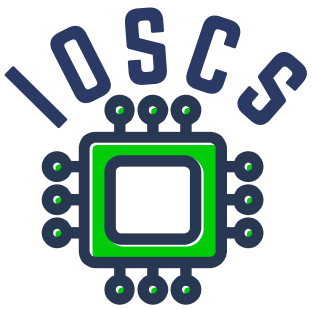
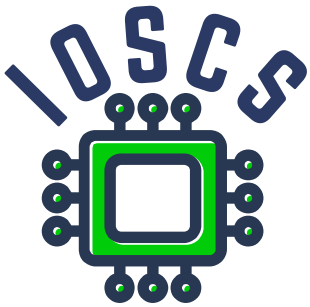


Project: Innovative Open Source Courses for Computer Science

Algorithmisation and Programming in Lua Teaching Material

Tomáš Hála
Mendel University in Brno

29. 8. 2020



This teaching material was written as one of the outputs of the project "Innovative Open Source Courses for Computer Science", funded by the Erasmus+ grant no. 2019-1-PL01-KA203-065564. The project is coordinated by West Pomeranian University of Technology in Szczecin (Poland) and is implemented in partnership with Mendel University in Brno (Czech Republic) and University of Žilina (Slovak Republic). The project implementation timeline is September 2019 to December 2022.

Project information

Project was implemented under the Erasmus+.
Project name: **"Innovative Open Source courses for Computer Science curriculum"**
Project nr: **2019-1-PL01-KA203-065564**
Key Action: **KA2 – Cooperation for innovation and the exchange of good practices**
Action Type: **KA203 – Strategic Partnerships for higher education**

Consortium
ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE
MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Programovací jazyk Lua

Tomáš Hála

Učební materiál

Funded by
the European Union

úvod

algoritmy – vlastnosti

- jednoznačný (deterministický)
- konečný, tzn. vždy vede k určitým výsledkům
- obecný, tzn. použitelné pro řešení daného problému s využitím jakýchkoliv přípustných údajů
- opakovatelný, tzn. vždy vede ke stejným výsledkům se stejnými vstupními daty

algoritmy – vyjadřující

- verbálně – v přirozeném jazyce
- graficky – vývojový diagram nebo strukturogram
- matematicky – vztah mezi veličinami, soustava rovnic, matice
- programovací jazyk

algoritmizace

- input: problém
- výstup: algoritmus

programování

- vyjádření algoritmu
- programovací jazyk(y)
- ladění
- testování
- vstupní data, výstupní informace

programovací jazyky

- program v programovacím jazyce: čitelný pro člověka, ale počítač tomu nerozumí
- strojový kód
- kompilace, kompilátor
- interpretované programy, interprety

o jazyce Lua

historie

- 1993
- Roberto Ierusalimschy, Luiz Henrique de Figueiredo, Waldemar Celes,

  Computer Graphics Technology Group (Tecgraf), Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Brazil
- multiparadigmatický:
  - skriptovací
  - imperativní (procedurální, prototypovací, objektově orientovaný)
  - funkcionální

versions

- 5.1.x
- 5.2.x
- 5.3.x (zde použitá)
- 5.4.3 (poslední)

zdroje

```
 apt install lua
...
Package lua is a virtual package provided by:
  lua5.3:i386 5.3.3-1ubuntu0.18.04.1
  lua5.3 5.3.3-1ubuntu0.18.04.1
  lua5.2:i386 5.2.4-1.1build1
  lua5.1:i386 5.1.5-8.1build2
  lua50 5.0.3-8
  lua5.2 5.2.4-1.1build1
  lua5.1 5.1.5-8.1build2
You should explicitly select one to install.
```

online

https://geekflare.com/online-compiler/lua

https://www.jdoodle.com/execute-lua-online/

https://onecompiler.com/lua/3y5j9aajb

https://replit.com/languages/lua

https://www.tutorialspoint.com/execute_lua_online.php

https://www.lua.org/demo.html

struktura jazyka

struktura – 22 vyhrazených slov

```
and       break     do        else
elseif    end       false     for
function  goto      if        in
local     nil       not       or
repeat    return    then      true
until     while
```

konstanty	`false true nil`
proměnné	`local`
operátory	`and not or`
větvení	`if then else elseif end`
cykly	`for in repeat until while do end`
funkce	`function return`
skoky	`break goto`

větvení – if

```
if condition then ... end
if condition then ... else ... end

if     condition1 then ...
elseif condition2 then ...
elseif condition3 then ...
else ...
end
```

cykly – while

```
while condition do
  ...
end
```

Příklad:

```
i=0
while i<10 do
  i=i+1
  print (i, i*2, i^3)
end
```

cykly – repeat

```
repeat
  ...
until condition

x,i = 1,5
repeat
   x=x*i
   i=i-1
until i==1
print (x)
```

cykly – for I.

```
for variable=start,stop do
 ...
end

for i=1,10 do
  print (i, i*2, i^3)
end
```

cykly – for II.

```
for variable=start,stop,step do
  ...
end

for i=-10,10,2 do
  print (i, i*2, i^3)
end
```

datové typy a operátory

obecně

- každá proměnná v programu je určitého typu
- každý programovací jazyk definuje vlastní množinu datových typů

datový typ tvoří definice:

- množiny hodnot
- vnitřní reprezentace hodnot v počítači (velikost v paměti, kódování hodnot)
- množiny přípustných hodnot

srovnej:

- Např. (Pascal) `var x:boolean;`
  - hodnoty: true, false
  - zábor: 1 byte, bit 0 je rozhodující
  - operace: not, and, or

v jazyce Lua

- dynamicky typovaný jazyk
- nejsou definice typů
- hodnoty nesou informaci o příslušnosti k datovému typu
- osm základních datových typů:
  - nil
  - boolean, number, string
  - function
  - table
  - userdata, thread (zde neprobíráme)

nil

- nil je nil :-)
- liší se všech ostatních hodnot
- nepřítomnost užitečné hodnoty

boolean

- false a true

number

- pro celočíselné hodnoty i hodnoty s plovoucí řádovou čárkou
- 8 B
- největší hodnota?

string

- immutabilní posloupnost bytů
- řetězec může obsahovat jakoukoliv osmibitovou hodnotu, včetně '\0'
- nepředpokládá se žádné kódování

number – aritmetické operace

+	sčítání
–	odčítání
*	násobení
/	dělení
//	celočíselné dělení
%	modulo (zbytek po dělení)
^	umocňování
–	unární minus

number – bitové operace

~	unární bitové NOT
&	bitové AND
|	bitové OR
~	bitové exkluzivní OR
>>	bitový posun doprava
<<	bitový posun doleva

boolean – logické operace

- not
- and or

- obvyklý význam
- používáno též u ostatních typů

string – spojení, délka

- ..
- čísla se konvertují na string
- #
- number of *bytes*

- # viz tabulky

relační operátory

==	rovnost
~=	nerovnost
<	menší než
<=	menší nebo rovno
>	větší než
>=	větší nebo rovno

priorita operátorů (od nejvyšší po nejnižší)

```
^
unární operátory (not   #     -     ~)
*     /     //    %
+     -
..
<<    >>
&
~
|
<     >     <=    >=    ~=    ==
and
or
```

funkce

terminologie

- funkce vs. procedury
- deklarace (hlavička funkce)
- parametry (nelze použít pro úpravu hodnot v hlavním bloku)
- návratová hodnota(y)

terminologie

- předdefinované vs. vlastní funkce
- body: doporučují se lokální proměnné
- zvláštní druh: iterační funkce (vysvětleno bude později)

funkce – příklad

```
funkce obvod_trojuhelnik (a, b, c)
   vrátit a+b+c
konec
```

S návratovou hodnotou

```
funkce myprint (a, b, c)
   print("hodnota a je", a)
   print("hodnota b je", b)
   print("hodnota c je", c)
konec
```

Bez návratové hodnoty

rekurzivní funkce

- volají samy sebe
- každá definice rekurzivního algoritmu musí obsahovat hodnotu pro ukončení rekurze (hodnota 1 v následujícím příkladu)
- efektivní?

rekurzivní funkce

- přímá rekurze: volá se přímo
- nepřímá rekurze: nutné dvě nebo více funkcí – F1 volá F2 a F2 volá F1

rekurzivní funkce – příklad

```
function GCD(x, y)
  if     x==y then return x
  elseif x>y then return GCD(x-y,y)
  else return GCD(x,y-x)
  end
end

-- v programu:

cislo1, cislo2 = io.read("*n", "*n")
print(GCD(cislo1, cislo2))
```

řetězce

nástroje

řetězec je objekt
metody:

```
.. -- zřetězení
string.len(arg) -- délka
string.rep(s, n)) -- replikuje řetězec n-krát

řetězec.horní
string.lower(s)

string.reverse(y)
string.char(x) -- obj. hodnota --> znak/řetězec
string.byte(ch) -- char --> ord. hodnota
```

formátování výstupu

```
string.format(...)
```

nástroje: hledat & nahradit

```
string.gsub(s,fs, rs)
```

Vrátí řetězec s nahrazením výskytů `fs` za `rs`.

```
string.gmatch(s, pattern)
```

Vrátí fragmenty `s` popsané pomocí `pattern`.

```
string.find ( s , fs [, startindex , endindex] )
```

Vrátí počáteční a koncový index `fs` v `s` (nebo `nil`, pokud nebyl nalezen).

nástroje: hledat & nahradit

```
string.sub ( s , startindex , endindex )
```

startindex je i-tý index endindex je j-tý index posledního indexu řetězce, který chceme

```
s = "This is my text."
print(string.sub(s, 2, 3))
print(string.sub(s, 2, -2))
```

chybějící nástroje

- `split` například pro rozdělení dat ve formátu CSV
- `trim` pro odstranění koncových mezer
- můžeme psát vlastní funkce

vzory v jazyce Lua

Regulární výraz POSIX vs. vzory Lua

vzory v jazyce Lua

třídy:

```
. všechny znaky
%a písmena
%c řídicí znaky
%d číslice
%l malá písmena
%p interpunkční znaménka
%s mezery
%u velká písmena
%w alfanumerické znaky
%x hexadecimální číslice
%z znak s ordinální hodnotou 0
```

vzory v jazyce Lua

doplňky množiny

```
%A písmen
%C řídicích znaků
%D číslic
%L malých písmen
%P interpunkčních znaků
%S mezer
%U velkých písmen
%A alfanumerických znaků
%X hexadecimálních číslic
%Z znaků s ordinální hodnotou 0
```

vzory v jazyce Lua

escape, kotvy, iterátory (modifikátory), množiny + skupiny:

```
%
^ $
+ - * ?
[ ] ( ).
```

split

kód funkce mysplit

```
function mysplit_print( s , sep )
  for i in s:gmatch("([^"..sep.."]*)") do
    print (i)
  end
end

function mysplit( s , sep )
  local t = {}
  for i in s:gmatch("([^"..sep.."]*)") do
    table.insert(t,i)
  end
  return t
end  --- zjednodušená verze pouze pro neprázdná pole
```

rozdělit

verze pro zachování prázdných polí:

```
function split ( s, sep )
  sep = sep or '%s'
  local t = {}
  for field,s in string.gmatch (
          s, "([^"..sep.."]*)("..sep.."?)") do
    table.insert(t, field)
    if s=="" then return t end
  end
end
```

split – použití

```
a = "John:Smith:1999:10:21:London:UK"
mysplit_print(a,":")
t = mysplit (a,":")
for i=1,#t do print(t[i]) end
```

split – použití

špinavý trik:

```
string.split = mysplit
t = a:split(":")
```

[možné, ale nedoporučuje se]

strukturované datové typy

obecně

- (indexované) pole
- záznam / struct
- bitové pole (set)
- asociativní pole (hash)

- objekt

- A co v Lua?

V jazyce Lua:

table

konstruktory

```
t={}

t[1]=1
t[2]=2
t[3]=7

t={1,2,7,5,13,-1}
t={1,2,7,5,13,-1,}
```

= homogenní pole, indexované

konstruktory II.

```
t={}
t={1,2,7,"Lua",true,{},-9.9999,false,8888}
```

= heterogenní pole, indexované

konstruktory III.

```
t={}

t["jan"]=31
t["feb"]=28
t["mar"]=31

t.jan=31
t.feb=28
t.mar=31
```

= asociativní pole (hash)

konstruktory IV.

```
m="jan"
t[m]=31 -- vs. t.m (!)
...

t={jan=31,feb=28,mar=31}
```

... kombinace indexovaného a asociativního pole

knihovna table

- table.insert
- table.remove
- table.sort
- #

knihovna table II.

```
t={}
table.insert(t,"Monday")
table.insert(t,"Tuesday")
table.insert(t,"Wednesday")

for i=1,#t do
   print(t[i])
end
```

tabulka – výstup

```
for k,v in pairs(t) do
  print(k,v)
end
```

převod pole na hash

```
a = { 1, 2, 3, 4 }

h = {}
for i=1,#a do h[a[i]]=true end
```

výsledkem je množina

převod pole na hash

```
a = { 1, 2, 3, 4, 1, 3, 3, 4 }

h = {}
for i=1,#a do h[a[i]]=(h[a[i]] or 0) + 1 end
```

výsledkem je multimnožina

vzestupně, sestupně, nebo...?

```
a = { "January", "February", "March", "April",
      "June",    "July",     "August"
    }

table.sort(a)
table.sort(a, function (x,y) return y<x end)

table.sort(a,
        function (x,y) return x:len()<y:len() end
        )
table.sort(a,
        function (x,y) return x:reverse()<y:reverse() end
        )
```

funkce II.

funkce jako datový typ

```
function f1 (a,b)   return a+b   end
function f2 (a,b)   return a-b   end
f=f1   print(f(3,5))
f=f2   print(f(3,5))

function domath(a,b,f)
  return f(a,b)
end

print (domath(4,7,f1))
print (domath(4,7,f2))
```

funkce jako datový typ

```
a = { "January", "February", "March", "April",
      "June",    "July",     "August"
    }

table.sort(a,
        function (x,y) return x:reverse()<y:reverse() end
        )

function mysort(x,y)
   return x:reverse()<y:reverse()
end

table.sort(a, mysort)
```

funkce: iterátory a uzávěry

- iterující funkce postupně procházejí data (tabulky, soubory)
- dvě funkce:
  - iterátor (viditelný z nadřízeného bloku)
  - vnitřní funkce
- existující iterátory:
  `pairs`, `ipairs` (viz tabulky); `lines` (viz soubory)
- vlastní iterátory

vlastní iterátor

Vytvořme iterátor vracející data pouze ze sudých indexů:

```
function only_at_even_indices(t)
  local i, n = 0, #t
  return function ()
      i = i + 2
      if (i <= n) then return t[i] end
    end
end
```

soubory

soubory a OS

- logické a fyzické hledisko v souborech
- závislost na hardwaru (fyzická)
- nezávislost na hardwaru (logická)
- názvy souborů
- vlastnosti souboru

tři kritéria

- řídicí znaky (text/binární)
- způsoby (režimy) práce
- přístup k datům

textové a binární soubory

- podle použití řídicích znaků:
  - textové soubory
  - netextové soubory se shodným datovým typem
  - netextové soubory s daty různých datových typů
- textové soubory jako znakové soubory
- vnitřní uspořádání do řádků
- konec řádků (OS)

zpracování souborů

- soubory pouze pro čtení
- soubory pouze pro zápis
- čtění i zápis do souboru

- vstup vs. výstup

zpracování souborů

"r"	pouze pro čtení, výchozí režim
"w"	povolený zápis; přepíše nebo vytvoří nový soubor
"a"	přidává k obsahu existujícího souboru nebo vytvoří nový soubor
"r+"	čtení i zápis v existujícím souboru
"w+"	všechna existující data jsou odstraněna, pokud soubor existuje, nebo je vytvořen nový soubor s oprávněním pro čtení a zápis
"a+"	přidávání k existujícímu souboru, nebo vytvoření nového souboru

zpracování souborů – příklad

```
local f     = io.open("myfile.txt", "r")  -- see above
local words = f:read("*a")                -- see below
```

přístup k datům

- soubory zpracovávané postupně
  obvykle textové soubory
- soubory s přímým přístupem

soubor existuje?

- žádná speciální funkce
- vyřešen čtením nulového počtu znaků:

```
if f:read(0) then ...
```

textové soubory

- typický případ
- lines: funkce řádkového iterátoru:
  io.lines(), f:lines()
- zpracování CSV

text files – example

```
for line in f:lines() do ... end
```

moduly

terminologie

- standardní knihovny
- uživatelské knihovny
- izolovaný kus kódu
- rozhraní (globální)
- vnitřní struktury (lokální)
- implementace funkcí
- inicializační operace

příklad vlastní knihovny

```
local mt = {}                    -- mt = mytriangle

function mt.circumference (a, b, c)
  return a+b+c
end

function mt.area (a, b, c)
  local s = mt.circumference(a,b,c) / 2
  return math.sqrt(s*(s-a)*(s-b)*(s-c))
end

return mt -- important!
```

principy

- metody (funkce) se vkládají do asociativního pole
- toto pole je vráceno
- jsou možné i jiné způsoby

- připojujení modulu:

```
local m = require "mytriangle"
io.read(a,b,c)
print(m.circumference(a,b,c), m.area(a,b,c))
```

výhody

- shromažďuje související funkce do jednoho celku
- sdílí kód
- jednodušší skládání nových projektů
- implementace abstraktních datových typů

abstraktní datové typy

vlastnosti

- určuje datové složky
- určuje operace a jejich vlastnosti
- odhlíží od zvolené implementace

výhody

- ADT je určen tím, co v něm chceme/potřebujeme.
- ADT lze implementovat různými způsoby, aniž by to ovlivnilo jeho chování
- ADT je implementováno pomocí vhodné datové struktury (DS)

přehled ADT

- Zásobník (Stack)
- Fronta (Queue)
- Množina (Set)
- Množina s opakováním (Multimnožina; MultiSet)
- ...

fronta (FIFO)

- FIFO = First-in, First-out
- přístup pouze k prvku na začátku (front, head)
- vložení pouze na konec fronty (end, tail)

fronta (diagram signatury)

- hlavní datový typ
- související datové typy
- orientované spojnice datových toků

- $\Rightarrow$ rozhraní

typické operace

- konstruktor (init)
- modifikátory (put, get)
- dotazy (size)
- predikáty (empty)

fronta (axiomatický popis)

```
init(_) :          --> queue
count(_): queue --> number
empty(_): queue --> boolean
put(_,_): queue, data --> queue
get(_):   queue --> data
```

fronta (implementace)

```
local Q = {}

Q.init  = function (t) return t end
Q.put   = function (t,e) table.insert(t,e) end
Q.get   = function (t) local e = table.remove(t,1)
            return e
           end
Q.count = function (t) return #t end
Q.empty = function (t) return #t==0 end
Q.print = function (t)
            for i=1,#t do io.write(t[i]," ") end
            print ()
          end

return Q
```

zásobník (LIFO)

- LIFO = Last-in, First-out
- přístup pouze k prvku na začátku (vrcholu)
- vložení pouze na začátek (vrchol)

komunikace s OS

soubory

- diskutováno dříve
- konfigurace SW: viz textové soubory
- Linux: předzpracování pomocí příkazů
- všechny metody patří do modulu `os`

proměnné prostředí

- čtení, ale není možná žádná úprava
- připravuje vlastní kopii proměnných prostředí

```
print (os.getenv("USER"))

local envvars = {}
for envline in io.popen("set"):lines() do
  envname = envline:match("^[^=]+")
  envvars[envname] = os.getenv(envname)
end
```

provádění příkazů

- nutná znalost příkazů OS Funkce
- vrací `true` nebo `nil`

```
os.execute("mkdir new_directory")
```

parametry příkazového řádku

- počítané zleva
- #0 = název běžícího programu
- indexované pole `arg`
- volby/přepínače zároveň s parametry

```
local a, b = arg[1], arg[2]
if #arg>1 then
  print (a+b)
end
```

jiné

- datum+čas

```
print(os.date("today is %A, %B %d"))
Today is Monday, September 15
print(os.time("Now i
```

aplikace

LuaTEX

- počítačový sázecí systém založený na TEXu, který začal jako verze pdfTEX se zabudovaným skriptovacím strojem Lua
- vnitřní struktury přístupné přes struktury jazyka Lua

Lua v ConTEXtu

- ConTEXt: rozšíření základního TEXu
- vestavěný interpret jazyka Lua
- Lua umožňuje náročnější operace, které jsou složité pomocí nástrojů TEX nebo ConTEXt
- tisk (funkce `context`) do výstupního proudu (PDF)
- funkce inspect implementována

Lua v ConTEXtu – příklad

```
\startluacode
a=math.sqrt(2)
context(a)
\stopluacode
...
\ctxlua{ .. commands .. }
```

hry

- proč Lua: kompilátor a interpret lze jednoduše vložit do libovolného aplikace. (Nebo jen jejich část.)
- frameworky pro 2D (např. LÖVE, Pygame)
- frameworky pro 3D (např. Pyglet)
- vztahy k jiným knihovnám (např. OpenGL)

Programovací jazyk Lua

Tomáš Hála

Učební materiál

Funded by
the European Union