTree, lze samozřejmě i staticky):
  - otevření souboru, inicializace

```
TFile *f = new TFile("tree1.root");
TTree *t1 = (TTree*)f->Get("t1");
Float_t p[3]; Double_t random; Int_t ev;
t1->SetBranchAddress("random",&random);
t1->SetBranchAddress("ev",&ev);
t1->SetBranchAddress("p",p);
```

} Přiřazení adresy proměnné danému jménu větve

  - vlastní čtení:

```
for(Int_t i=0; i<t1->GetEntries(); ++i) {
  t1->GetEntry(i);   ....
}
```

celý příklad viz ~davidek/prednasky/comphep/root/tree.C

Trees (4)

- Poznámky k předchozímu příkladu:
  - nemusíme číst/mapovat všechny větve, SetBranchAddress() voláme jen pro ty, s nimiž chceme pracovat
  - na rozdíl od Ntuplů jsme nepoužili MakeClass(), který by vytvořil správný skelet. My jsme si skelet vytvořili sami inicializací jednotlivých větví (SetBranchAddress())
    - skelet vytvořený MakeClass() inicializuje všechny větve
    - pokud máme větví hodně a chceme použít jen některé, vyplatí se nepotřebné větve inaktivovat pomocí SetBranchStatus() - viz ROOT manuál

Trees (5)

- Pole proměnné délky:
  - příklad použití: v jednotlivých případech ("řádcích") máme různý počet částic, jejichž vlastnosti chceme do pole v Tree uložit
  - Tree musí obsahovat proměnnou, která udává délku pole v každé "řádce"

```
TTree t2("t2","tree with variable array length");
Int_t length; Float_t p[1000];
t2.Branch("length",&length,"length/I");
t2.Branch("array",p,"p[length]/F");
```

  - v poli p se do Tree na dané řádce ukládá jen prvních length hodnot
  - vícerozměrná pole: proměnná délka pouze v jednom (posledním) indexu
- Další příklady najdete také v /usr/share/doc/root/tutorials/tree/

Trees (6)

- Pole proměnné délky se dnes obvykle řeší přes **std::vector**
  - plnění vektoru metodou push_back(...), přístup k položce metodou at(index)
  - Tree nemusí obsahovat skutečnou délku vektoru na dané řádce, zjišťuje se pomocí metody size()
  - zápis a čtení se formálně liší (objekt vs. ukazatel na objekt)
  - viz též příklad /usr/share/doc/root-system/tutorials/tree/hvector.C

```
#include <vector>
std::vector<float> vpx;
TTree *t3 = new TTree("t3","vectors");
t3->Branch("vpx",&vpx);
for(Int_t i=0; i<NEVENTS; ++i) {
     vpx.clear();
     for(Int_t j=0; j<.... ; ++j) {
          vpx.push_back(...);
     }
     t3->Fill();
}
```

```
#include <vector>
std::vector<float> *vpx = 0;
TTree *t3 = (TTree)f->Get("t3");
t3->SetBranchAddress("vpx",&vpx);
for(Int_t i=0; i<t3->GetEntries(); ++i) {
     t3->GetEntry(i);
     for(Int_t j=0; j<vxp->size(); ++j) {
     item = vxp->at(j); // =(*vxp)[j]
}
```

Trees (7)

- Vícerozměrná pole pomocí **std::vector**
  - na rozdíl od klasických polí můžeme mít různý počet položek ve všech rozměrech
  - příklad čtení:

```
#include <vector>
std::vector<<std::vector<float> > *AntiKt_etaconst = 0;
TTree *t = (TTree)f->Get("tree");
t->SetBranchAddress("AntiKt_etaconst",&AntiKt_etaconst);
for(Int_t i=0; i<t->GetEntries(); ++i) {
      t->GetEntry(i);
      for(Int_t j=0; j<njet; ++j) {
         for(Int_t k=0; k<(*AntiKt4_etaconst)[j].size(); ++k) {
      if (fabs((*AntiKt_etaconst)[j][k]) < 1.5) {
            ....
      }
}
```

  - takový program je potřeba nejprve zkompilovat (.L myprogram.C++), jinak nebude fungovat

Příklady (1)

Příklad 1: mějme 2 stripové křemíkové detektory s 1000 stripy, uspořádané tak, že stripy jsou v obou detektorech vzájemně kolmé. Detektor ozařujeme svazkem částic, přičemž známe polohu každé částice v rovině XY (např. nějakým nezávislým měřením).

Detektor má tzv. binární čtení, tj. daný strip je nebo není zasažen. Data z detektoru jsou zapsána ve dvou polích xstrip[1000], ystrip[1000] typu Bool_t, kde každý zasažený strip má hodnotu True, ostatní False. Navíc je ke každému eventu k dispozici údaj o skutečné poloze částice v rovině XY (reálné proměnné xgen, ygen) – viz soubor ~davidek/prednasky/comphep/root/strip_hit_map.root

Příklady (2)

- Úkoly: napište 2 ROOT-makra:
  1. redukujte uvedený soubor na Tree obsahující pouze seznam zasažených stripů (xhits[nxhit], yhits[nyhit]). Jsou-li zasaženy dva sousední stripy, považujte je za jeden zásah o délce 2 – údaje ukládejte do proměnných dxhits[nxhit], dyhits[nyhit]. Nakonec připojte údaj o skutečné poloze částice (xgen, ygen) z původního Tree a výsledný Tree uložte do souboru strip_hit_map_1.root. Všimněte si velikosti obou souborů.
  2. na takto získaném Tree proveďte následující analýzy:
     - určete rozteč stripů v obou směrech za předpokladu, že hodnoty xgen, ygen jsou uvedené v μm
     - určete, za jakých podmínek jsou zasaženy dva sousední stripy
     - ze změřených údajů (xhits[nxhit], yhits[nyhit]) určete polohu a profil svazku a nafitujte příslušnou funkcí. Porovnejte s údaji získanými ze skutečné polohy částice (xgen, ygen).

Příklady (3)

Příklad 2: uvažme stejný detektor jako v příkladu 1, který ovšem šumí, tj. v jednotlivých případech je zasaženo více stripů.

Data z detektoru jsou zapsána ve stejném formátu jako v příkladu 1 – viz soubor ~davidek/prednasky/comphep/root/strip_hit_map_noise.root

- Úkoly:
  - proveďte stejnou konverzi jako v příkladu 1 a vytvořte soubor strip_hit_map_noise_1.root
  - na takto získaném Tree proveďte následující analýzy:
    - určete opět polohu a profil svazku ze změřených údajů (xhits[nxhit], yhits[nyhit])
    - určete četnost šumu a jeho rozdělení, opět pomocí změřených údajů xhits[nxhit], yhits[nyhit]

Překlad programů používajících ROOT (1)

- Složitá makra lze přeložit (zkompilovat), díky tomu pak poběží výrazně rychleji (třeba i 100x !!). Co je potřeba udělat:
  - poctivě definovat všechny proměnné (CINT je velmi tolerantní, ale při překladu to už nebude fungovat)
  - vložit hlavičkové soubory používaných ROOT-struktur (tj. konstrukce typu #include "TH1F.h")
  - vlastní překlad v ROOTu: .L mymacro.C++
    - vytvoří se shared-library mymacro_C.so
  - při každém dalším spuštění ROOTu stačí jen natáhnout tuto knihovnu (.L mymacro_C.so) a spustit vybranou funkci: myfunc()

Překlad programů používajících ROOT (2)

- Externí programy využívající ROOT, ale spustitelné samostatně (tj. mimo interaktivního prostředí CINT):
  - programy jsou napsány normálně v C++ stejně jako makra pro interaktivní verzi
  - pozor na jméno zdrojového souboru, mělo mít tvar: *.C, *.cc, *.cp, *.cxx, *.cpp, *.CPP, *.c++ (kvůli spouštění C++ pre-procesoru)
  - při překladu musíme jen přikompilovat knihovny ROOTu. Podrobnosti najdeme na adrese

    http://root.cern.ch/root/HowtoLink.html

    - kompilační skript: ~davidek/bin/gccroot
- Výhody externích programů: lze použít i funkce z jiných knihoven (speciální funkce z CERNLIB, Pythie,...)

Grafický výstup z ROOTu (1)

- ROOT umožňuje výstup do mnoha různých grafických formátů (PS, EPS, GIF, PDF, ...). Na výběr máme dvě možnosti jak obrázek exportovat:
  - ručně pomocí menu File v daném grafickém okně třídy TCanvas
  - příkazem typu c1->Print("obr.ps"), kde c1 je pointer na příslušné grafické okno třídy TCanvas (nebo i pod-okno typu TPad). Podle přípony se vytvoří příslušný typ grafického souboru.
    - do jednoho souboru lze postupně vytisknout i více obrázků, tj. soubor bude mít více stránek. Podrobnosti viz

      http://root.cern.ch/root/html//TPad.html#TPad:Print

Grafický výstup z ROOTu (2)

- Jaký formát je lepší ? Záleží k čemu:
  - **PostScript** (PS): určen především k přímému tisku
  - **Encapsulated PostScript** (EPS): jde o "PS s definovaným bounding boxem", dobře se škáluje. Vhodný zejména ke vkládání do textů (TeX, LaTeX, ...)
  - **Graphic Interchange Format** (GIF): hodí se pro použití v prezentacích typu PowerPoint, OpenOffice, ...
  - **Portable Document Format** (PDF): hodí se jednak k přímému tisku, lze dobře škálovat (vektorový charakter).Navíc lze vkládat i do dokumentů zpracovávaných pomocí pdflatex.

Grafický výstup z ROOTu (3)

- Další možnosti uschování obrázku z ROOTu:
  - "Save as ROOT macros (*.C)"
    - ROOT vytvoří se C++ kód, kde se vytváří graf/histogram, osy, popisky, atd. Naplnění histogramu je řešeno pomocí série příkazů typu SetBinContent()
    - v takovém kódu lze např. jednoduše měnit popisky os a vzhled objektu (barvy, typy markeru atd)
  - "Save as ROOT files (*.root)"
    - do zmíněného souboru se uloží přímo objekt typu TCanvas, který lze znovu nakreslit pomocí TCanvas::Draw()

Kapitola 5: Sazba dokumentů v LaTeXu

... o psaní dokumentů a dodržování základních typografických pravidel. Sázení matematických formulí, vkládání obrázků a jiné finty ...

Programy na tvorbu dokumentů

- Rozdělení podle vlastnosti WhatYouSeeIsWhatYouGet:
  - obecné, WYSIWYG: Word, FrameMaker
  - specializované, WYSIWYG: Quark
  - non-WYSIWYG: TeX, sgml, ...

  K většině non-WYSIWYG existují tzv. grafické front-endy (SciWord, LyX, ...)
- Většina programů je typu WYSIWYG. Nevýhody:
  - psaní rozsáhlejších děl je náročné (stránkové zlomy, křížové odkazy, zpracování celého textu)
  - umožňují jednoduše porušovat typografická pravidla (dělení slov, typy fontů, rozměry, rozvržení stránek)
  - problém s kompatibilitou mezi různými systémy

TeX a jeho klony (1)

- Typografický systém TeX (autor Donald E. Knuth)
  - propracovaný systém podporující sazbu matematiky, udržování rozsáhlých textů
  - má zakódovány základní typografická pravidla
  - existuje na všech platformách, zdrojový text je ASCII (vlastně jde o specifický druh sgml)
  - k dispozici je řada rozšíření (stylů) podporujících např. psaní not (MusicTeX), kreslení Feynmanových diagramů, psaní v netradičních znakových sadách (hebrejština, arabština, čínské a japonské znaky)
- Jak TeX funguje:
  - zdrojový kód obsahuje "značky" vymezující např. typy fontů, strukturální prvky (kapitoly, odkazy, ...), matematické vzorce, místa pro vložení grafiky atd.

TeX a jeho klony (2)

  - překlad zdrojového kódu (dělení slov, umístění grafických objektů, vytvoření vzájemných vazeb) → vytvoření grafického formátu
- Základní TeX je relativně složitý. Existuje ale nadstavba ("makrojazyk") LaTeX (autor Leslie Lamport):
  - mnoho předdefinovaných prostředí pro vzorce, tabulky, obrázky, vzhled dokumentů (klasický, transparence, ...)
  - menší nároky na znalosti uživatele (jednodušší než TeX), ale kdykoli se lze ponořit zpět na úroveň samotného TeXu
  - klony: pdflatex (přímá tvorba PDF, klikací odkazy)

Podpora češtiny v LaTeXu (1)

- LaTeX akceptuje znaky v různých kódováních, také umí české dělení slov a vytváření českých popisků (obrázky, tabulky, ...)
- Starší přístup: použití binárek cslatex, pdfcslatex. Hlavička dokumentu

```
\usepackage{czech}
\usepackage[utf8]{inputenc}
```

- Nový přístup: použití Babel + latex (pdflatex). Hlavička

```
\usepackage[czech]{babel}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[IL2]{fontenc}
```

- V obou případech předpokládáme vstupní kódování češtiny v UTF8, na výstupu jsou pak použity Computer Modern fonty v kódování IL2 (tzv. CSfonty)

Podpora češtiny v LaTeXu (2)

- Alternativně lze použít Latin Modern fonty, k dispozici v kódování T1 a IL2

```
\usepackage[czech]{babel}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage{lmodern}
\usepackage[T1]{fontenc}
```

Literatura, dokumentace (1)

- Původní literatura:
  - D.E.Knuth: *The TeXBook* (ISBN 0-201-13447-0, brožované ISBN 0-201-13448-9)
  - L.Lamport: *LaTeX – A Document Preparation System* (ISBN 0-201-52983-1)
  - M.Goossens et al: *The LaTeX Companion* (ISBN 0-201-54199-8)
  - M.Goossens et al: *The LaTeX Graphics Companion* (ISBN 0-201-85469-4)

Literatura, dokumentace (2)

- Dostupné v češtině:
  - P.Olšák: *Typografický systém TeX*
  - P.Olšák: *TeXBook naruby*
  - J.Rybička: *LaTeX pro začátečníky* (2.vydání)
  - H.Kopka, P.Daly: *LaTeX – kompletní průvodce* (ISBN 80-7226-973-9)

Literatura, dokumentace (3)

- Dokumentace na Webu:
  - stránky České sdružení uživatelů TeXu (CSTUG)

    http://www.cstug.cz

    obsahují celou řadu odkazů týkajících se (La)TeXu, včetně PDF verzí Zpravodajů.
  - seriál o TeXu na serveru Root.cz

    http://www.root.cz/serialy/tex-pro-kazdeho/
  - manuál **TeX at CERN**, popisuje i řadu užitečných balíčků

    http://consult.cern.ch/writeup/texatcern/
  - T.Oetiker et al: **The not so short introduction to LaTeX2ε**

    http://www.loria.fr/tex/general/lshort2e.dvi

Úvod do LaTeXu (1)

- Základní struktura:
  - hlavička dokumentu (použité styly, kódování):

```
\documentclass[11pt]{article}
\usepackage{a4,czech,epsfig}
```

  - tělo dokumentu: obsahuje vlastní text a ostatní objekty:

```
\begin{document}
bla bla bla
\end{document}
```

- Příkazy (značky) LaTeXu:
  - začínají obráceným lomítkem (backslash)
  - povinné parametry ve složených, volitelné v hranatých závorkách

Úvod do LaTeXu (2)

- Znaky se speciálním významem:
  - % ... vše za ním na dané řádce je komentář (zdrojový text)
  - $ ... uvozuje matematické výrazy (`$x+y>2$`)
  - ~ ... nedělitelná mezera standardní velikosti. Použití:
    - psaní jmen: D.~E.~Knuth
    - jednopísmenné předložky: v~pátek
    - odkazy (viz dále)
  - prázdný řádek ... odděluje odstavce
- Formát zdrojového textu:
  - více prázdných řádků se bere jako jeden prázdný řádek
  - jedna a více mezer je stále jen jedna mezera

=> volný formát zdrojového textu !

Úvod do LaTeXu (3)

- Kapitoly, pod-kapitoly:

  \section{První kapitola}

  Text první kapitoly. Bla bla bla ......

  \subsection{Naše podkapitolka}

  Pozor ! Veškeré číslování si obstarává LaTeX sám. Chceme-li číslování u daného prvku vynechat, napíšeme v tomto případě: \section*{První kapitola}

- Vytváření obsahu: zcela automaticky příkazem \tableofcontents

Úvod do LaTeXu (4)

- Nejpoužívanější prostředí:
  - **centrovaný text**

```
\begin{center}
Tento text se zobrazí centrovaně \\ ve dvou řádcích
\end{center}
```

  - **výčty:** obyčejné (*itemize*) či číslované (*enumerate*). Příklad:

```
... záleží na počasí:
\begin{itemize}
\item V~případě, že bude pršet, ...
\item Nebude-li pršet, ....
\item Ať tak či onak, ...
\end{itemize}
Zkrátka to nějak dopadne.
```

... záleží na počasí:

- V případě, že bude pršet,
- Nebude-li pršet, ...
- Ať tak či onak, ...

Zkrátka to nějak dopadne.

Úvod do LaTeXu (5)

– **obrázky:**

```
\begin{figure}
\begin{center}
\epsfig{file=soubor.eps,width=0.5\linewidth} % v hlavičce musí
\end{center}                                 %    být použit styl epsfig
\caption{Můj krásný obrázek}
\end{figure}
```

Poznámky (týká se též tabulek):

- obrázek je tzv. plovoucí objekt, LaTeX ho umísťuje na vhodné místo, tedy ne nutně přesně tam, kde ho máme v textu my (lze částečně ovlivnit nepovinným parametrem).
- popis může být nad či pod obrázkem (podle toho, kde příkaz \caption uvedeme).
- Číslování je automatické, nastavením lze ovlivnit vzhled.

Úvod do LaTeXu (6)

– **tabulky:**

```
\begin{table}
\begin{center}
\begin{tabular}{|c|l|r|c|} \hline
Případ & A & B & Poznámka \\ \hline
 1 & 0.5 & 2 & jednoduché \\
 2 & 0.1 & 10 & složitější \\ \hline
\end{tabular}
\end{center}
\caption{Jednoduchá tabulka}
 \end{table}
```

Případ	A	B	Poznámka
1	0.5	2	jednoduché
2	0.1	10	složitější

Tabulka 1: Jednoduchá tabulka

Poznámky:

- spojení několika cel: \multicolumn
- podtržení jen některých sloupců: \cline{2-3} místo \hline

Úvod do LaTeXu (7)

- Křížové odkazy:
  - pomocí \label a \ref, parametrem je symbolické jméno. Konkrétní číslo se místo \ref přiřadí až při zpracování.
  - příklad:

```
\section{Kapitola o~odkazech} \label{kap:odkazy}
Tato kapitola je věnována odkazům....
\section{Kapitola o~něčem jiném}
Jak jsme zmínili v~kapitole~\ref{kap:odkazy}, ....
```

Poznámky:

  - každý typ objektu (kapitoly, tabulky, obrázky, rovnice) se čísluje zvlášť. Při odkazování na rovnice musíme závorky napsat ručně, tedy:

```
viz rovnice~(\ref{eq:rozpad})
```

  - odkazy na literaturu: speciální příkazy \bibitem, \cite

Matematické výrazy (1)

- Veškeré proměnné (nikoli čísla či funkce !) se automaticky sází jiným fontem (mat. kurzíva). Matematické prostředí má několik typů, mírně se liší způsobem zobrazení:
  - **textový styl:** pro psaní jednoduchých výrazů přímo do řádek v textu. Příklad:

    Chování funkce záleží na znaménku čitatele `$x-y$`
  - **vzorcový styl:** matematické výrazy/vzorce/rovnice na samostaném řádku. Existují 3 možnosti:
    - jeden výraz, nečíslováno: `$$ x^2 + y^2 = 1 $$` (je to ekvivalentní použití prostředí *displaymath* (tj. `\begin{displaymath} ... \end{displaymath}`)
    - jeden výraz, číslováno: prostředí *equation*
    - více výrazů: prostředí *eqnarray*

  Podívejme se na dva příklady:

Matematické výrazy (2)

- **jeden výraz/rovnice:**

```
\begin{equation}
x^2 + y^2 = 1
\end{equation}
```

Rovnice bude na zvláštní řádce, vodorovně centrovaná, vertikálně mírně odsazená, očíslovaná vpravo:

$$x^2 + y^2 = 1 \qquad (1)$$

Pokud bychom to chtěli jinak (např. žádné centrování, číslování vlevo), lze to změnit v hlavičce dokumentu a bude to platit pro všechny rovnice.

Chceme-li se na rovnici v textu odkazovat, přidáme uvnitř prostředí příkaz \label.

Matematické výrazy (3)

- **více výrazů/rovnic:**

```
\begin{eqnarray}
x^2 + y^2 & = & 1 \\
3x + y & = & 2
\end{eqnarray}
```

Soustava rovnic bude na zvláštních řádcích, vertikálně mírně odsazená, horizontálně centrovaná na znaménko "=". Obě rovnice budou číslované vpravo:

$$x^2 + y^2 = 1 \quad (1)$$

$$3x + y = 2 \quad (2)$$

Takto lze psát i dlouhé výrazy, kdy nečíslujeme první řádek (příkaz \nonumber).

Matematické výrazy (4)

- Konstrukce matematických výrazů - **indexy**:
  - horní indexy a mocniny jsou uvozeny stříškou "^". Je-li indexový výraz delší než jeden znak, uzavřeme jej do skupiny pomocí {}, např.:

    `$e^{-iE}$`

  - dolní indexy: uvozeny podtržítkem "_", pro vícepísmenné indexy opět použijeme skupiny
  - indexy mohou být víceúrovňové, tj. horní index může mít dolní index atd, např.:

    `$e^{i T_{jk}}$`

    se zobrazí jako:

$$e^{iT_{jk}}$$

Matematické výrazy (5)

- výraz může mít horní i dolní index současně, indexy mohou být i vlevo od výrazu. Např.:

```
$\Lambda^{\mu}_{\nu} \qquad ^{235}_{\phantom{2}92}\mathrm{U}$
```

se zobrazí: $\Lambda^{\mu}_{\nu} \qquad ^{235}_{92}\mathrm{U}$

(`\phantom` je kvůli zarovnání !)

- **matematika a mezery:**
  - mezery ve zdrojovém kódu nehrají roli (TeX je zvolí dle typografických pravidel). Chceme-li donutit TeX vložit nestandardní mezeru, použijeme některý z následujících příkazů
  - malá, střední, normální mezera: `$\,$` `$\;$` `$\ $`
  - velká (čtverčíková) a 2x velká mezera: `$\quad$` `$\qquad$`
  - záporná mezera: `$\!$` (velikost odpovídá malé mezeře `$\,$`)

Matematické výrazy (6)

- **zlomky:**
  - příkaz `\frac{čitatel}{jmenovatel}`
  - mohou být vnořené
- **závorky:**
  - několik velikostí (od nejmenší do největší): `\bigl(` , `\biggl(` , `\Bigl(` , `\Biggl(` . Pravé závorky pomocí `\bigr)` atd. Znak "(" odpovídá nejmenší závorce.

$$\bigl(\quad \Bigl(\quad \biggl(\quad \Biggl($$

  - stejným způsobem se sází hranaté závorky, ale pozor na složené: `\bigl\{` (odlišení od skupin)
  - automatická velikost závorek: `\left(\frac{1}{2\times\frac{3}{7}}\right)`

$$\left(\frac{1}{2\times\frac{3}{7}}\right)$$

Matematické výrazy (7)

- **sumy a integrály:**
  - příkazy \sum, \int, \oint, příklad:

```
\begin{eqnarray}
\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{i\times (i+1)} & = & 1-\frac{1}{n+1}\\
\int_0^\infty \mathrm{d}x \cos x^2 & = & \sqrt{\frac{\pi}{8}}\\
\int\limits_{0}^{\infty} \mathrm{d}x\; e^{-x} & = & 1\\
\oint\mathrm{d}S f(s) & = & 1
\end{eqnarray}
```

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{i\times (i+1)} = 1-\frac{1}{n+1}$$

$$\int_0^\infty \mathrm{d}x \cos x^2 = \sqrt{\frac{\pi}{8}}$$

$$\int\limits_{0}^{\infty} \mathrm{d}x\; e^{-x} = 1$$

$$\oint\mathrm{d}S f(s) = 1$$

Všimeme si: příkaz \limits posune u integrálu horní mez výše a dolní mez níže – platí ve vzorcovém stylu. V textovém stylu by se meze zobrazily ještě "blíž sobě".

Matematické výrazy (8)

- **jména funkcí:**
  - nesází se matematickou kurzívou, ale normálním fontem
  - většina funkcí je dostupná jako příkaz:$\sin$, $\cos$, $\lim$, ...
- Další vymoženosti (matice, vektory, speciální znaky, ...) najdete v manuálech.

Jak LaTeXovat

- Vytvoření, zpracování a tisk LaTeX-dokumentů:
  - vytvoření zdrojového textu (např. v Emacsu, který má makra pro podporu psaní LaTeX-dokumentů)
  - spuštění LaTeXu:
    - latex mujdoc.tex (případně cslatex)
    - obvykle je potřeba spustit dávku několikrát, aby se vytvořily správně křížové odkazy, obsahy atd (píší se do pomocných souborů *.aux, *.toc, *.lot, *.lof, ...). Dávka na to sama upozorní.
  - prohlížení:
    - dávka latex vytvoří soubor typu *.dvi, který se dá prohlížet pod Linuxem pomocí programu xdvi (ve Windows např. windvi, Yap)
    - pro tisk (a prohlížení případných vložených grafických objektů) je potřeba vytvořit PostScript: dvips -o mujdoc.ps mujdoc.dvi
    - prohlížení PostScriptu: programy ghostview, gv

Časté typografické prohřešky (1)

- Fyzikální jednotky, prvky, částice atd ve výrazech psané matematickou kurzívou. Nejde o proměnné, proto se mají sázet běžným fontem:
  - jednotky: `$M = 100~\mathrm{GeV}$` (pozor na mezeru !)
  - prvky: `$^{12}_{\ 6}\mathrm{C}$` (mezera kvůli zarovnání)
  - částice: `$\mathrm{Z}^0 \rightarrow \mathrm{e}^+\mathrm{e}^-$`
  - indexy s fyzikálním významem: `$p_{\mathrm{T}}$` nebo `$p_{\mathrm{\scriptsize T}}$`

  Na poslední dva případy se často zapomíná.... Sázejme alespoň stejné věci stále stejným způsobem !! Využití vlastních definic v hlavičce dokumentu:
  - příklad: `\newcommand{\pt}{p_{\mathrm{T}}}`

  Navíc to pak mohu kdykoli jednoduše změnit....

Časté typografické prohřešky (2)

- poznámka pro experty: poslední definici lze použít pouze v matematickém režimu. Univerzální definice může vypadat:

```
\newcommand{\pt}{\ifmmode p_{\mathrm{T}} \else
$p_{\mathrm{T}}$\fi}
```

- Nepoužívání nezlomitelné mezery (~). Správně má být:
  - v odkazech: odstavec~\ref{sec:uvod}
  - ve jménech: D.~E.~Knuth
  - u jednopísmenných předložek: v~lese

Nezlomitelná mezera má dvojí funkci !

LaTeX pro pokročilé – typy a velikosti písma

- Základním typem je stojací písmo (\textup{}.) Další používané typy:
  - italika: \textit{text italikou} *text italikou*
  - slanted: \textsl{text podobný italice}
  - bezpatkové písmo: \textsf{bezpatkové písmo}
  - tučné písmo: \textbf{tučný titulek} **tučný titulek**

  Pokud potřebujeme nějaké netradiční fonty, lze je jednoduše vložit do systému.
- Velikosti písma: základní velikost \normalsize můžeme
  - zvětšovat: \large < \Large < \LARGE < \huge < \Huge
  - zmenšovat: \small > \footnotesize > \scriptsize > \tiny

Obecně platí: příliš mnoho typů/velikostí písma v dokumentu ztěžuje čitelnost => zbytečně neplýtváme

LaTeX pro pokročilé – umísťování plovoucích objektů (1)

- Plovoucí objekty (prostředí *table*, *figure*) LaTeX umístí na první vhodné místo. Ne tedy nutně tam, kam jsme určili ve zdrojovém textu. Typografická omezení:
  - objekt příliš velký, nevejde se na danou stránku
  - poměr textu a plovoucích objektů na dané stránce (např. jedna řádka textu doplněná velkým obrázkem je nepřípustná)
  - omezení na maximální počet plovoucích objektů na jedné stránce
- Nepovinné parametry plovoucích objektů: [htbp]
  - jedná se o "doporučení", kam má LaTeX objekt umístit. Nejsou-li uvedeny, předpokládá se výše uvedené pořadí. Syntaxe: \begin{table}[hbt]

LaTeX pro pokročilé – umísťování plovoucích objektů (2)

– Jak to funguje ? TeX se snaží umístit objekt dle našeho přání (při dodržení typografických pravidel):

- h=here – objekt se umístí přesně tam, kam by měl podle zdrojovému textu
- t=top, b=bottom – objekt se umístí na začátek, resp. konec stránky
- p=page – objekt se umístí na zvláštní stránku na konci dokumentu či kapitoly

Z toho vyplývá:

- chceme-li mít dva obrázky umístěné na jedné stránce, první je lépe definovat s umístěním "t" a druhý s umístěním "b"
- pokud se jeden objekt umístí jako "p" na konec dokumentu, všechny ostatní už budou nutně za ním (pořadí se zachovává)

LaTeX pro pokročilé – umísťování plovoucích objektů (3)

- Co lze ovlivnit, aniž bychom LaTeX příliš znásilňovali (nastavení se provádí v hlavičce dokumentu):
  - maximální počty plovoucích objektů umístěných:
    - na začátku jedné stránky (volba "t"): \setcounter{topnumber}{2}
    - na konci jedné stránky (volba "b"): \setcounter{bottomnumber}{1}
    - celkový počet na jedné stránce: \setcounter{totalnumber}{3}
  - maximální podíly pro plovoucí objekty umístěné:
    - nahoře na stránce ("top"): \renewcommand\topfraction{0.7}
    - dole na stránce ("bottom"): \renewcommand\bottomfraction{0.3}
  - minimální podíl textu na stránce (proto nelze mít velký obrázek a jednu řádku): \renewcommand\textfraction{0.2}

  Uvedené hodnoty jsou přednastavené ve stylu *article*. V jiných stylech to může být jinak.

LaTeX pro pokročilé – o čem ještě nebyla řeč

- Neúplný výčet toho, co dalšího ještě LaTeX umí:
  - poznámky pod čarou (příkaz \footnote{})
  - kejkle s vkládanými objekty (oříznutí, škálování, rotace)
  - definice vlastních příkazů, prostředí a stylů, makra s parametry
  - snadné vytváření rejstříků, třídění podle různých abeced
- Dále existuje celá řada podpůrných programů, např.:
  - test syntaktické správnosti (lacheck)
  - vkládání vlnky "~" za jednopísmenné předložky (makro tildify.el pro Emacs)
  - převod zdrojového LaTeX-textu do HTML (latex2html)
  - tvorba fontů či obrázků: MetaFont, MetaPost

... ať vám všechny aplikace dobře slouží !

That's all, folks.

Přílohy

1. Fortran vs. C
2. Paw

Příloha 1: Pár slov o Fortranu a C

... aneb velmi stručně o rozdílech v syntaxi obou programovacích jazyků, kompilaci programů pod Linuxem a využití knihoven CERNLIB.

Dodatek pro zvědavce: pohádka o vlastních knihovnách

Fortran vs. C (1)

- Fortran původně určen na vědecko-technické výpočty. C umožňuje operace na velmi nízké úrovni (např. bitové operace, ovládání hardware, ...)
- Fortran nerozlišuje malá/velká písmena, C ano.
- Formát zdrojového textu:
  - Fortran: každý příkaz na jednom řádku s možností pokračovacího řádku. Jen sloupce 7-72 !! (sloupce 1-5 určeny pro návěští, 6=značka pro pokračovací řádek)
  - C: žádné omezení, příkaz končí středníkem.
- Parametry procedur a funkcí:
  - Fortran: volání odkazem
  - C: volání hodnotou (odkazem jedině přes pointery)

Fortran vs. C (2)

- Globální proměnné:
  - Fortran: řeší se přes common-bloky
  - C: definice proměnné vně všech funkcí
- Lokální proměnné: v různých procedurách jsou nezávislé (stejné ve Fortranu, C, Pascalu ...)
- Pole:
  - Fortran: první index je 1, u vícerozměrných polí se mění nejrychleji první index (způsob uložení pole v paměti)
  - C: první index je 0, u vícerozměrných polí se mění nejrychleji poslední index.

... podívejme se na velmi jednoduchý příklad ...

Fortran vs. C (3)

```
      program test
      implicit none
      integer i,j
      real a(4,2)

*     naplneni pole a:
      do j=1,2
         do i=1,4
            a(i,j)=10.*j+float(i)/10.
         enddo
      enddo
```

```
#include <stdio.h>
main()
{
   int i,j;
   float a[2][4];
   /* naplneni pole a */
   for(j=0; j<2; j++){
      for(i=0; i<4; ++i)
         a[j][i]=10*j+((float)i)/10;
   }
```

Fortran vs. C (4)

```
      do j=1,2
        write(*,11)(a(i,j),i=1,4)
      enddo
11    format(4f6.2)
      end
```

```
for(j=0; j<2; j++){
  for(i=0; i<4; ++i)
    printf("%6.2f",a[j][i]);
  printf("\n");
}
}
```

- Kompilace pomocí g77 (viz ~davidek/bin/gf)
- Jméno zdrojového souboru: *.f, *.for, *.FOR

- Kompilace pomocí gcc (viz ~davidek/bin/c)
- Jméno zdrojového souboru:
  - C: *.c
  - C++: *.C, *.cc, *.cp, *.cxx, *.cpp, *.CPP, *.c++

Knihovny CERNLIB (1)

- Obsahují celou škálu užitečných procedur a funkcí:
  - generátory náhodných čísel podle různých rozdělení
  - maticové a vektorové operace
  - řešení soustav rovnic
  - speciální funkce (Bessel, erf, Landau, ...), numerické integrace
  - routiny z aplikací Paw, Pythia/Jetset, Geant3, Herwig, Minuit (minimalizace mnoha-dim funkcionálů)
  - a mnohé další ...
- Dokumentaci najdeme na Webu:

http://wwwinfo.cern.ch/asdoc/cernlib.html

Knihovny CERNLIB (2)

- Většinou napsané ve Fortranu, tedy jednoduché volání (F). Použití v C:
  - využití cfortran.h a příslušné hlavičky pro danou knihovnu (jednoduché, neboť máme proměnné stejného typu jako ve Fortranu)
  - obecné použití Fortran-funkce z knihovny: definice funkce (s podtržítkem) v hlavičce, pozor na přetypování proměnných, zvláště pak polí (neboť ve Fortranu se volá odkazem) !!
- Jak zkompilujeme program s knihovnami ?
  - fáze překladu (překlad našeho kódu) a fáze linkování (sestavení našeho kódu s knihovními funkcemi...)
  - při linkování obecně záleží na pořadí knihoven, ale v případě CERNLIB je to ošetřeno

Knihovny CERNLIB (3)

- kompilační skripty:
  - ~davidek/bin/g77l (Fortran)
  - ~davidek/bin/gccl (C)

- **Příklad:** program **matice** naplní matici 3x3 náhodnými čísly z intervalu (0,1) a vektor pravých stran (v intervalu (-2,2)). Výsledkem je řešení soustavy rovnic pomocí konstrukce inverzní matice. Výpis mezivýsledků, program musí fungovat stejně ve Fortranu i C !!
  - nápověda:
    - použití CERNLIB funkcí/procedur rndm a rinv
    - v případě řešení v C pomocí cfortran.h nezapomeňte vložit také ostatní hlavičkové soubory knihoven CERNLIB, ve kterých se výše uvedené funkce/procedury nacházejí (viz dokumentace na Webu)

Knihovny CERNLIB (4)

- Jak to v praxi bude vypadat ?
  - Fortran – triviální (viz příklad FortranC/matice.f)

```
real x,dummy,mat(3,3),res(3)    ! definice reálných proměnných
x=rndm(dummy)                   ! získání náhodného čísla
call rinv(3,mat,3,res,ifail)    ! inverze reálné matice
```

  - C s využitím cfortran.h (viz příklad FortranC/matice-1.c)

```
#include <cfortran.h>                  /* vložení hlavičkových souborů */
#include <packlib.h>
#include <kernlib.h>
float x,dummy,mat[3][3],res[3];        /* definice reálných proměnných */
x=RNDM(dummy);                         /* získání náhodného čísla */
RINV(3,mat,3,res,ifail);               /* inverze reálné matice */
```

A musím navíc dát pozor na "transpozici matice"......

Knihovny CERNLIB (5)

– čisté C (viz FortranC/matice-2.c) aneb něco pro experty:

```
float rndm_(float *r);                    /* definice prototypu funkce */
void rinv_(int *d, float *m, int *n, float *wrk, int *ifail);   /* dtto */

float x,dummy,mat[3][3],res[3];     /* definice reálných proměnných */
x=rinv_(&dummy);                    /* pozor na volání odkazem */
k=3; rinv_(&k,mat[0],&k,res,&ifail); /* pozor na volání odkazem */
```

A samozřejmě musíme dát zase pozor na "transpozici matice"...

A zase příklad

- Ve Fortranu napište program **integ.f**, který numericky integruje funkci exp(-x) na intervalu (0,2)
  - použijte knihovní funkci GAUSS z mathlib/kernlib, Fortran-syntaxe:

```
external FCE
vysledek = GAUSS(FCE,odkud,kam,presnost)
```

  kde funkce FCE právě definuje uvedenou exponencielu. Všechny proměnné jsou typu real.

- Napište stejný program v C s využitím výše uvedené knihovní funkce:
  - program **integ-1.c**, s využitím cfortran.h
  - program **integ-2.c**, s přímým voláním knihovní funkce (bez využití cfortran.h)

Common bloky ve Fortranu, ale co v C ? (1)

- Ve Fortranu se takto obecně definují globální proměnné:

```
integer i,j
real a,b
common /moje/a,b,i,j
```

- Přístup k těmto proměnným mám v těch funkcích, kde tento blok uvedu. Pozor – pokaždé musím definovat typ proměnných.
- Fortran-knihovny/aplikace využívají zvláštní common bloky pro přístup k datům, proto to musím umět i v C:

```
struct {
   float a,b;   int i,j;
} moje_ ;   /* pozor na podtrzitko - stejne jako u funkci */
```

Common bloky ve Fortranu, ale co v C ? (2)

- Jednoduchý příklad: použití common bloku v programu, který vyrobí histogram pro použití v Paw:
  - Fortran: ~davidek/prednasky/comphep/FortranC/hist.f
  - C: ~davidek/prednasky/comphep/FortranC/hist.c
- Oba programy fungují stejně, i výstup mají stejný (přesvědčíme se, až se dostaneme k Paw)
- Uvedené použití common bloku je specifické (rezervace dynamické paměti, kterou Fortran nemá). Klasické předdefinované bloky se v knihovnách/aplikacích používají např. pro přístup k parametrům a výsledkům fitu (pawpar, hcfits v Paw), seznamu generovaných částic (pyjets v Pythii), ...

Vlastní knihovny pro fajnšmekry (1)

- Vytvořme vlastní knihovnu obsahující funkce skalární součin a normu vektoru o obecné dimenzi n:
  - provedeme ve Fortranu (ale zcela stejně by to šlo i v C, rozdíl jen ve volání odkazem/hodnotou)
  - každá funkce ve vlastním souboru: sksoucin.f, norma.f
  - překlad pomocí g77, vytvoření object-souborů (g77 -c...)
  - vytvoření statické knihovny:

```
ar -r libvect.a sksoucin.o norma.o
```

- Napišme program, který volá uvedené knihovní funkce:
  - Fortran: ~davidek/prednasky/comphep/FortranC/vektory.f
  - C: ~davidek/prednasky/comphep/FortranC/vektory.c (samozřejmě přístup bez cfortran.h, tj. přímé volání)

Vlastní knihovny pro fajnšmekry (2)

- Jak překládat takové programy ? Stejně jako v případě CERNLIB:
  - Fortran: g77 .... program.f libvektor.a
  - C - dvojstupňový překlad:

    gcc -c .... program.c # pouze překlad, nelinkuje se

    g77 .... program.o libvect.a # linkuje object-soubor s knihovnou

Příloha 2: Paw

- vektory, histogramy, fity
- Ntuply, cuty, funkce

Paw

- PAW (Physics Analysis Workstation) – nástroj pro analýzu dat. Základní datové struktury:
  - vektory (maximálně 3-dim)
  - histogramy (1-dim, 2-dim, profilový)
  - ntuply ("multi-dimenzionální tabulky")
- Vlastní interpret příkazů COMIS (podobný Fortranu), relativně jednoduchá syntaxe. Podpora uživatelských funkcí ve Fortranu i v C (složitější, ale jde to taky)
- Dokumentace:
  - manuál: http://paw.web.cern.ch/paw
  - FAQ: http://paw.web.cern.ch/wwwasd/cgi-bin/listpawfaqs.pl
  - nápověda v Paw: help příkaz nebo us příkaz

Paw: vektory (1)

- Vektory používáme při prokládání křivky množinou bodů (fitování) a přenos mezivýsledků (prvky histogramů, výsledky fitů, ...)
- Vytvoření:
  - vektor reálných prvků: ve/cre par(3) r 0. 1.5 -1.
  - celočíselný vektor: ve/cre idh(10) i 5*0 2 4 5 2*-1
- Zrušení vektoru:
  - daného vektoru: ve/del par
  - všech dosud definových vektorů: ve/del *
- Čtení ze/ zápis do souboru, na obrazovku:
  - ve/read xx,yy soubor.dat
  - ve/wri xx data.dat 'f10.5' ; ve/print xx

Paw: vektory (2)

- Zobrazení: ve/plot par ,   seznam vektorů: ve/list
- Aritmetické operace:
  - škálování (ve/op/vscale), přičtení čísla (ve/op/vbias)
  - sčítání, odčítání vektorů (ve/op/vadd; ve/op/vsub), násobení vektorů (ve/op/vmult)
  - složitější aritmetické kejkle pomocí SIGMA (speciální jednotka v Paw, viz manuál)
- Fitování: proložení parametrické funkce množinou bodů [xx(i); yy(i) ± ey(i)] metodou nejmenších čtverců:
  - vestavěné funkce: Gauss (g), polynom N-tého stupně (pN), exponenciela (e)

příklad: ve/fit xx yy ey p2

Paw: vektory (3)

- uživatelská funkce:

  ve/cre par(3) r 10. 0. 1. ; ve/fit xx yy ey fce.f ! 3 par

  kde soubor fce.f vypadá např. takto (jméno souboru je totožné se jménem funkce !):

```
real function fce(x)
common/pawpar/par(3)
fce=par(1)+par(2)*x+par(3)/x**2
end
```

Pozor: musím zadat počáteční hodnoty parametrů !!

- Lze fitovat i funkcí psanou v C, Paw pak zavolá nejdříve překladač a funkce se "natáhne" do paměti. Stejně to jde udělat i s Fortran funkcí, podrobnosti viz

  http://paw.web.cern.ch/wwwasd/cgi-bin/listpawfaqs.pl/16

Paw: histogramy (1)

- Jednoduchý datový útvar, zobrazující např. tvar spektra, funkci, ...
- Založení histogramu (COMIS)
  - 1-dim: 1dh 101 'muj hist' 100 10. 110.
  - 2-dim: 2dh 999 'x-y' 100 0. 1. 50 100. 200.
  - profil: prof 1001 'profil fce' 50 -2. 9. ! !
- Založení histogramu v naší vlastní Fortran-funkci:
  - 1-dim: call hbook1(101,'muj hist',100,10.,110.,0.)
  - 2-dim: call hbook2(999,'x-y',100,0.,1.,50,100.,200.,0.)
  - profil: call hbprof(1001,'profil fce',50,-2.,9.,ymin,ymax,' ')

Vlastní funkci zavoláme z COMISu: call fce.f Pozor – jméno souboru musí být totožné se jménem funkce !!!

Paw: histogramy (2)

- Plnění histogramu:
  - v rámci Fortran-funkce: call hf1(101,xx,w)
  - pomocí vektorů: ve/hfill xx 105
  - projekcí z ntuplu...
- Čtení ze/zápis do souboru:
  - hi/file 1 histo.dat ; hi/pl 10
  - hi/file 99 newhist.dat 1024 'N'; hrout 10; close 99
- Jednoduché operace:
  - zobrazení: hi/plot 101 , seznam histogramů: hi/list
  - kopírování: hi/copy 101 205
  - mazání (hi/del 101), sčítání (hi/op/add 101 102 103), odčítání (hi/op/sub 101 102 103), ...

Paw: histogramy (3)

- Fitování histogramu: podobně jako v případě vektorů buď pomocí vestavěných funkí, nebo uživatelskou funkcí. Příklady:
  - Gauss: hi/fit 101 g
  - Gauss, finta 1: ve/cre gg(3) r; hi/fit 101 g ! 0 gg (výsledek fitu se objeví ve vektoru gg, ale žádné počáteční hodnoty)
  - Gauss, finta 2: ve/cre gg(3) r 10. 1. 0.5; hi/fit 101 g ! 3 gg (fit s nastavenými počátečními hodnotami parametrů)
  - uživatelská funkce: stejně jako v případě vektorů...
- Dodatek k fitování: jednotlivé parametry je možné omezit (min a max hodnota) či zcela zafixovat. Podrobnosti viz manuál.

Paw: statistika a výsledky fitů

- Oba druhy informací lze zobrazit spolu s daným histogramem či vektory:
  - statistické informace o histogramu (počet případů, střední hodnota, RMS, ...):
    - zapnutí/vypnutí: opt stat / opt nsta
    - nastavení zobrazených položek: set stat 1100111
  - výsledky fitu:
    - zapnutí/vypnutí: opt fit / opt nfit
    - nastavení zobrazených položek: set fit 101

- **Příklady:** viz strana 76, 77

Paw: základy Ntuplů (1)

- Jedná se o "multi-dimenzionální tabulky". Lze zkoumat závislost jakékoli proměnné na libovolné kombinaci ostatních proměnných – to je pravá analýza dat !!
- Dva základní typy:
  - RWN (Row-Wise Ntuple): obvykle se používá pro malý počet proměnných
  - CWN (Column-Wise Ntuple): velké datové soubory, složen z jednotlivých bloků

  S oběma typy se zachází stejně, rozdíl je pouze ve vytváření.
- Jednoduché RWN-tuply (vytvořené přímo v Paw):
  - založení: nt/cre 11 'pulse shape' 2 ! ! time samp
  - načtení údajů: nt/read 11 soubor.dat (předpokládá se soubor o 2 sloupcích reálných čísel)

Paw: základy Ntuplů (2)

- Složitější Ntuply se vytvářejí obvykle v různých programech (Fortran, C) a otvírají se v Paw pomocí

  hi/file 1 ntuple.dat

- Základní zacházení s ntuplem:
  - zjištění vlastností: nt/pri 11
  - zobrazení proměnné: nt/plot 11.samp
  - zobrazení proměnné s výběrem: nt/plot 11.samp time>90.
  - použití tzv. cutu: cut 99 (time>0.).and.(samp<100.) ; nt/plot 11.samp $99
  - závislost 2 proměnných: nt/plot 11.samp%time
  - profil 2 proměnných: nt/plot 11.samp%time $99 ! ! ! prof

  Automaticky se založí histogram (1d, 2d, profil) a naplní se.

Paw: základy Ntuplů (3)

- Složitější operace s ntuply: založení vlastního histogramu (volíme si vlastní rozsah, binning, ...), požadovanou závislost do něj projektujeme:
  - jedna proměnná: 1dh 101 'veličina time' 100 0. 100. ; nt/proj 101 11.time $99
  - 2 proměnné: 2dh 102 'samp-time' 100 0. 100. 50 -10. 30. ; nt/proj 102 11.samp%time
  - profil 2 proměnných: prof 103 'samp-time' 100 0. 100. ! ! ; nt/proj 103 11.samp%time $99

  Další finty: zpracování pouze části ntuplů (zadává se počet prvků a číslo prvního prvku, ...) - viz manuál Paw
- Tím zobrazíme požadovanou závislost do histogramu a pak ji můžeme zkoumat (fitovat různými funkcemi atd.)

Paw: pár slov o cutech

- Cut = podmínka, za které je daný případ (řádka) v ntuplech zpracována (např. zanesena do histogramu)
- Základní operace:
  - vytvoření: cut 45 (time>-10).or.(samp<100.)
  - zobrazení: cut 45 ; cut 0
  - smazání: cut 45 - ; cut 0 -
- Cuty lze (téměř libovolně) kombinovat:
  - k dispozici logické operátory: AND, OR, NOT, používá se Fortran syntaxe:
    - cut 91 time>0 ; cut 92 samp<100; cut 93 (10<time<20.)
    - cut 99 $91.and.$92.and.(.not.($93))
- **Příklad:** viz strana 82

Ntuply a funkce (1)

- Občas potřebujeme pro každý případ v ntuplu udělat nějakou operaci (určit aritmetický průměr z hodnot pole, vybrat maximální hodnotu z několika proměnných, ...), kterou nelze jednoduše zapsat do příkazu v Paw => použití Fortran (případně C) funkce
- Jak na to:
  - nejdříve musíme vytvořit skelet funkce pomocí

    nt/uwfunc 99 funkce.f | vytvoří soubor funkce.f pro ntuple č.99

    a pak do ní dopíšeme náš kód.
  - použití:
    - kreslení složitých funkcí: nt/plot 99.funkce.f
    - použití složitějších cutů: nt/plot 99.x y>0.and.funkce.f>1.
    - provedení akce pro každý případ: nt/loop 99 funkce.f

Ntuply a funkce (2)

- Do takto vytvořených funkcí / částí programu lze dopsat libovolný kód. Funkce může mít i parametry, se kterými se volá (musíme je ručně dopsat do hlavičky) – hodí se např. pro počítání energie z určitého kanálu.

- **Příklad:** využijte Fortran/C funkci při zobrazování závislosti sqrt(x**2+y**2) v předchozím příkladě (viz strana 82).

Vytváření Paw-Ntuplů v externích programech (1)

- Zápis/výstup dat z našich vlastních programů do ntuplu, případně histogramů. Trochu se liší pro **RWN** a **CWN**.
- Potřebujeme procedury/funkce z knihovny HBOOK

http://paw.web.cern.ch/wwwasdoc/hbook_html3/hboomain.html

některéuž známe (založení a plnění histogramů – strana 153)

- **RWN** (uveďme jen Fortran-kód, v C analogicky):
  - hlavička: definice common-bloků a proměnných ntuplu:

```
common/PAWC/H(10000)   ! prostor pro objekty Paw
parameter(ncol=5)      ! počet proměnných (sloupců) v RWN
real xtuple(ncol)      ! pole hodnot v jedné řádce RWN
character*5 chtags(ncol)  ! jména proměnných RWN
data chtags/'event','x_val','y_val','z_val','trig'/
```

Vytváření Paw-Ntuplů v externích programech (2)

- otevření nového souboru a založení ntuplu:

```
call hlimit(10000)                    ! rezervace paměti pro objekty Paw
call hropen(99,'ntup','mujtup.dat','N',1024,istat) ! otevření souboru
call hbookn(10,'muj nazev',ncol,'ntup',100,chtags) ! založení RWN
```

- uložení případu ("jedné řádky") do RWN:

```
call hfn(10,xtuple)
```

Obvykle v cyklu, předtím musíme prvky xtuple(i) naplnit.

- uzavření vstupu/výstupu (stejné pro oba druhy ntuplů):

```
call hrout(10,istat,' ')
call hrend('ntup')
close(99)
```

Vytváření Paw-Ntuplů v externích programech (3)

- **CWN:** obecnější filozofie – obsahuje 1 či více common-bloků, proměnná může být i pole (dokonce s proměnnou délkou, ale to je specialita – viz manuál HBOOK)
  - hlavička: definice common-bloků a proměnných ntuplu:

```
common/PAWC/H(10000)       ! prostor pro objekty Paw
integer evt,trig
real xyz(3)
common/mujcwn/evt,xyz,trig  ! blok proměnných v ntuplu
```

  - otevření nového souboru a založení ntuplu:

```
call hlimit(10000)                    ! rezervace paměti pro objekty Paw
call hropen(99,'ntup','mujtup.dat','N',1024,istat)  ! otevření souboru
call hbnt(10,'muj nazev',' ')       ! založení CWN
call hbname(10,'mujcwn',evt,'event:I, vtx(3):R, trig:I') ! proměnné s
  definovaným typem (integer, real)
```

Vytváření Paw-Ntuplů v externích programech (4)

- uložení případu ("jedné řádky") do CWN:

```
call hfnt(10)
```

Obvykle v cyklu, předtím musíme proměnné našeho common-bloku naplnit.

- uzavření vstupu/výstupu – stejně jako v případě RWN:

```
call hrout(10,istat,' ')
call hrend('ntup')
close(99)
```

Grafický výstup z Paw

- **Paw** umí exportovat obrázky (tj. grafy, histogramy, ...) ve formátech PS, EPS, GIF. Jak to provést:
  - nastavit, aby se poslední (všechny) obrázky ukládaly do paměti: opt zfl1 (opt zfl)
  - výstup do souboru: hi/pl 101 ; pic/print obr.ps (formát je dán příponou)