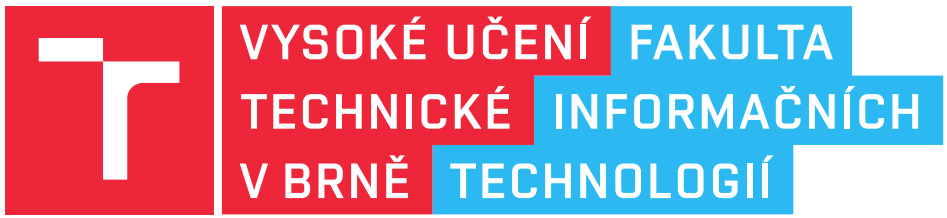
Sestavení programů, Make

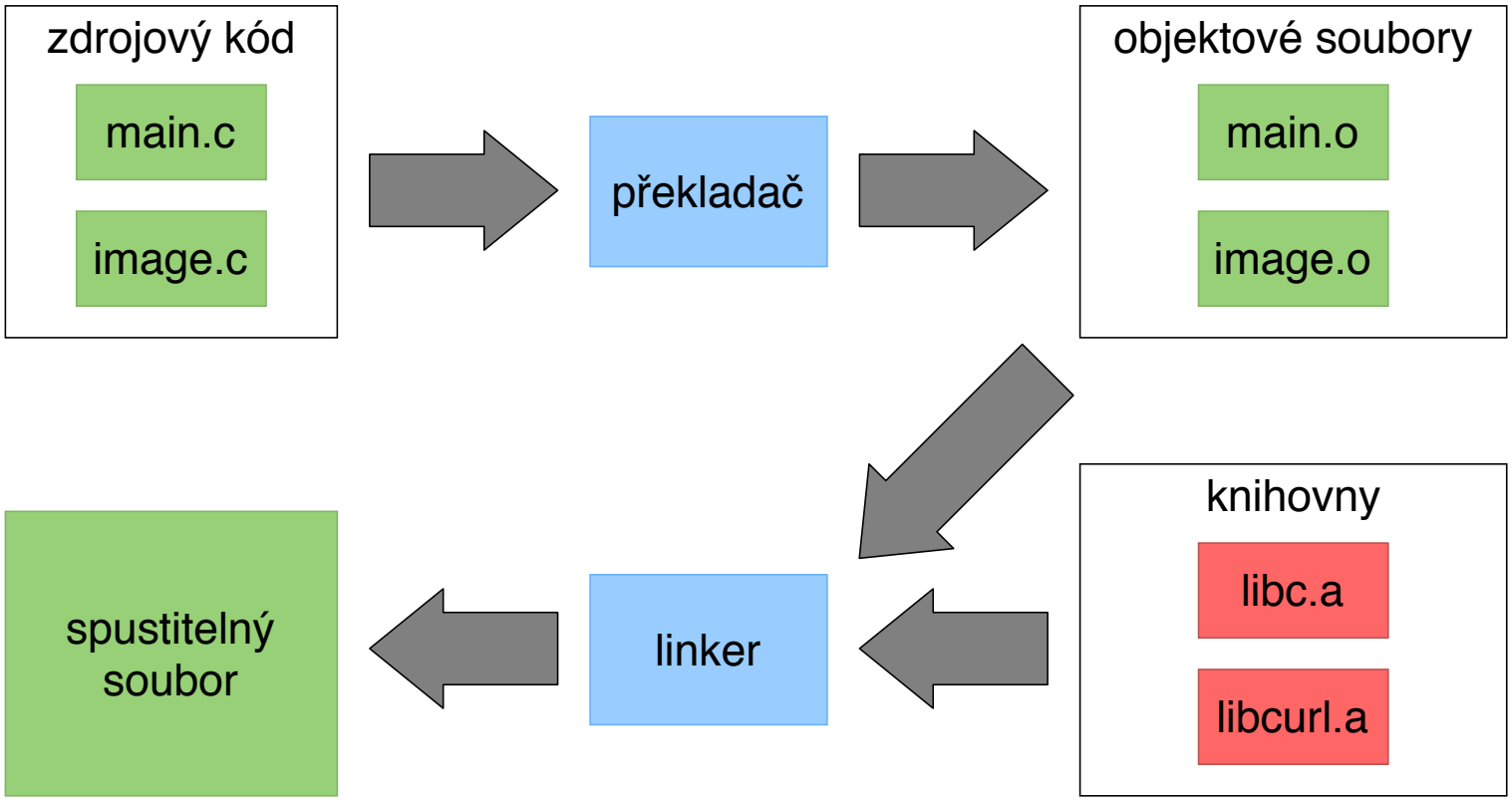
Jan Doležal

Fakulta informačních technologií Vysokého učení technického v Brně,
Božetěchova 1/2, 612 66 Brno – Královo Pole
idolezal@fit.vutbr.cz



8. března 2020

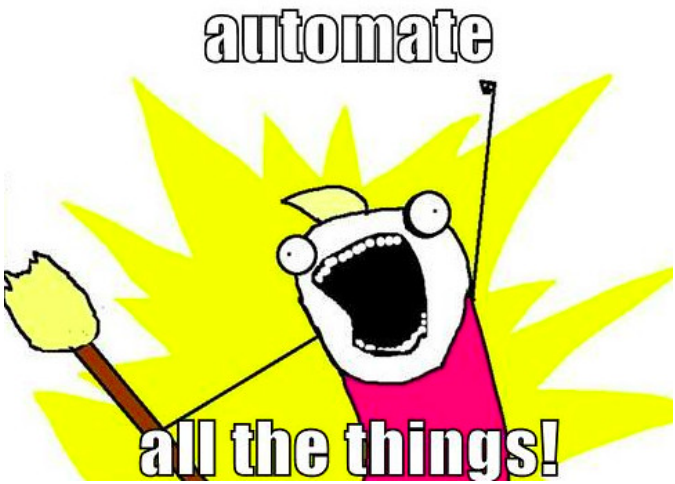
Sestavení programu



Sestavení programu

Proces sestavení programu je rozumné zautomatizovat:

- stejně jako jakýkoliv opakující se proces
- protože je to rychlejší, spolehlivější a méně otravné



Spousta nástrojů:

- C/C++ - Make, CMake...
- Java - Ant, Maven, Gradle...
- JS - Grunt, Gulp, Yarn
- (A to vše třeba na nějakém CI serveru a napojené na GIT - Jenkins, Travis)

- Automatizace překladu (nejen) programů
- Nezávislý na jazyku, multiplatformní, prověřený časem (1977)
- Detekuje změny a přeloží pouze změněné části
- Pravidla v souboru `GNUmakefile`, `makefile`, `Makefile`

Makefile se skládá z:

- cílů (targets)
- závislostí (prerequisites)
- příkazů pro vytvoření cílů ze závislostí (recipes)

Příklady použití:

make (cíl1) (cíl2)

- vykoná cíl1 a cíl2 (výchozí je první cíl zapsaný v Makefile)

make --always-make (cíl) / make -B (cíl)

- vykoná vše, tj. přeloží i nezměněné soubory

make --just-print (cíl) / make --dry-run (cíl) / make -n (cíl)

- pouze vypíše, co by se dělo, ale nic reálně nespustí

make --jobs (počet) (cíl) / make -j (počet) (cíl)

- spouští příkazy paralelně (až daný počet příkazů, případně bez omezení)

make --print-data-base (cíl) / make -p (cíl)

- navíc vypíše proměnné pravidla...

make --makefile rules.mk (cíl) / make -f rules.mk (cíl)

- použije pravidla z jiného souboru než Makefile

Obsahuje definice cílů, závislostí a příkazů

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

Obsahuje definice cílů, závislostí a příkazů

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

- cíle

Obsahuje definice cílů, závislostí a příkazů

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

■ cíle ■ závislosti

Obsahuje definice cílů, závislostí a příkazů

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

■ cíle ■ závislosti ■ příkazy

Obsahuje definice cílů, závislostí a příkazů

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

■ cíle ■ závislosti ■ příkazy

```
1 # Obecně:
2 cíl1: závislost1 závislost2 ...
3     příkaz1
4     příkaz2
```

Obsahuje definice cílů, závislostí a příkazů

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3 ____gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6 ____gcc -c main.c
```

■ cíle ■ závislosti ■ příkazy

```
1 # Obecně:
2 cíl1: závislost1 závislost2 ...
3 ____příkaz1
4 ____příkaz2
```

Příkaz musí být odsazen pomocí tabulátoru!

Co se stane po spuštění make?

1. Pokud není zadán cíl, najdi první (typicky `all`)
2. Aktualizuj jeho závislosti
3. Pokud se alespoň jedna závislost změnila, vykonej uvedené příkazy

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

Co se stane po spuštění make?

1. Pokud není zadán cíl, najdi první (typicky `all`)
2. Aktualizuj jeho závislosti
3. Pokud se alespoň jedna závislost změnila, vykonej uvedené příkazy

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

Co se stane po spuštění make?

1. Pokud není zadán cíl, najdi první (typicky `all`)
2. Aktualizuj jeho závislosti
3. Pokud se alespoň jedna závislost změnila, vykonej uvedené příkazy

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

Co se stane po spuštění make?

1. Pokud není zadán cíl, najdi první (typicky `all`)
2. Aktualizuj jeho závislosti
3. Pokud se alespoň jedna závislost změnila, vykonej uvedené příkazy

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

Co se stane po spuštění make?

1. Pokud není zadán cíl, najdi první (typicky `all`)
2. Aktualizuj jeho závislosti
3. Pokud se alespoň jedna závislost změnila, vykonej uvedené příkazy

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

Co se stane po spuštění make?

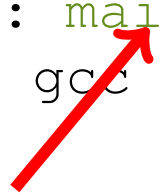
1. Pokud není zadán cíl, najdi první (typicky `all`)
2. Aktualizuj jeho závislosti
3. Pokud se alespoň jedna závislost změnila, vykonej uvedené příkazy

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

Co se stane po spuštění make?

1. Pokud není zadán cíl, najdi první (typicky `all`)
2. Aktualizuj jeho závislosti
3. Pokud se alespoň jedna závislost změnila, vykonej uvedené příkazy

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```



Co se stane po spuštění make?

1. Pokud není zadán cíl, najdi první (typicky `all`)
2. Aktualizuj jeho závislosti
3. Pokud se alespoň jedna závislost změnila, vykonej uvedené příkazy

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

Co se stane po spuštění make?

1. Pokud není zadán cíl, najdi první (typicky `all`)
2. Aktualizuj jeho závislosti
3. Pokud se alespoň jedna závislost změnila, vykonej uvedené příkazy

```
1 # MyProject Makefile
2 all: main.o
3     gcc -o myproject main.o
4
5 main.o: main.c
6     gcc -c main.c
```

Každý řádek příkazů se spouští v samostatném shellu

- případné komentáře make neřeší – celý řádek předá shellu
- změna adresáře, proměnných apod. se nepřenese do dalšího příkazu
  - je nutné je zřetězit

Smaže soubory *.a v aktuální složce:

```
clean-libs:
    cd libs
    rm -f *.a
```

Smaže soubory *.a v podsložce libs:

```
clean-libs:
    cd libs && rm -f *.a
```

Trochu složitější (ale stále jednoduchý) Makefile

```
1  all: hello
2
3  hello: main.o util.o
4      gcc -g -Wall -std=c11 -o hello main.o util.o
5
6  main.o: main.c
7      gcc -g -Wall -std=c11 -c main.c
8
9  util.o: util.c
10     gcc -g -Wall -std=c11 -c util.c
11
12 clean:
13     rm -f hello *.o
```

Trochu složitější (ale stále jednoduchý) Makefile

```
1  all: hello
2
3  hello: main.o util.o
4      gcc -g -Wall -std=c11 -o hello main.o util.o
5
6  main.o: main.c
7      gcc -g -Wall -std=c11 -c main.c
8
9  util.o: util.c
10     gcc -g -Wall -std=c11 -c util.c
11
12 clean:
13     rm -f hello *.o
```

Trochu složitější (ale stále jednoduchý) Makefile

```
1  all: hello
2
3  hello: main.o util.o
4      gcc -g -Wall -std=c11 -o hello main.o util.o
5
6  main.o: main.c
7      gcc -g -Wall -std=c11 -c main.c
8
9  util.o: util.c
10     gcc -g -Wall -std=c11 -c util.c
11
12 clean:
13     rm -f hello *.o
```

Trochu složitější (ale stále jednoduchý) Makefile

```
1  all: hello
2
3  hello: main.o util.o
4      gcc -g -Wall -std=c11 -o hello main.o util.o
5
6  main.o: main.c
7      gcc -g -Wall -std=c11 -c main.c
8
9  util.o: util.c
10     gcc -g -Wall -std=c11 -c util.c
11
12 clean:
13     rm -f hello *.o
```

PROMĚNNÉ
UNIVERZÁLNÍ A IMPLICITNÍ PRAVIDLA

Proměnné

```
CC = gcc
CFLAGS = -Wall --std=c11
CXX = g++
CXXFLAGS = -Wall --std=c++11
LDLIBS = -lzip -lz

EXECUTABLE = hello
OBJS = main.o util.o log.o

# konkatenace
CFLAGS += -O3
```

Automatické proměnné	
$@	Cíl
$<	První závislost
$?	Všechny závislosti novější než cíl
$^	Všechny závislosti bez duplicit
$+	Všechny závislosti vč. duplicit
$(@D) $(<D) $(^D) $(+D)	Jména složek
$(@F) $(<F) $(^F) $(+F)	Jména souborů

Proměnné se dá použít prakticky kdekoliv:

```
all: $(EXECUTABLE)
$(EXECUTABLE): $(OBJS)
    $(CC) $(FLAGS) -o $@ $^ $(LDLIBS)
```

Obsah proměnné se vyhodnocuje až při použití:

```
CFLAGS = $(include_dirs)
include_dirs = -Ifoo
```

Ale pozor na rekurzi:

```
CFLAGS = $(CFLAGS) -Ibar
```

Operátor := vyhodnotí obsah proměnné ihned:

```
CFLAGS := $(CFLAGS) -Ibar
```

---

https://www.gnu.org/software/make/manual/html_node/Flavors.html

Použití proměnných

```
1  all: hello
2
3  hello: main.o util.o
4      gcc -g -Wall -std=c11 -o hello main.o util.o
5
6  main.o: main.c
7      gcc -g -Wall -std=c11 -c main.c
8
9  util.o: util.c
10     gcc -g -Wall -std=c11 -c util.c
11
12 clean:
13     rm -f hello *.o
```

Použití proměnných

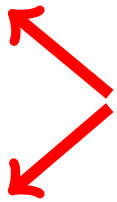
```
1  EXECUTABLE = hello
2  CC = gcc
3  CFLAGS = -g -Wall --std=c11
4
5  all: hello
6
7  hello: main.o util.o
8      gcc -g -Wall -std=c11 -o hello main.o util.o
9
10 main.o: main.c
11     gcc -g -Wall -std=c11 -c main.c
12
13 util.o: util.c
14     gcc -g -Wall -std=c11 -c util.c
15
16 clean:
17     rm -f hello *.o
```

Použití proměnných

```
1  EXECUTABLE = hello
2  CC = gcc
3  CFLAGS = -g -Wall --std=c11
4
5  all: $(EXECUTABLE)
6
7  $(EXECUTABLE): main.o util.o
8      $(CC) $(CFLAGS) -o $@ $^
9
10 main.o: main.c
11     $(CC) $(CFLAGS) -c $^
12
13 util.o: util.c
14     $(CC) $(CFLAGS) -c $^
15
16 clean:
17     rm -f $(EXECUTABLE) *.o
```

Použití proměnných

```
1  EXECUTABLE = hello
2  CC = gcc
3  CFLAGS = -g -Wall --std=c11
4
5  all: $(EXECUTABLE)
6
7  $(EXECUTABLE): main.o util.o
8      $(CC) $(CFLAGS) -o $@ $^
9
10 main.o: main.c
11     $(CC) $(CFLAGS) -c $^
12
13 util.o: util.c
14     $(CC) $(CFLAGS) -c $^
15
16 clean:
17     rm -f $(EXECUTABLE) *.o
```



tato pravidla jsou de facto stejná

Lze psát univerzální pravidla pomocí znaku %

```
%.o: %.c
    $(CC) $(CFLAGS) -c $<
```

Make má v sobě zabudovanou sadu implicitních pravidel:

```
%.c → %.o
    $(CC) $(CPPFLAGS) $(CFLAGS) -c

%.c, %.cpp, %.C → %.o
    $(CXX) $(CPPFLAGS) $(CXXFLAGS) -c

%.o → %
    $(CC) $(LDFLAGS) n.o $(LOADLIBES) $(LDLIBS)
```

https://www.gnu.org/software/make/manual/html_node/Catalogue-of-Rules.html

Použití univerzálních pravidel

```
1  EXECUTABLE = hello
2  CC = gcc
3  CFLAGS = -g -Wall --std=c11
4
5  all: $(EXECUTABLE)
6
7  $(EXECUTABLE): main.o util.o
8      $(CC) $(CFLAGS) -o $@ $^
9
10 main.o: main.c
11     $(CC) $(CFLAGS) -c $^
12
13 util.o: util.c
14     $(CC) $(CFLAGS) -c $^
15
16 clean:
17     rm -f $(EXECUTABLE) *.o
```

Použití univerzálních pravidel

```
1  EXECUTABLE = hello
2  CC = gcc
3  CFLAGS = -g -Wall --std=c11
4
5  all: $(EXECUTABLE)
6
7  $(EXECUTABLE): main.o util.o
8      $(CC) $(CFLAGS) -o $@ $^
9
10 %.o: %.c
11     $(CC) $(CFLAGS) -c $^
12
13
14
15
16 clean:
17     rm -f $(EXECUTABLE) *.o
```

Použití implicitních pravidel

```
1  EXECUTABLE = hello
2  CC = gcc
3  CFLAGS = -g -Wall --std=c11
4
5  all: $(EXECUTABLE)
6
7  $(EXECUTABLE): main.o util.o
8
9
10
11
12 # s využitím zabudovaných pravidel není třeba psát skoro nic
13
14
15
16 clean:
17     rm -f $(EXECUTABLE) *.o
```

Srovnání původního a zkráceného Makefile

```
1
2
3
4
5  all: hello
6
7  hello: main.o util.o
8      gcc -g -Wall -std=c11 -o hello main.o util.o
9
10 main.o: main.c
11     gcc -g -Wall -std=c11 -c main.c
12
13 util.o: util.c
14     gcc -g -Wall -std=c11 -c util.c
15
16 clean:
17     rm -f hello *.o
```

```
1  EXECUTABLE = hello
2  CC = gcc
3  CFLAGS = -g -Wall --std=c11
4
5  all: $(EXECUTABLE)
6
7  $(EXECUTABLE): main.o util.o
8
9
10
11
12
13
14
15
16 clean:
17     rm -f $(EXECUTABLE) *.o
```

DALŠÍ VYCHYTÁVKY

Volání funkcí:

```
$(function arg1,arg2,arg3 ...)
```

Například:

```
SOURCES = $(wildcard *.c)
OBJS = $(patsubst %.c,%.o,$(SOURCES))

USERNAME := $(shell whoami)
HOSTNAME := $(shell hostname)
```

https://www.gnu.org/software/make/manual/html_node/Functions.html

pkg-config

Program poskytující informace o nainstalovaných knihovnách, umožňuje automaticky nastavit překladač.

Použití v Makefile:

```
CFLAGS += $(shell pkg-config --cflags libzip)
LDLIBS += $(shell pkg-config --libs libzip)
```

Do `CFLAGS` přidá:

```
-I/usr/lib/libzip/include
```

Do `LDLIBS` přidá:

```
-lzip -lz
```

Speciální cíl `.PHONY` umožňuje definovat, které cíle se mají provést vždy bez ohledu na existenci souborů.

```
.PHONY: clean

clean:
	rm -f $(EXECUTABLE) *.o
```

Pokud by chyběla definice `.PHONY` a existoval by soubor `clean`, příkaz by se nevykonal.

---

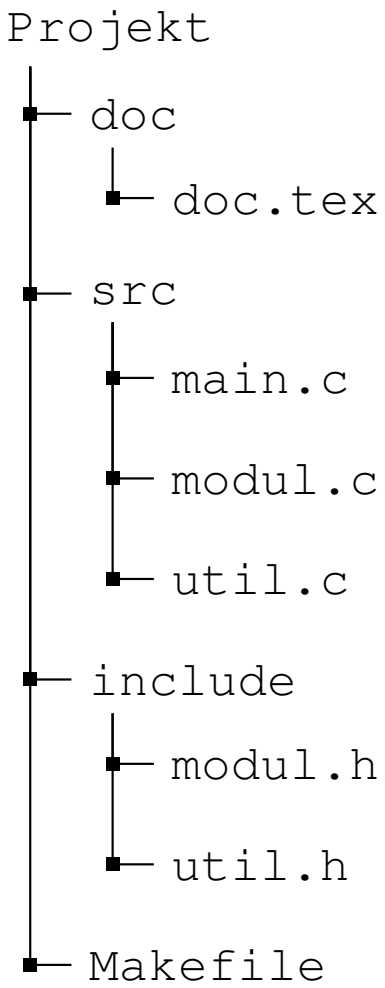
https://www.gnu.org/software/make/manual/html_node/Special-Targets.html

Říká, kde se mají hledat závislosti cílů.

```
# všechny typy souborů
VPATH = doc src include

# jen některé typy
vpath %.c src
vpath %.h include
vpath %.tex doc

modul.o: modul.c modul.h util.h
	$(CC) $(CFLAGS) -c $<
```



http://make.mad-scientist.net/papers/how-not-to-use-vpath/

gcc umí vygenerovat cíle a závislosti pro Makefile

```
gcc -MM *.c
```

Výstup je například:

```
dtsp.o: dtsp.c dtsp.h random.h config.h load.h
load.o: load.c config.h load.h dtsp.h random.h
main.o: main.c dtsp.h random.h config.h load.h
```

Google: *make auto dependency gcc mm*

Příklad Makefile

```
1  LOGIN = xwigla00
2  SERVER = merlin.fit.vutbr.cz
3  SERVER_DIR = ~/KRY/proj1
4  ZIP_FILE = $(LOGIN).zip
5  .PHONY: all pack run clean upload
6
7  all: $(EXECUTABLE)
8  pack: $(ZIP_FILE)
9  run: $(EXECUTABLE)
10     ./$(EXECUTABLE) $(ARGS)
11 $(EXECUTABLE): $(OBJS)
12 clean:
13     rm -f $(EXECUTABLE) *.o $(ZIP_FILE)
14 $(ZIP_FILE): *.c *.h Makefile doc/doc.pdf
15     zip -j $@ $^
16 upload: $(ZIP_FILE)
17     scp $^ $(SERVER):$(SERVER_DIR)
18     ssh $(LOGIN)@$(SERVER) \
19         "cd $(SERVER_DIR) && unzip $^ && make"
```

Příklad Makefile - další užitečné cíle

```
valgrind: $(EXECUTABLE)
    valgrind ./$(EXECUTABLE) $(ARGS)

gdb: $(EXECUTABLE)
    gdb -ex ./$(EXECUTABLE) --args $(ARGS)

leaks: $(EXECUTABLE)
    valgrind --track-origins=yes --leak-check=full \
        --show-reachable=yes ./$(EXECUTABLE) $(ARGS)
```

Příklad Makefile - další užitečné cíle

```
valgrind: $(EXECUTABLE)
    valgrind ./$(EXECUTABLE) $(ARGS)

gdb: $(EXECUTABLE)
    gdb -ex ./$(EXECUTABLE) --args $(ARGS)

leaks: $(EXECUTABLE)
    valgrind --track-origins=yes --leak-check=full \
        --show-reachable=yes ./$(EXECUTABLE) $(ARGS)
```

Proměnná lze nastavit i při spuštění programu `make`.

```
$ make gdb ARGS='--input /foo/bar'
```

Literatura

- Prezentace – Michal Wiglasz <iwiglasz@fit.vutbr.cz>
- `http://www.fit.vutbr.cz/~martinek/clang/make.html`
- `https://www.gnu.org/software/make/manual/html_node/`
- `http://make.mad-scientist.net/papers/rules-of-makefiles/`
- `https://www.cmcrossroads.com/article/basics-vpath-and-vpath`
- `http://make.mad-scientist.net/papers/how-not-to-use-vpath/`

idolezal@fit.vutbr.cz