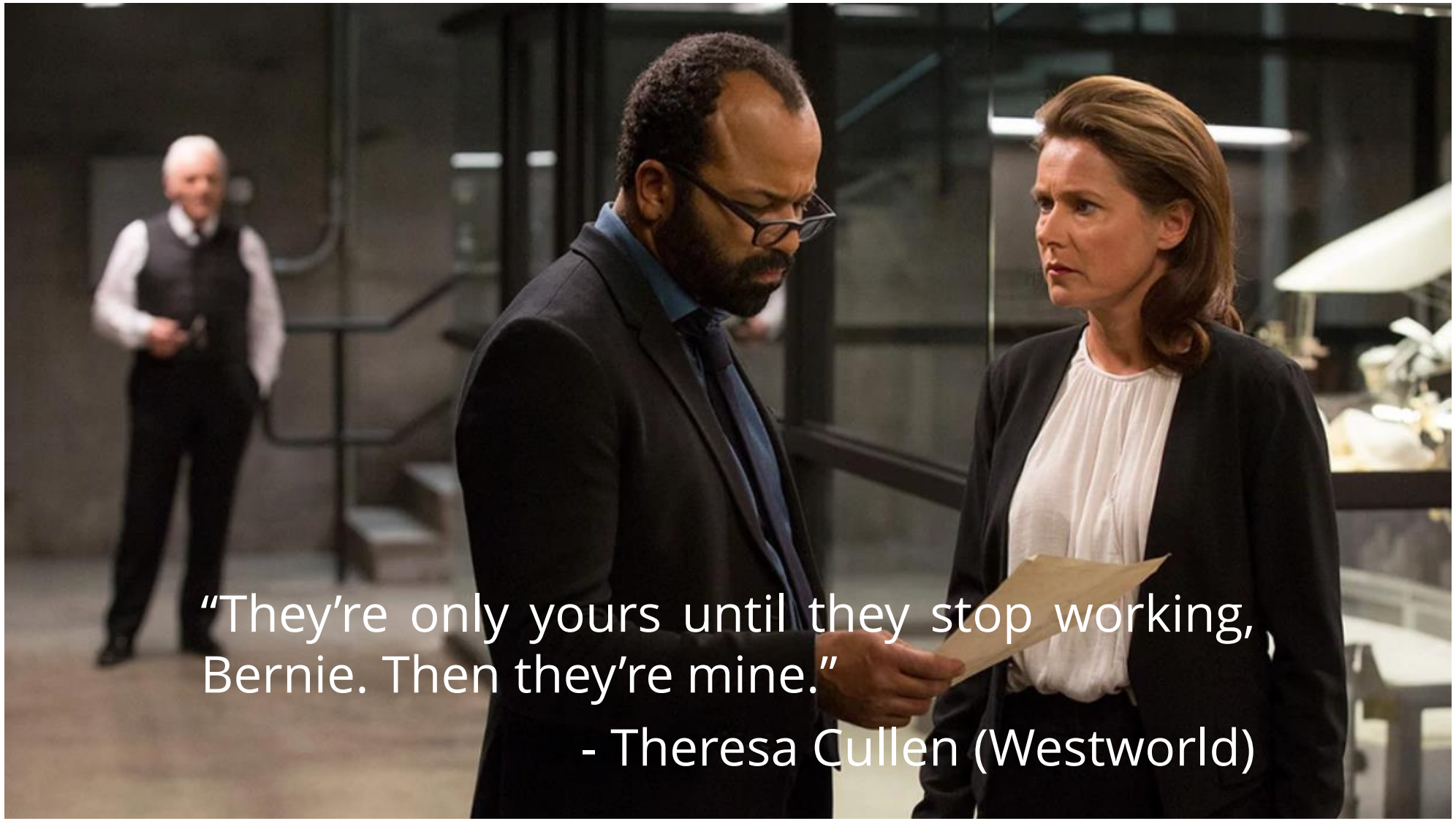
# QA, bugtracking, debugging, valgrind a profiling

**Tomáš Švec & Jan Doležal**

Brno University of Technology, Faculty of Information Technology
Božetěchova 1/2, 612 66 Brno - Královo Pole
isvec@fit.vutbr.cz, idolezal@fit.vutbr.cz


24.03.2020
Praktické aspekty vývoje software (IVS)

# QUALITY ASSURANCE


“They’re only yours until they stop working, Bernie. Then they’re mine.”
- Theresa Cullen (Westworld)

- Proces zajišťování kvality
- Týká se všech fází vývoje, pro procesy i pro výstup

Kontrola kvality procesů

- ISO 9001, CMM, SPICE
- certifikovat lze i proces výroby nekvalitních produktů

Kontrola kvality výstupu (software)

- code review
- testování
- QA inženýr kontroluje práci vývojářů

# Capability Maturity Model (CMM)

Hodnocení vyspělosti procesů v organizaci

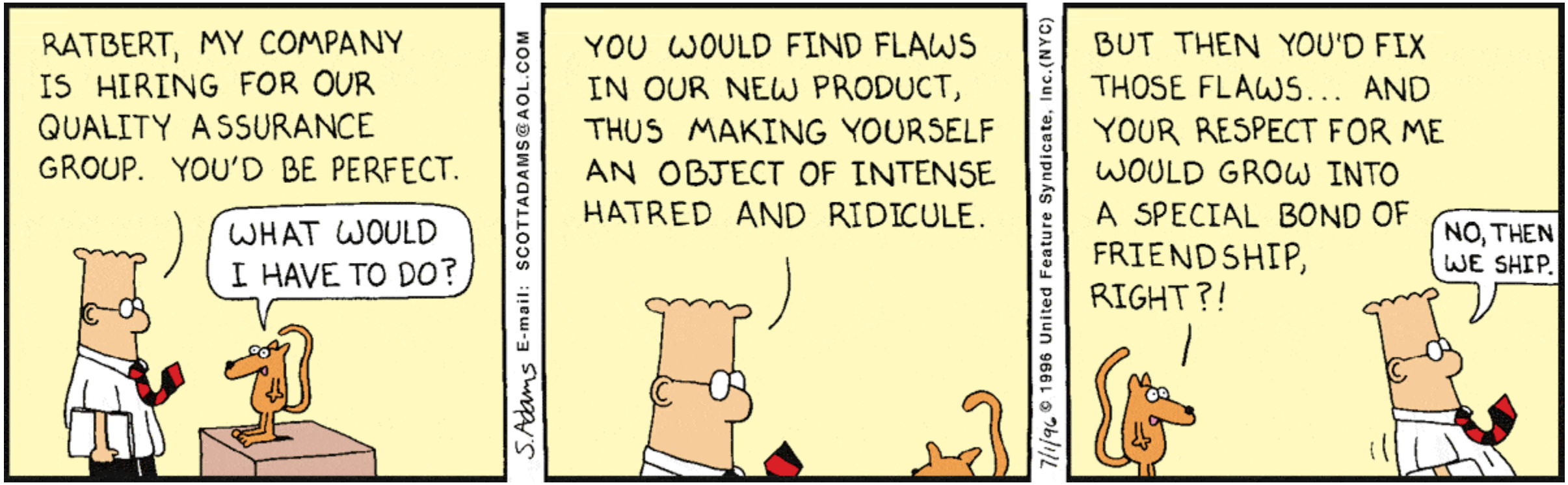
1 - Počáteční (Initial)
- Procesy jsou realizovány adhoc

2 - Opakované (Repeatable)
- Dodržuje se určitá kázeň nezbytná pro provádění základních opakovaných procesů

3 - Definovaná (Defined)
- Procesy organizace jsou zdokumentovány

4 - Řízená (Managed)
- Procesy jsou řízeny a provádí se měření jejich výkonnosti pomocí KPI (Key Performance Indicators)

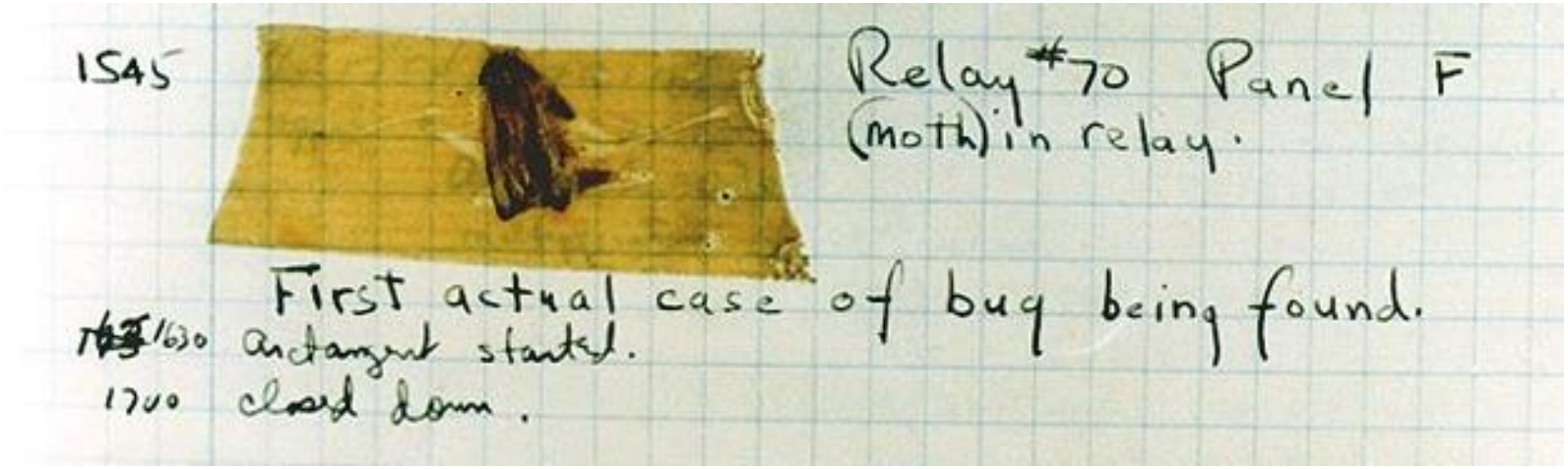
5 - Optimalizovaná (Optimized)
- Procesy jsou trvale zlepšovány, existuje inovační cyklus na procesech a řízení


RATBERT, MY COMPANY IS HIRING FOR OUR QUALITY ASSURANCE GROUP. YOU'D BE PERFECT.
WHAT WOULD I HAVE TO DO?
S. Adams E-mail: SCOTTADAMS@AOL.COM
YOU WOULD FIND FLAWS IN OUR NEW PRODUCT, THUS MAKING YOURSELF AN OBJECT OF INTENSE HATRED AND RIDICULE.
7/1/96 © 1996 United Feature Syndicate, Inc.(NYC)
BUT THEN YOU'D FIX THOSE FLAWS... AND YOUR RESPECT FOR ME WOULD GROW INTO A SPECIAL BOND OF FRIENDSHIP, RIGHT?!
NO, THEN WE SHIP.

Původ slova **bug?**

Thomas Edison v dopise z roku 1878.

Historka o molu v relé počítače Mark II v roce 1947.



## Mariner 1 (1962)

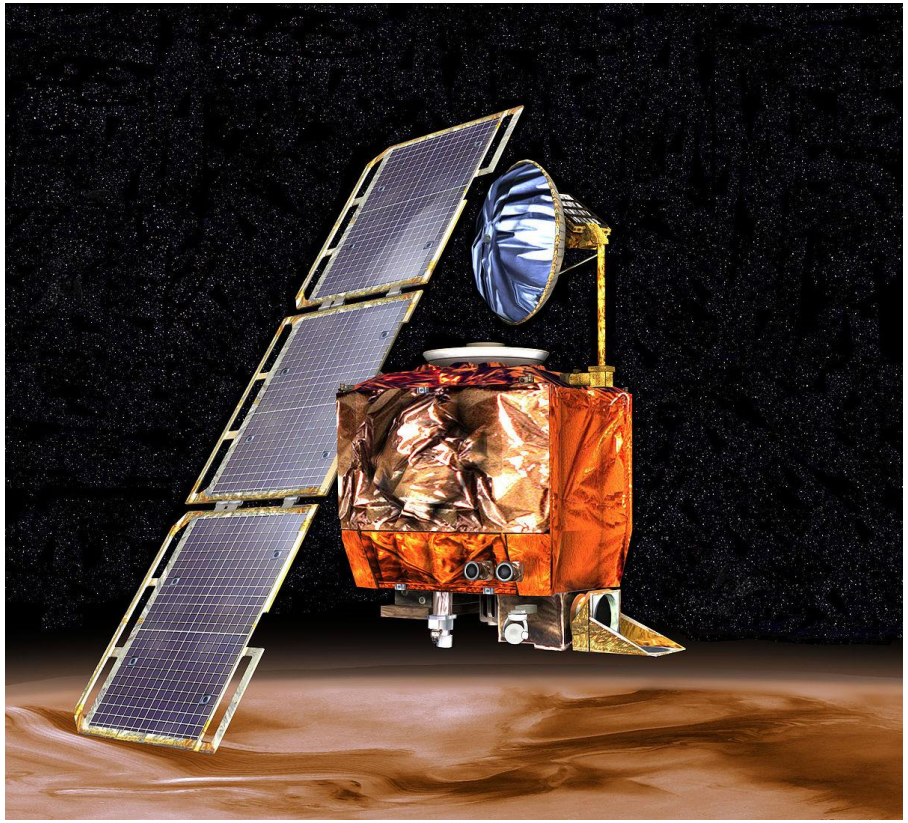
- Americká sonda určená k průzkumu Venuše
- Chyba při přepisu vzorce naváděcího programu
- Z původního $\overline{\dot{R}_n}$ se během přepisu stalo $\dot{R}_n$
- Čára znamená „vyhlazená data“
  (nevýznamné odchylky by neměly být brány v potaz)
- Ztráta 18,5 milionů dolarů
  (cca 150 milionů dnešních dolarů)

## Mars Climate Orbiter (1999)

- Software od Lockheed Martin předával výsledky v imperiálních jednotkách
- Software od NASA je očekával v jednotkách SI
- Výsledkem byla chybně vypočítaná trajektorie vstupu na oběžnou dráhu

  (po 286 dnech letu)
- Cena: 328,6 milionů dolarů

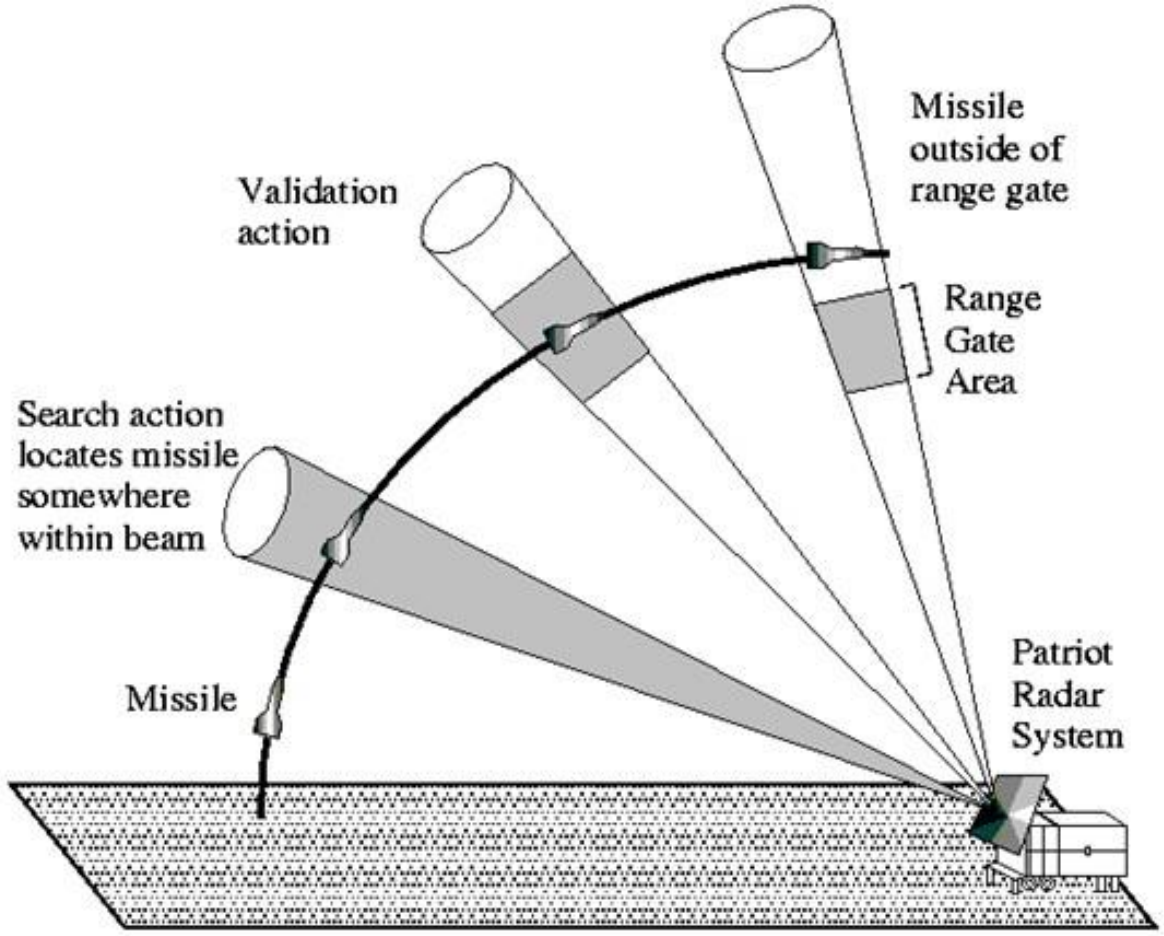
  (cca 507 milionů dnešních dolarů)



## Protiraketové střely Patriot (25. 2. 1991)

- 28 mrtvých, 98 zraněných
- systémové hodiny měřily čas v desetinách sekundy (jako celé číslo)
- čas se pak převáděl na desetinné číslo (tzn. vydělil se 10) na 24 bitech
- po 100 hodinách odchylka 0,34 s
- za tuto dobu irácká raketa Scud uletěla cca 800 metrů

  (a proto ji Patriot minul)



## USS Yorktown CG-48 (1997)

- Smart Ship, síť 27 počítačů
- Po zadání nuly na nesprávné místo v datech došlo k dělení nulou, přetečení bufferu a výpadku na 2,5 hodiny

## Therac-25 (80. léta)

- Minimálně 5 mrtvých (údajně až 22)
- Obsluha omylem zvolila použití vysokoenergetického paprsku, po opravě na nízkoenergetický se ale přesto spustil vysokoenergetický paprsek
- Chybějící code review
- Chybějící hardwarové pojistky (odstraněny při přechodu na čistě SW řízení)
- První testy proběhly až v nemocnici
- Systém poznal, že něco nesedí, ale chyby byly časté a šlo je ignorovat
- Race condition, pokud byl operátor moc rychlý
  - jedna proměnná pro více účelů

## Boeing 787 Dreamliner

- Po 248 dnech přejdou elektrické generátory do nouzového režimu (2015)
- Po 22 dnech se bez varování restartují všechny tři řídicí moduly (2016)

## Boeing 737 MAX

- 2 nehody v rozmezí 5 měsíců, 346 mrtvých (2018-2019)
- Maneuvering Characteristics Augmentation System (MCAS)
- Může způsobit neočekávaný let střemhlav – chyběl v manuálech a školení
- Certifikace FAA – kroky delegované Boeingu
- Cena cca. 18,6 miliard dolarů (březen 2020)

Chyby jsou **nevyhnutelné**.

- vytvořit bezchybný kód je téměř nemožné
- pro většinu aplikací není nutná absolutní bezchybnost
- ale jsou výjimky: zdravotnictví, vojenství, aerospace

Péče věnovaná testování by měla být úměrná náročnosti, důležitosti a nebezpečnosti zakázky.

Metodologie: extrémní programování (XP), programování řízené testy (TDD), lean development, Crystal, Adaptive Software Development, ...

# Možné chování chybného programu

Pád programu

- i laik pozná, že je něco špatně

Nekonečný cyklus či rekurze

- nemusí být jasné, jestli program něco dělá

Chyby ve výsledných hodnotách

- program zdánlivě funguje správně

## Syntaktické chyby

- prohřešky proti gramatice jazyka
- program nelze přeložit
- u interpretovaných jazyků se odhalí až za běhu
- chytrý editor je označí už během psaní

## Sémantické chyby

- program nedělá, co má
- obtížná autodetekce

# Příklady chyby

Syntaktické:

- chybějící středník či závorka (v Pythonu odsazení)
- překlep v názvu proměnné, funkce, ...

Sémantické:

- chybný přístup do paměti
- dělení nulou
- chyba o jedničku
- přetečení
- nekonečný cyklus
- chyby v synchronizaci vláken

# Jiný pohled na typy chyb

- Textové = překlepy
- Pády aplikace → debugger / valgrind
  - segmentation fault, buffer overflow…
- Úniky paměti (memory leak) → valgrind
- Problémy s výkonem → profiler / vyšší výkon v cloudu?
- Neočekávané chování
  - program dělá něco jiného, než by měl
  - chyba v programu nebo dokumentaci?
- Bezpečnostní problémy
  - např. neošetřené vstupy (SQL injection, CSRF, XSS, …)

# BUG TRACKING

Také *Issue Tracking*, *Ticket System*…

- Aby mohl vývojář vyřešit problém, musí o něm vědět
- Více kódu → více chyb → potřeba lepší evidence

- Hlášení chyb a požadavků
- Přiřazování vývojářům či testerům
- Sledování životního cyklu chyb
- Sledování závislosti chyb
- Lze provázat s verzovacím systémem (např. GitHub)

- JIRA, Team Foundation Server, Bugzilla, Trac, Redmine, Mantis…

# Třídění chyb

Podle závažnosti:

- blokující
- kritický
- významný
- normální
- méně důležitý
- triviální (drobnosti, chyby v překladu…)
- rozšíření (požadavek na vylepšení) – “Change Requests” (CRs)

Požadavky jsou zpracovávány dle priority

- dle závažnosti, množství výskytů, …

# Pozor na závažnost vs. priorita!

- Závažnost (severity)
  - Označuje dopad výskytu chyby
  - V různých organizacích různé úrovně (viz následující slide)
  - Většinou lze určit podle sady pravidel
    - “Existuje workaround?”
    - “Postihuje určité procento uživatelů?”
    - “Ovlivňuje klíčovou funkcionalitu systému?”
- Priorita (priority)
  - Označuje jak brzy se s chybou vypořádáme
  - Můžou existovat dvě chyby se stejnou závažností, ale v různých modulech
  - Opravě kterého modulu pak dáme větší přednost?
  - Většinou se určuje po dohodě s týmem/zákazníkem

# Příklad klasifikace závažnosti (severity) chyb

- S1 Critical – ovlivňuje klíčovou funkcionalitu nebo data, nemá workaround (např. nefunguje přihlášení)
- S2 Major – ovlivňuje důležitou funkcionalitu nebo data, má složitý workaround (např. nejde založit uživatele, lze ručně v DB)
- S3 Minor – ovlivňuje vedlejší funkcionalitu nebo méně důležitá data, má snadný workaround (např. v jedné obrazovce nejde změnit přezdívka)
- S4 Trivial – neovlivňuje funkcionalitu ani data, není třeba workaround (např. překlep, nezarovnané popisky)

- http://softwaretestingfundamentals.com/defect-severity/

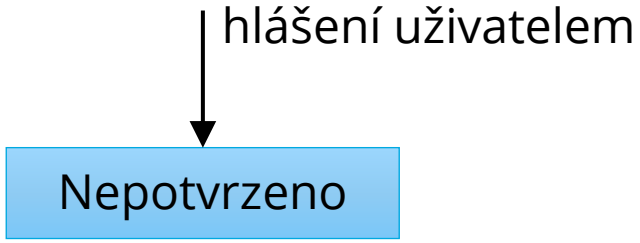
Hlášení chyby (požadavku) by mělo obsahovat maximum relevantních informací:

- jméno požadavku
- stručný popis
- verze SW
- verze operačního systému, knihoven, platforma…
- postup, jak chybu reprodukovat (video?)
- popis očekávaného chování
- popis skutečného chování
- kontaktní údaje

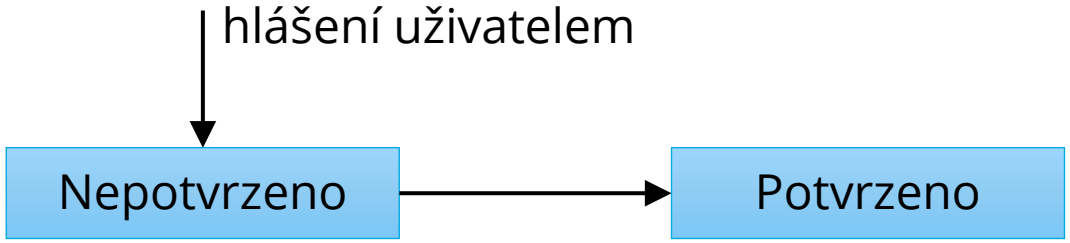
# Odstrašující příklady z praxe

- Nicneříkající popis
  - “CHYBA!”
  - “Systém nefunguje”
  - “Nízký výkon aplikace”
- Shlukování více chyb do jedné – pro každou zvláštní ticket
- Neuvádí se, na jakém prostředí se chyba projevuje
- Nedostatek relevantních informací
- Špatně nastavená závažnost/priorita (barva menu je jistě kritická)

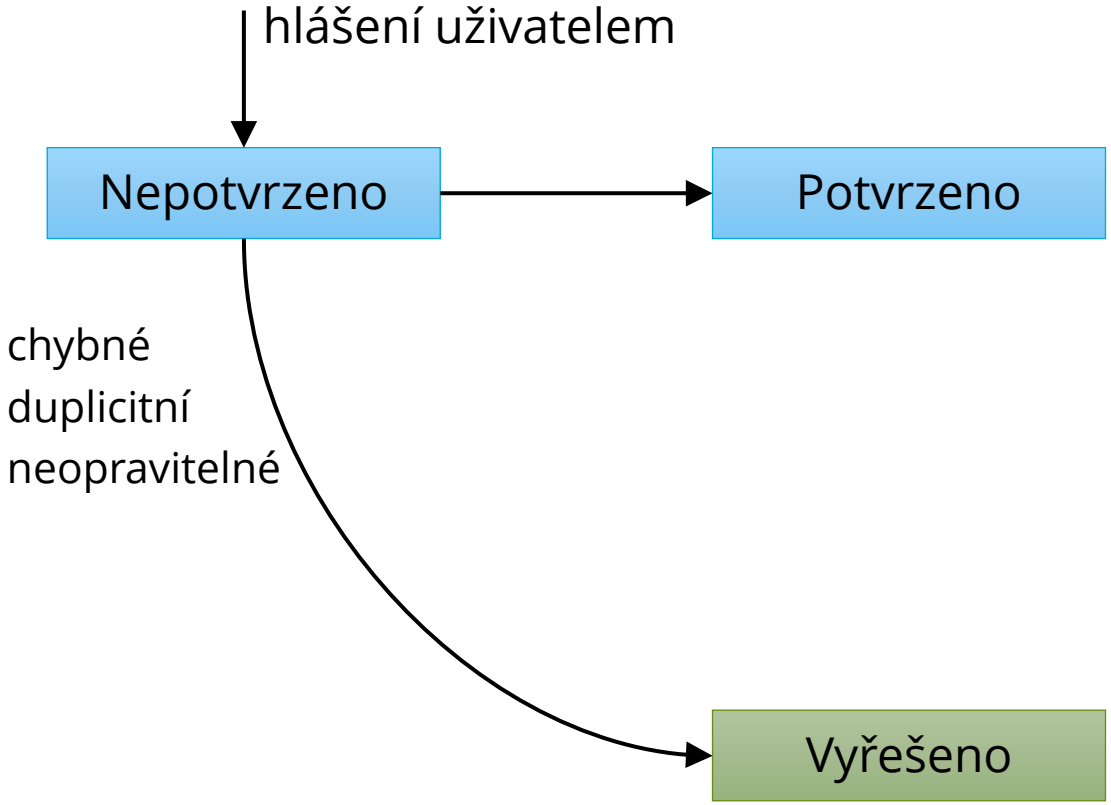
# Životní cyklus chyby



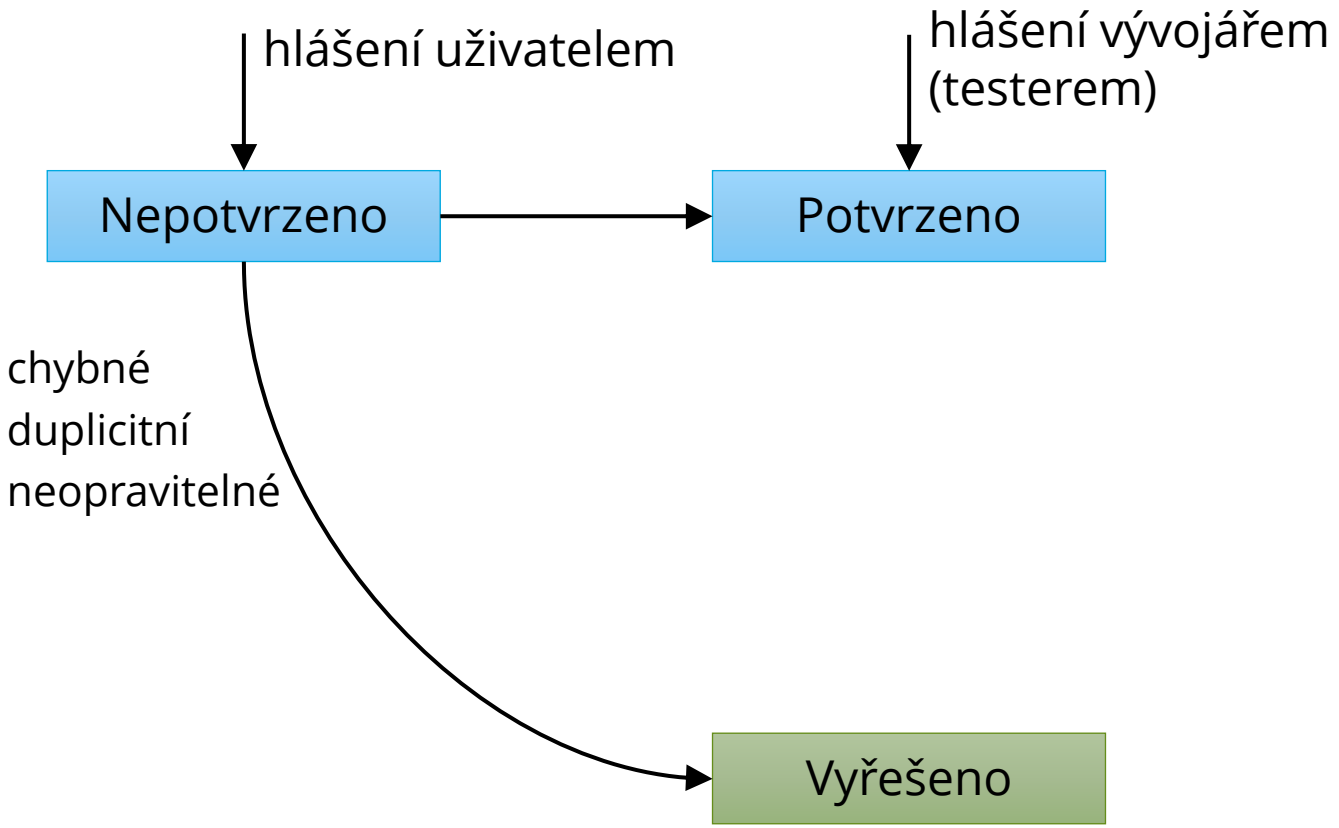
# Životní cyklus chyby



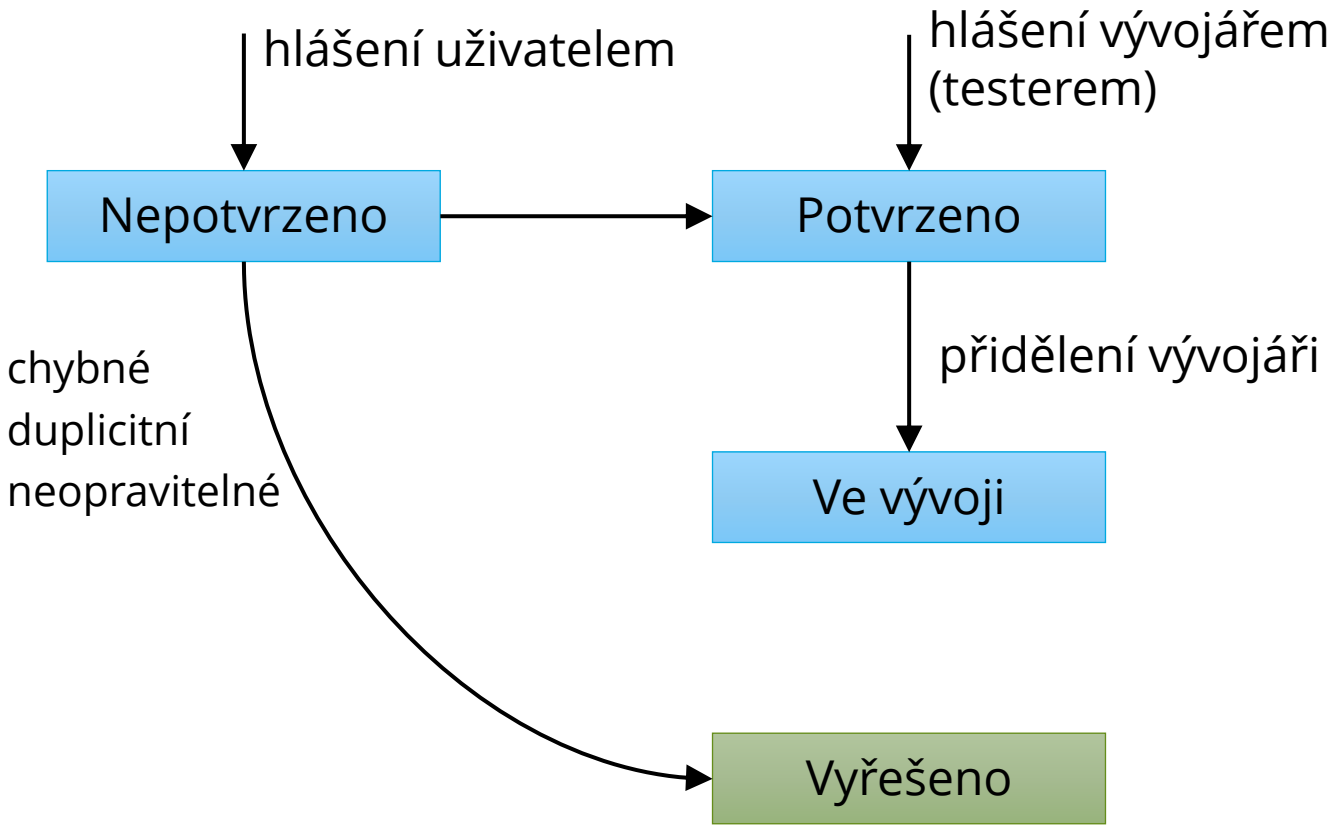
# Životní cyklus chyby - “It’s not a bug, it’s a feature”



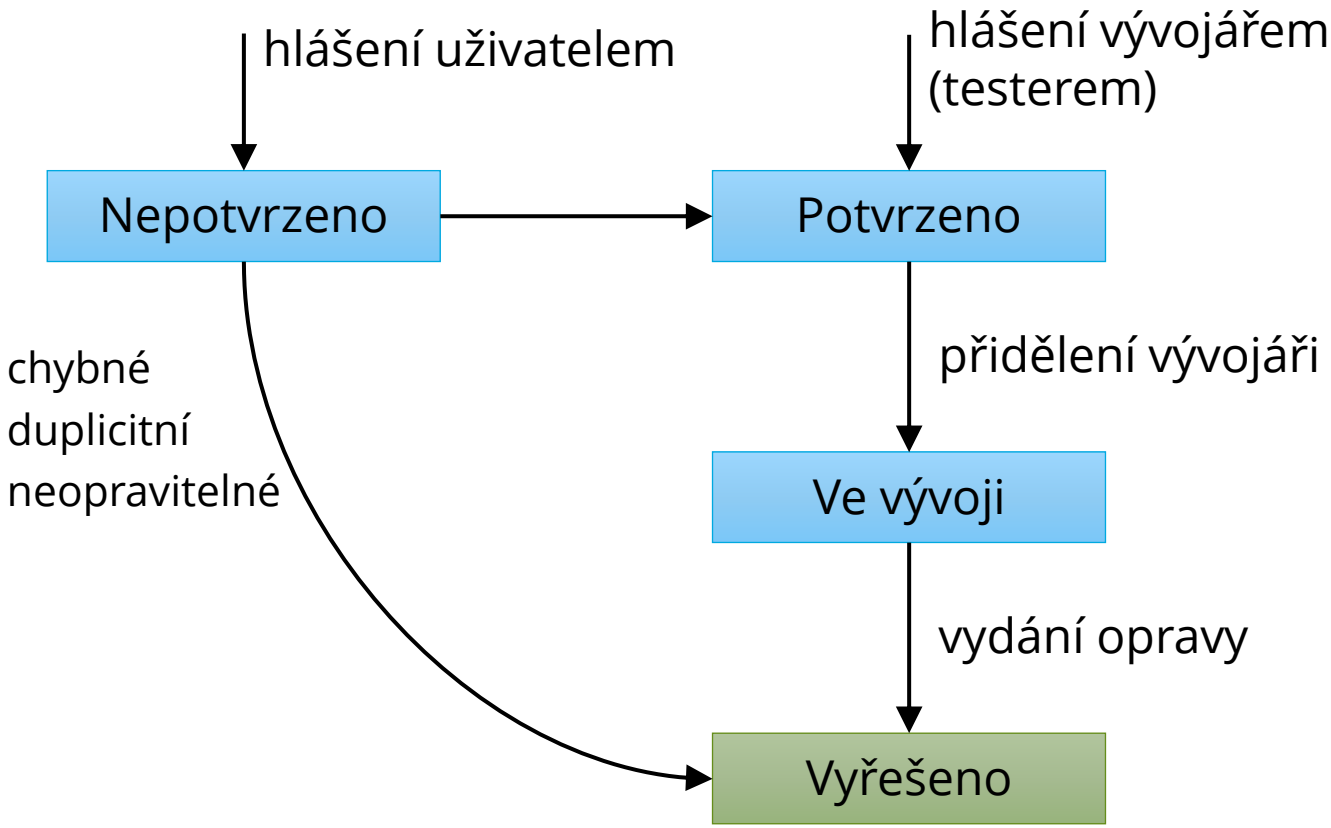
# Životní cyklus chyby – Pozor na oddělené týmy testing vs. development



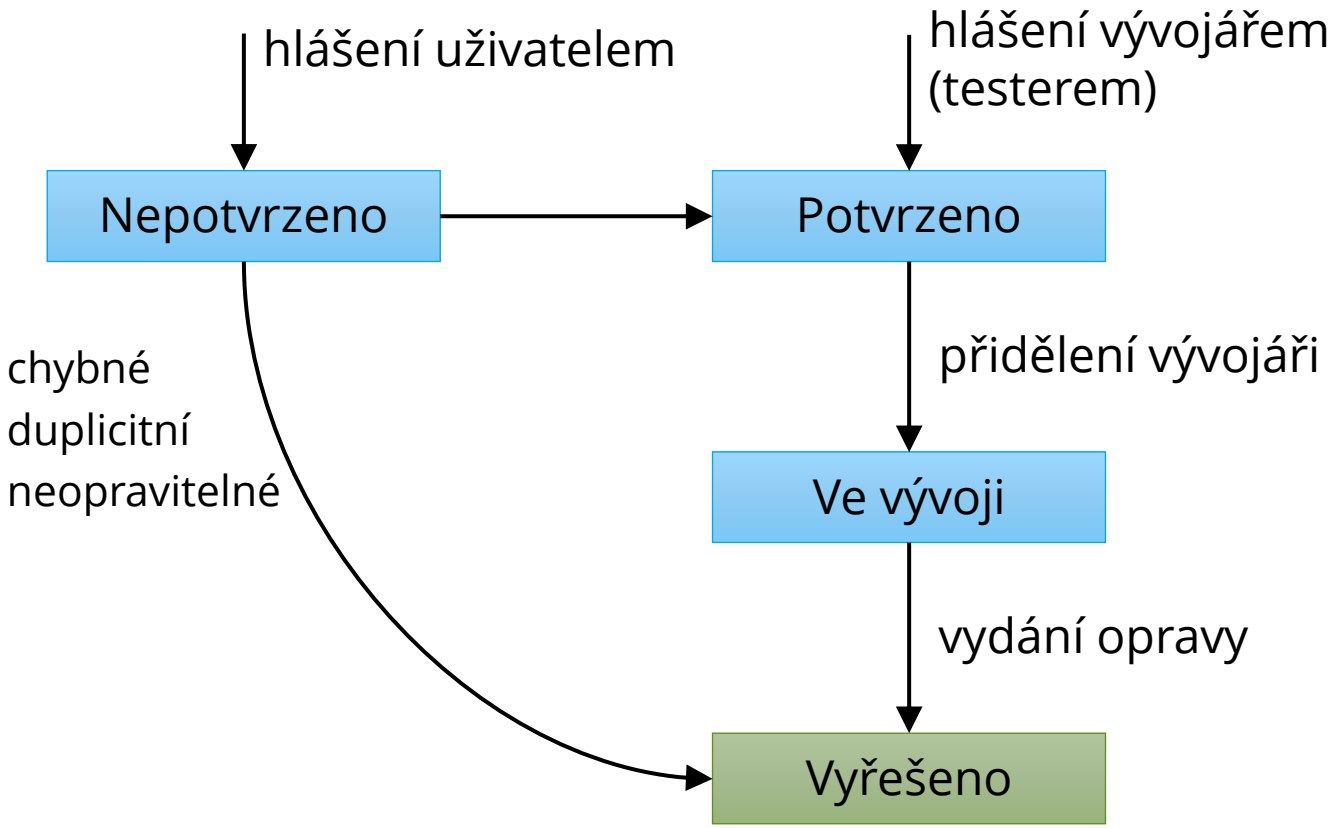
# Životní cyklus chyby



# Životní cyklus chyby



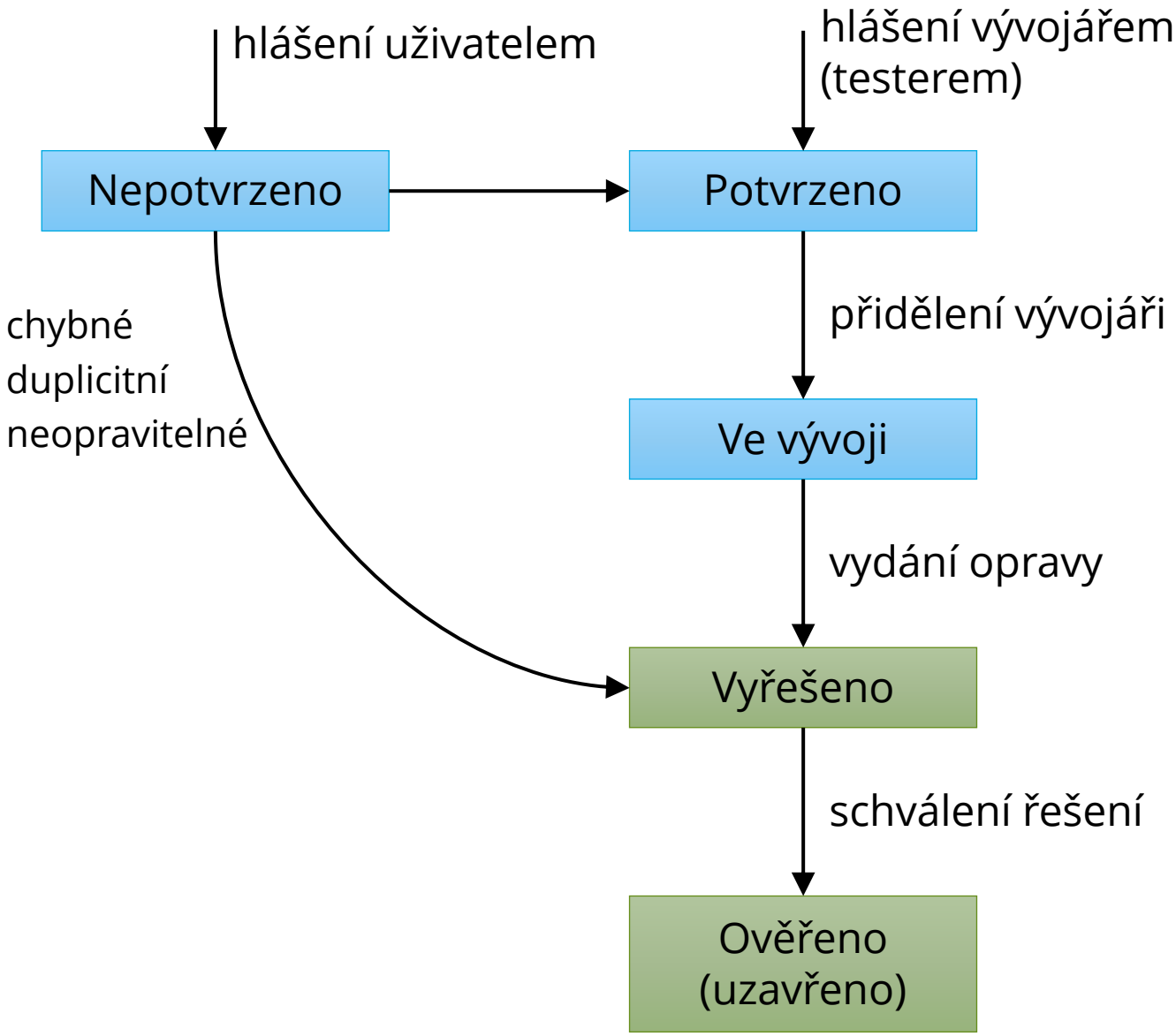
# Životní cyklus chyby




Možná řešení:

- chybné
- opraveno
- duplicitní
- neopravitelné (won't fix)
- rozpracováno
- později

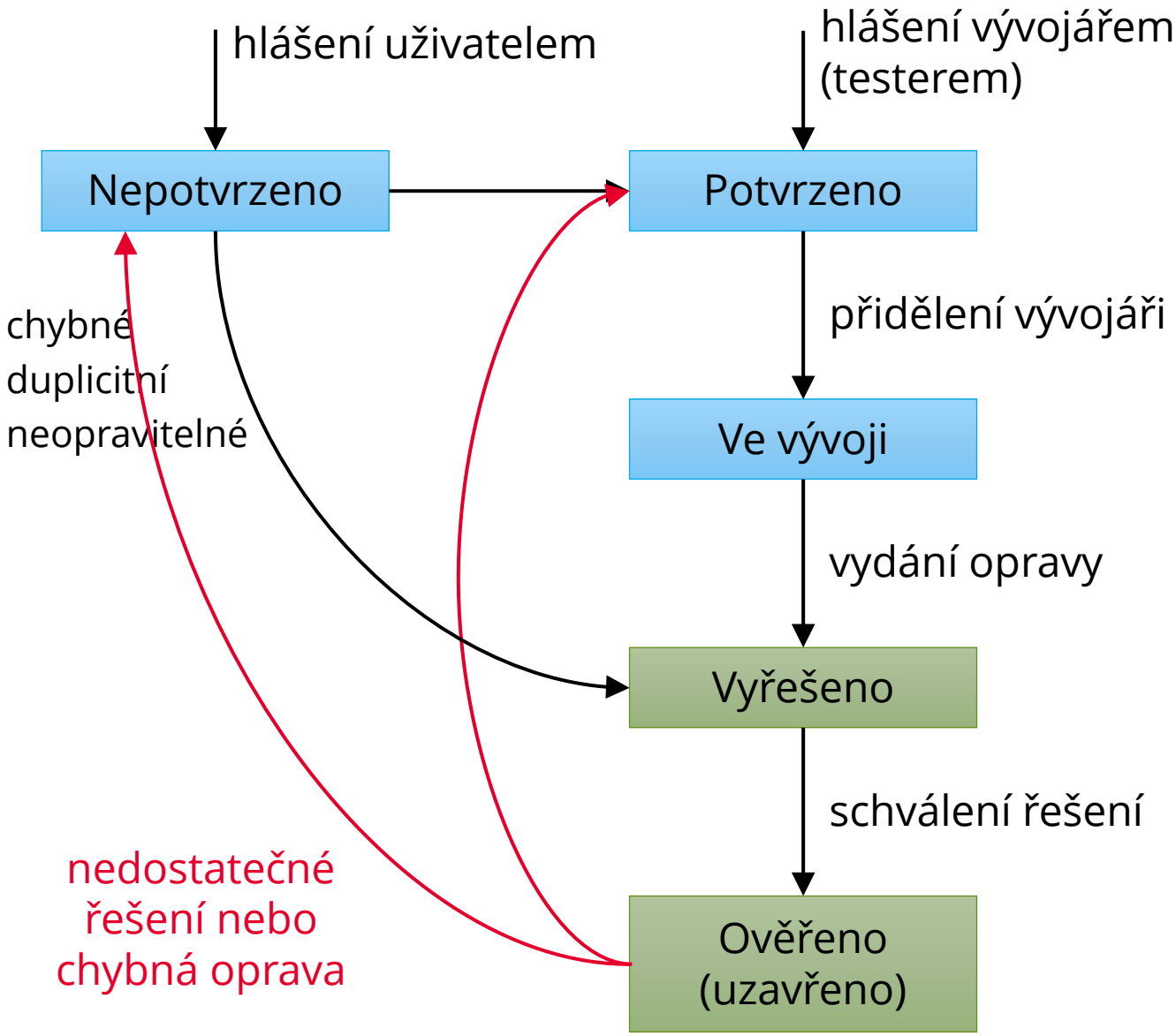
# Životní cyklus chyby




Možná řešení:

- chybné
- opraveno
- duplicitní
- neopravitelné (won't fix)
- rozpracováno
- později

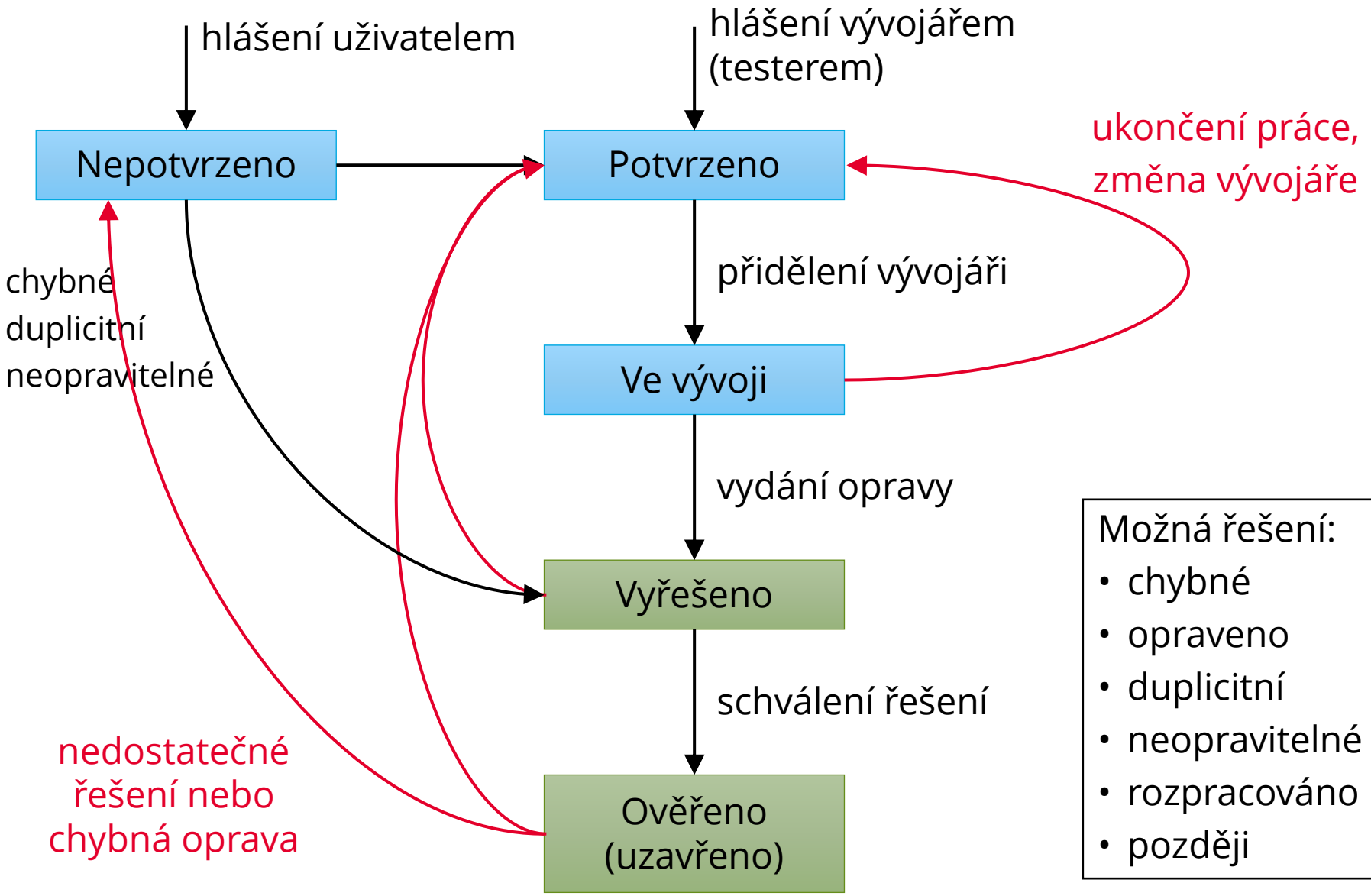
# Životní cyklus chyby




Možná řešení:

- chybné
- opraveno
- duplicitní
- neopravitelné (won't fix)
- rozpracováno
- později

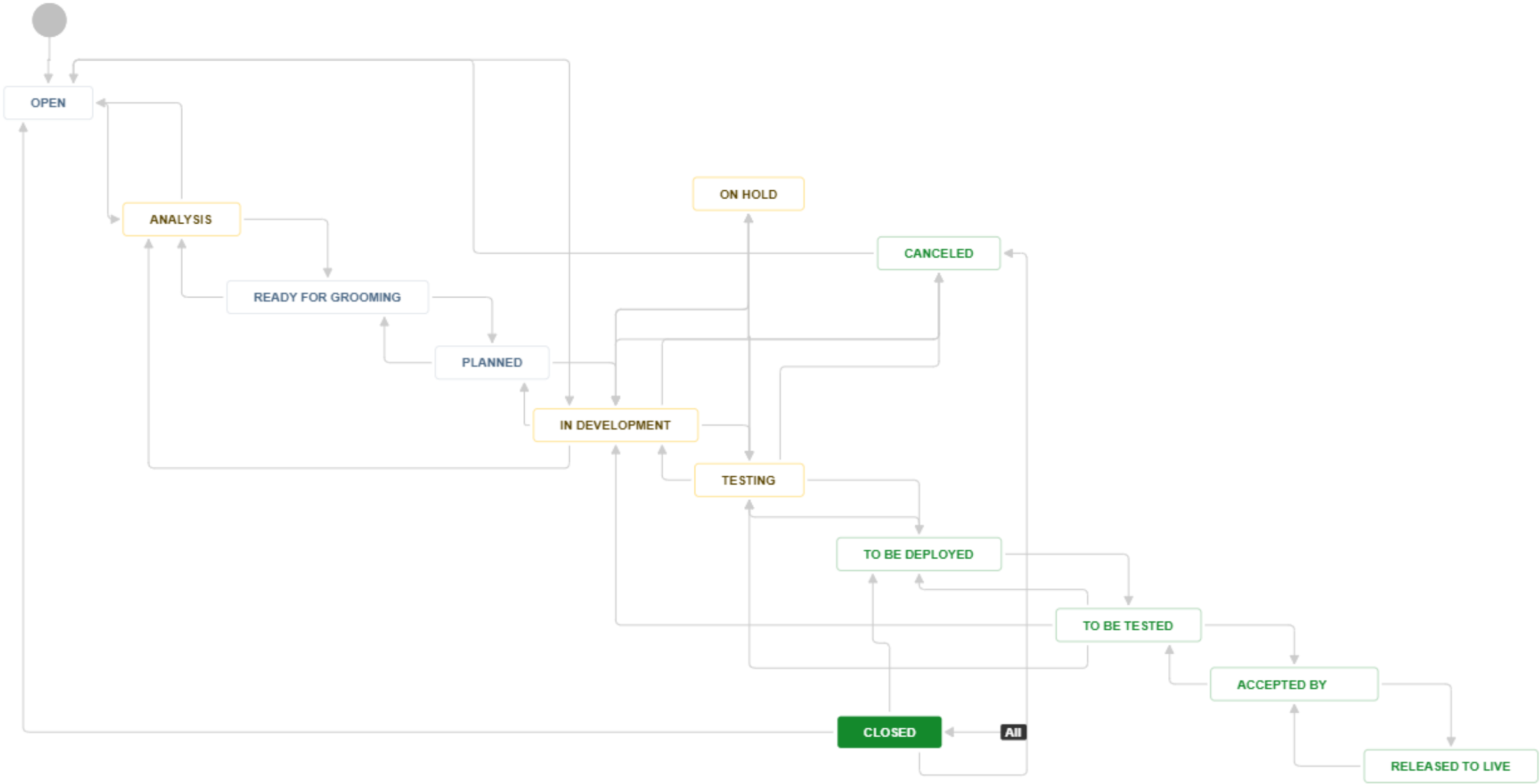
# Životní cyklus chyby




Možná řešení:

- chybné
- opraveno
- duplicitní
- neopravitelné (won't fix)
- rozpracováno
- později

# Ukázka reálného workflow (JIRA)



# Ukázka chyby v bug trackingu (JIRA)

Marker / MAR-131

## [Pricing] - Update the price to $29

Edit | Comment | Assign | To Do | In Progress | Workflow | Admin

**Details**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Type: | Bug | Status: | TO DO (View workflow) |
| Priority: | High | Resolution: | Unresolved |
| Labels: | None | | |
| Environment: | — Browser Chrome 54.0.2840.71 Screen Size 1920 x 1200 Viewport Size 1607 x 920 Zoom L… | | |

**Description**

**Summary:**
The price mentioned on the pricing page is not correct

**Steps to Reproduce:**
Go to the pricing page

**Expected Results**
The price for the basic plan should ne $29

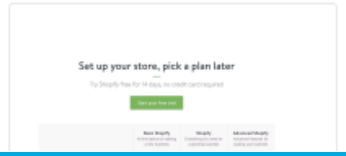
**Actual Results:**
The price for the basic plan is currently $25

—

**Source URL**: https://www.shopify.com/pricing

**Attachments**

Drop files to attach, or browse.




**People**

| | |
|---|---|
| Assignee: | gary |
| | Assign to me |
| Reporter: | Christophe Han |
| Votes: | 0 |
| Watchers: | 1 Stop watching th |

**Dates**

| | |
|---|---|
| Created: | 1 minute ago |
| Updated: | 1 minute ago |

**Agile**

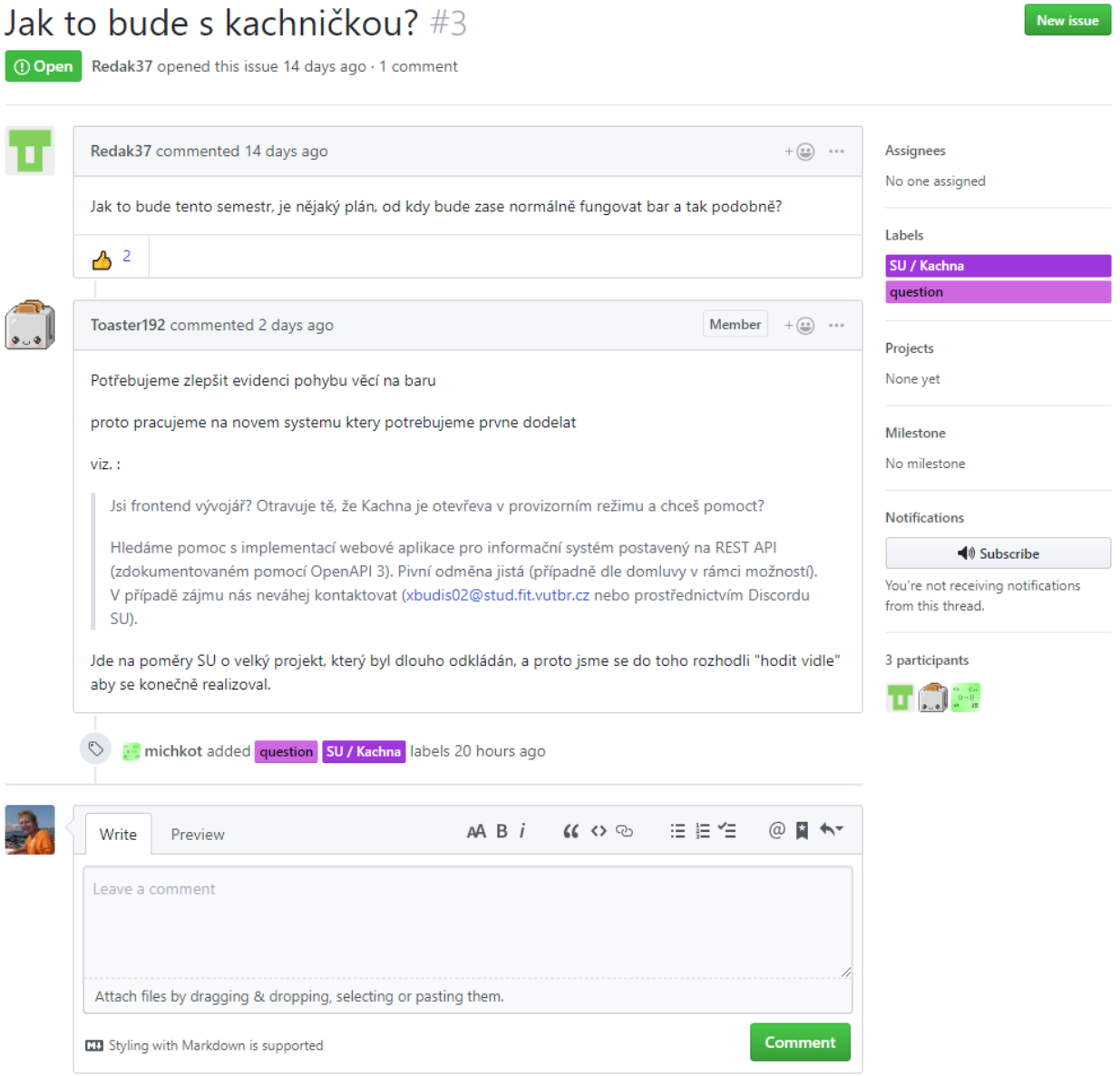
View on Board

**HipChat discussions**

Do you want to discuss this issue? Connect

Connect | Dismiss

# Ukázka chyby v bug trackingu (GitHub)



Jak to bude s kachničkou? #3

New issue

Open Redak37 opened this issue 14 days ago · 1 comment

Redak37 commented 14 days ago

Jak to bude tento semestr, je nějaký plán, od kdy bude zase normálně fungovat bar a tak podobně?

2

Toaster192 commented 2 days ago Member

Potřebujeme zlepšit evidenci pohybu věcí na baru

proto pracujeme na novem systemu ktery potrebujeme prvne dodelat

viz. :

> Jsi frontend vývojář? Otravuje tě, že Kachna je otevřeva v provizorním režimu a chceš pomoct?
>
> Hledáme pomoc s implementací webové aplikace pro informační systém postavený na REST API (zdokumentovaném pomocí OpenAPI 3). Pivní odměna jistá (případně dle domluvy v rámci možností). V případě zájmu nás neváhej kontaktovat (xbudis02@stud.fit.vutbr.cz nebo prostřednictvím Discordu SU).

Jde na poměry SU o velký projekt, který byl dlouho odkládán, a proto jsme se do toho rozhodli "hodit vidle" aby se konečně realizoval.

michkot added question SU / Kachna labels 20 hours ago

Write Preview

Leave a comment

Attach files by dragging & dropping, selecting or pasting them.

Styling with Markdown is supported

Comment

Assignees

No one assigned

Labels

SU / Kachna

question

Projects

None yet

Milestone

No milestone

Notifications

Subscribe

You're not receiving notifications from this thread.

3 participants

# Změna přednášejících

# DEBUGGING

Postup:

1. Nalezení chyby (vývojář, tester, uživatel)
2. Reprodukce chyby + napsat test
3. Zjednodušení problému na to důležité
4. Vytipování možných příčin
5. Zaměření se na pravděpodobné příčiny
6. Identifikace příčin
7. Oprava chyby
8. Testování (nejen opravy chyby – regresní testy)
9. Změna dokumentace

Umožňuje:

- krokování programu
- sledování hodnot proměnných (registrů CPU, RAM…)
- změna hodnot proměnných
- zastavení programu na určeném místě (breakpoint)
  - nepodmíněně
  - podmíněně
  - při změně hodnoty proměnné (watchpoint)

Při překladu je nutno přidat ladící informace

- jména proměnných, mapování instrukcí na místo ve zdrojovém kódu…
- u gcc parametr **-g**

**GDB** – The GNU Project Debugger

- Konzolové rozhraní, standard pro UNIX-like systémy
- Ada, C, C++, Objective-C, Pascal…

**DDD** – Data Display Debugger

- grafická nadstavba nad konzolovými debuggery (GDB, DBX, WDB, Ladebug…)
- umí zobrazit grafy na základě dat programu

Prakticky každé IDE obsahuje debugger

- třeba i jako nadstavba nad GDB

- Textové rozhraní, velké množství funkcí
- HW i SW debugování
- Podporuje řadu procesorů a jazyků
- Vzdálené ladění (po síti, rs232) - embedded systémy
- Simulátor různých procesorů (bez periferií)
- Breakpointy, watchpointy, krokování (i zpět)
- Podporuje programy s vlákny
- Existují nadstavby (DDD, Eclipse)

http://sourceware.org/gdb/current/onlinedocs/gdb/

https://www.root.cz/clanky/trasovani-a-ladeni-nativnich-aplikaci-v-linuxu-pouziti-gdb-a-jeho-nadstaveb/

```
$ gcc ./segfault.c -o segfault -g
$ gdb ./segfault

GNU gdb (GDB) 7.12
...
Reading symbols from ./segfault...done.
(gdb)
```

```
$ gcc ./segfault.c -o segfault -g
$ gdb ./segfault

GNU gdb (GDB) 7.12
...
Reading symbols from ./segfault...done.
(gdb) run
Starting program: ~/segfault
Program received signal SIGSEGV, Segmentation fault.
0x00007ffff7aca301 in __strlen_sse2 () from /lib64/libc.so.6
(gdb)
```

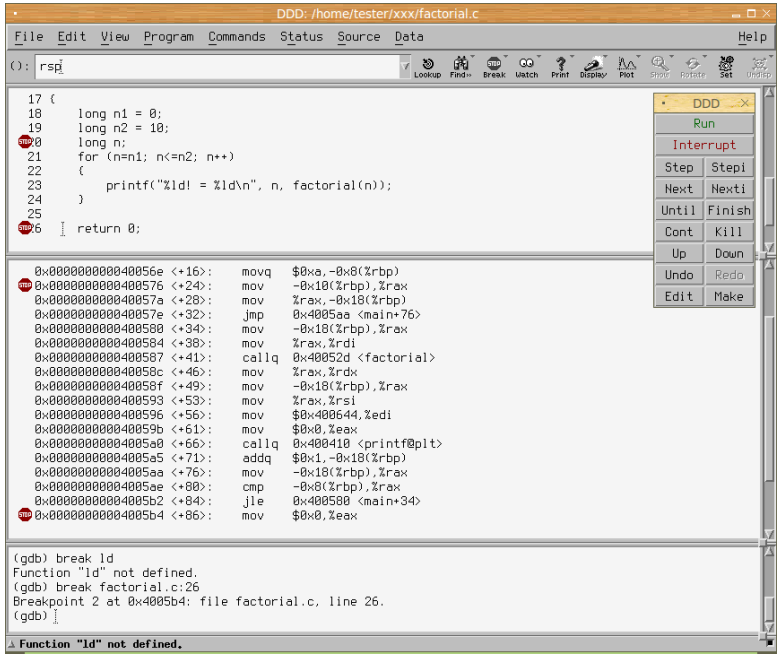
```
$ gcc ./segfault.c -o segfault -g
$ gdb ./segfault

GNU gdb (GDB) 7.12
...
Reading symbols from ./segfault...done.
(gdb) run
Starting program: ~/segfault
Program received signal SIGSEGV, Segmentation fault.
0x00007ffff7aca301 in __strlen_sse2 () from /lib64/libc.so.6
(gdb) backtrace
#0  0x00007ffff7aca301 in __strlen_sse2 () from /lib64/libc.so.6
#1  0x00007ffff7ab199b in puts () from /lib64/libc.so.6
#2  0x0000000000400544 in main () at ./segfault.c:6
```

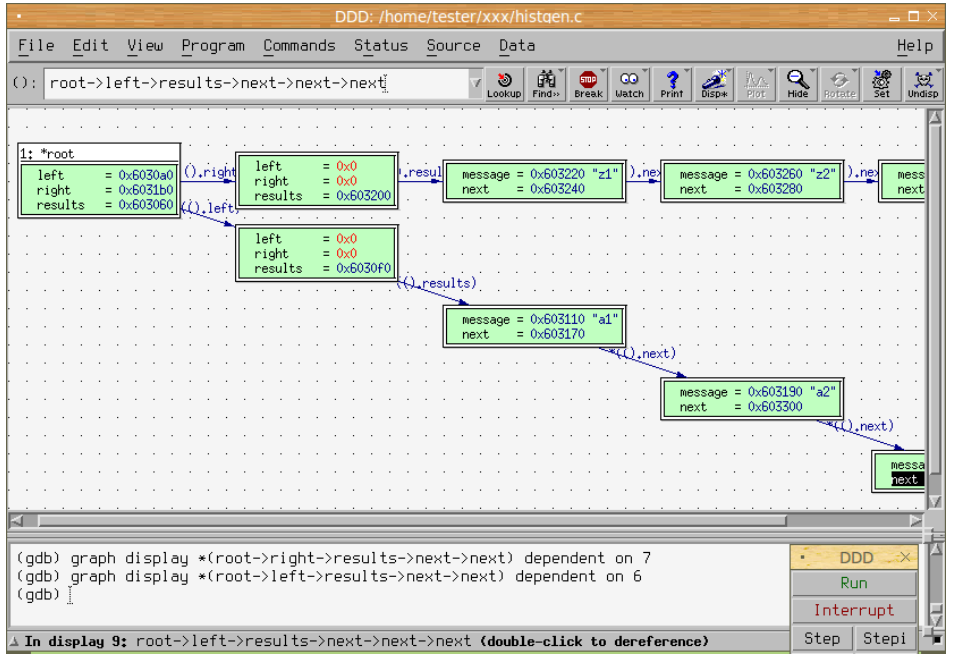
Základní příkazy GDB:

- **help [command]**
- **run** – spuštění programu
- **backtrace** – výpis zásobníku (call stack)
- **step** – postup o jeden krok (step into)
- **next** – krok, ale nevstoupí do cyklů a funkcí (step over)
- **break funkce** – breakpoint při zavolání funkce
- **break main.c:6** – breakpoint na konkrétním řádku
- **break main.c:6 if i>=10** – podmíněný breakpoint
- **watch myvar** – zastavení při změně hodnoty **myvar**
- **print myvar** – výpis hodnoty **myvar**
- **quit**

Funguje doplňování tabulátorem, šipky a zkratky (bt = backtrace)

- grafická nadstavba nad různými debuggery
- vývoj zamrzl (poslední verze v roce 2009)
- zobrazení datových struktur



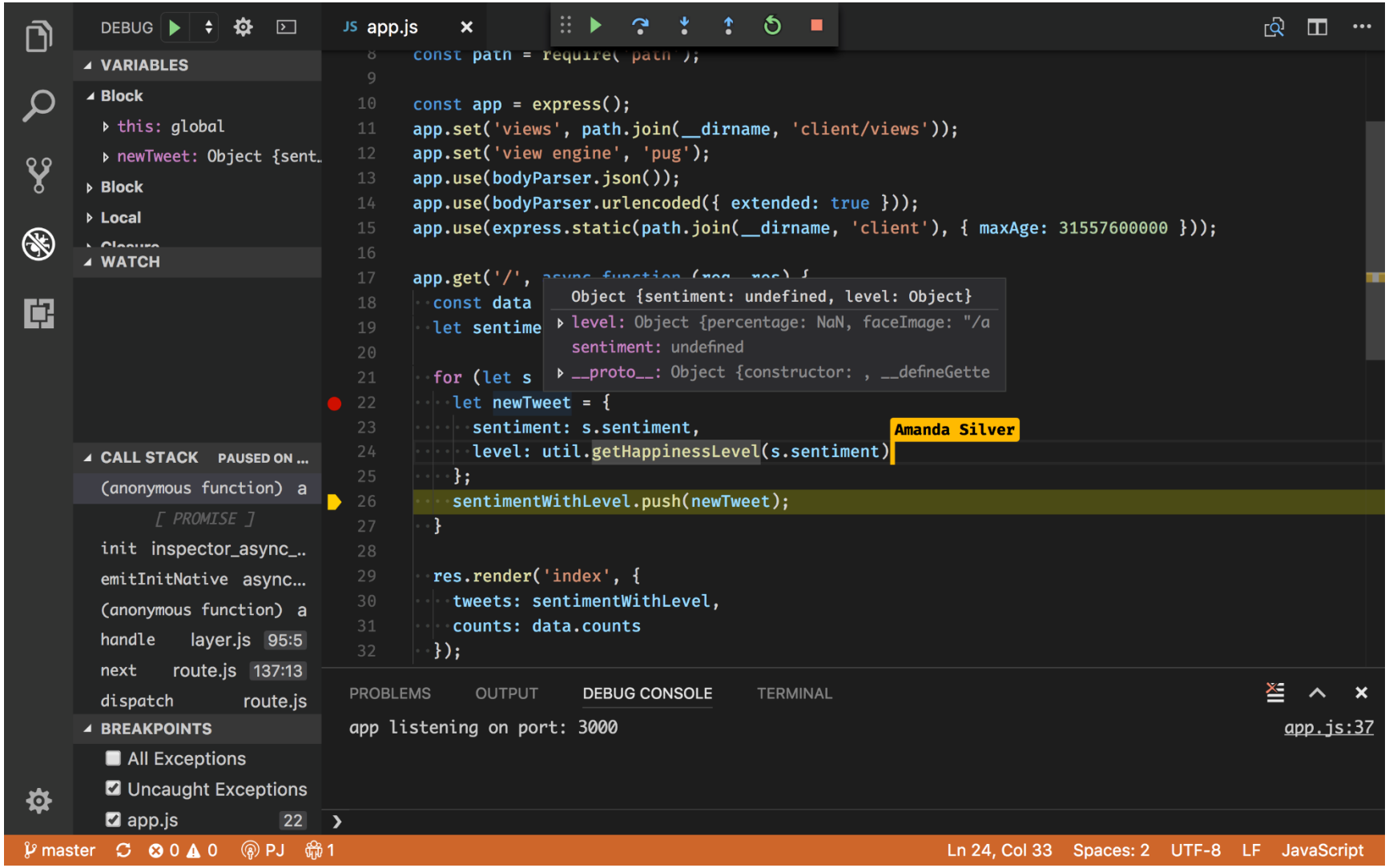




https://www.gnu.org/software/ddd/manual/

https://mojefedora.cz/debuggery-a-jejich-nadstavby-v-linuxu-2-cast/

# Debugger v IDE

- nejvíc po ruce



„printf debugging“

- výpis „jsem zde“, hodnoty proměnných, všeho zajímavého
- pomoci mohou i makra __FILE__, __LINE__, výpis stack trace…
- může se hodit takticky umístěný if, assert, break, exit, …

```
$time = $xml->location[0]->time[0];

$phase = $time->moonphase[0]['desc'];
dump($phase);
dump($time);
dump($time->moonphase[0]);
dump($time->moonphase[0]['desc']);
if (preg_match('#\\(([^)]+)\\)#', $phase, $m)) {
    dump('matched');
    $phase = $m[1];
}
dump($phase);
```

Logování

- chybu lze najít i zpětně (když se nikdo nedíval)
- log lze odeslat technické podpoře

- logování může ovlivnit chování programu
  - pravděpodobnost vzniku race condition
  - zpomalení
  - může snadno dojít místo na disku

- typicky:
  - uživateli se zobrazí stručná chybová hláška
  - vygeneruje se log a odešle se vývojáři (e-mailem, přes logovací službu)

Agregace v nástrojích – např. Kibana

Je třeba hledání chyb co nejvíce usnadnit:

- jasné názvy proměnných
- dodržování konvence pojmenování
- přehledné a konzistentní formátování
- dostatečně komentovaný kód
- seskupování kódu do skupin
- neduplikovat kód (Don‘t repeat yourself = DRY)
- nemít příliš hluboké zanoření (if, for, while)
- dodržovat best practices pro daný jazyk
  - Google Style Guide, PEP-8 pro Python, PSR-2 pro PHP…
- mít zapnuté varování překladače

# Statická analýza kódu

- Hledá problémy v kódu bez jeho spuštění
- Může detekovat více chyb než překladač
- Také jako plugin do editoru či IDE

- Typová kontrola, neinicializovaná data
- Kontrola indexování polí
- Přenositelnost konstrukcí
- Pravidla pro časté chyby

```
if (confirmation = "yes") format_hdd();
```

- Nedodržení stylu formátování
- Vlastní pravidla

Pro C: Lint, cppcheck, mygcc, codan…

# Volby GCC pro ladění

**-g**

- vytváří ladící informace pro debugger

**-ggdb**

- rozšíření pro GDB

**-Wall**

- zapnutí všech varování

**-Wextra**

- zapnutí dalších varování

**-pedantic**

- striktně vyžaduje doržování normy (-std=xxx, -ansi)

https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Debugging-Options.html
https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Warning-Options.html

Chyby mohou mít i exotické příčiny

- chyba v překladači
- dokonce i chyba v procesoru
  - https://blog.cloudflare.com/however-improbable-the-story-of-a-processor-bug/

Chyba se nemusí projevit během ladění

- race condition nevznikne, protože kód běží pomaleji

Pozor na optimalizace

Důležité je opravovat příčinu a ne následek,
**nejlepší je chybám předcházet.**

# VALGRIND

- Valgrind = Posvátná brána do Valhally
  - Palác boha Ódina, který sem svolává padlé bojovníky, aby zde trénovali na poslední bitvu Ragnarök
- Původní název byl Heimdall
  - Strážce nordických bohů, který vidí stovky mil daleko ve dne i v noci, slyší růst trávu i vlnu na hřbetech ovcí
  - … ale již existoval balíček s tímto názvem
- Sada nástrojů pro ladění a profilování programů

- Pouze pro unixové systémy
- V podstatě virtuální stroj
  - analyzovaný program je oddělený od procesoru
  - podstatně pomalejší běh programu (4-5krát)
- Umožňuje připojení GDB k běžícímu programu

- Memcheck – správa paměti, nejpoužívanější
- Callgrind – profilování
- Helgrind – detekce race conditions
- Cachegrind – profilování cache CPU

Existují i externě vyvíjené nástroje.

Memcheck detekuje:

- použití neinicializované paměti
- čtení/zápis do uvolněné paměti
- čtení/zápis mimo alokovaný blok
- čtení/zápis nad vrchol zásobníku
- úniky paměti (memory leaks)
- neshody v použití malloc / new vs. free /delete
- špatné použití POSIX knihovny pthreads
- překrytí ukazatelů v memcpy

Čtení z neplatné adresy:

```
Invalid read of size 4
   at 0x40F6BBCC: (within /usr/lib/libpng.so.2.1.0.9)
   by 0x40F6B804: (within /usr/lib/libpng.so.2.1.0.9)
   by 0x40B07FF4: read_png_image(QImageIO *)
                                  (kernel/qpngio.cpp:326)
   by 0x40AC751B: QImageIO::read() (kernel/qimage.cpp:3621)
 Address 0xBFFFF0E0 is is 0 bytes after a block of size 40 alloc'd
```

Zároveň se snaží zjistit, kde se neplatná adresa vzala:

- již uvolněná paměť – hlásí, kde se volalo free
- adresa těsně za alokovaným blokem (chyba o jedničku?)

Použití neinicializované paměti:

```
Conditional jump or move depends on uninitialised value(s)
   at 0x402DFA94: _IO_vfprintf (_itoa.h:49)
   by 0x402E8476: _IO_printf (printf.c:36)
   by 0x8048472: main (tests/manuel1.c:8)
```

Nehlásí kopírování neinicializovaných dat, ale až jejich použití, které může mít vliv na funkci programu

Úniky paměti:

```
LEAK SUMMARY:
   definitely lost: 48 bytes in 3 blocks.
   indirectly lost: 32 bytes in 2 blocks.
     possibly lost: 96 bytes in 6 blocks.
   still reachable: 64 bytes in 4 blocks.
        suppressed: 0 bytes in 0 blocks.
```

S parametrem **--leak-check=full** je výpis podrobnější:

```
8 bytes in 1 blocks are definitely lost in loss record 1 of 14
   at 0x........: malloc (vg_replace_malloc.c:...)
   by 0x........: mk (leak-tree.c:11)
   by 0x........: main (leak-tree.c:39)

88 (8 direct, 80 indirect) bytes in 1 blocks are definitely lost
in loss record 13 of 14
   at 0x........: malloc (vg_replace_malloc.c:...)
   by 0x........: mk (leak-tree.c:11)
   by 0x........: main (leak-tree.c:25)
```

# Valgrind – Memcheck

- Je dobré chyby opravovat shora dolů
  - Chyby níže ve výpisu mohou být jen důsledkem předchozích
- Některé chyby jsou v systémových knihovnách
  - Není třeba se jimi trápit
  - Valgrind je umí skrýt
- Memcheck není stoprocentní!
  - Například chyba o jedničku v poli alokovaném na zásobníku může přepsat jinou lokální proměnou
  - Ale z pohledu Valgrindu jde o korektní přístup do paměti – neví, že program pracuje s polem

# PROFILING

- Program funguje správně, ale pomalu
- Malé urychlení jedné malé smyčky může způsobit velké urychlení celého programu.
- Pravidlo 80/20:

  80 % strojového času se stráví nad 20 % kódu
- Profiler pomáhá identifikovat místa v programu, kde se spotřebuje nejvíce strojového času

Postup:

1. Měření
   - získání údajů o běžícím programu
   - počet vyvolání funkcí, počet iterací cyklů, čas strávený v jednotlivých částech kódu, čekání na I/O…

2. Analýza
   - statistické vyhodnocení naměřených dat
   - vizualizace pomocí tabulek a grafů

3. Optimalizace

Sampling (statistický přístup)

- periodické přerušení, ve kterém se zaznamená aktuální poloha v programu
- nepřesné, ale nezpomaluje tolik běh programu
- AMD CodeAnalyst, Apple Shark, Intel Vtune

Instrumentace programu

- do programu se vloží volání speciální funkce
- více ovlivňuje rychlost programu
- některé chyby se nemusí projevit, jiné se naopak začnou projevovat

# Výstup profileru

Flat profile

- čas strávený v jednotlivých funkcích
- počet volání

Graf volání (Call graph)

- pro každou funkci: odkud byla volána, jaké funkce volala
- jak dlouho každé volání funkce trvalo

Anotovaný kód (Annotated source)

- Ke každému řádku kódu je přidán počet vykonání

- Kombinuje statistický přístup s instrumentací
- Čas strávený v jednotlivých funkcích pomocí periodického sledování
  - čas běhu programu by měl být výrazně vyšší než perioda vzorkování (1/100 s)
- Počet volání funkcí pomocí instrumentace
- Výstup: flat profile, graf volání

```
$ gcc -Wall -Wextra -O2 -g -pg ./program.c -o program
$ ./program
$ ls
program gmon.out
$ gprof program gmon.out > gprof-report.txt
```

- Soubor gmon.out vznikne v pracovním adresáři
- Každý modul je třeba přeložit pro profilování (-pg)
  - v opačném případě nebude na výstupu gprof

# Pro zvýšení přesnosti lze zkombinovat více běhů:

```
gcc -Wall -Wextra -O2 -g -pg ./program.c -o program

# prvni beh
$ ./program
$ mv gmon.out gmon.sum

# opakuj n-krat
$ ./program
$ gprof -s program gmon.out gmon.sum

# souhrnne vysledky
$ gprof program gmon.sum > gprof-report.txt
```

# gprof - flat profile

```
Each sample counts as 0.01 seconds.
  %   cumulative   self              self     total
 time   seconds   seconds    calls   s/call   s/call  name
 31.75      9.90     9.90        1     9.90     9.90  new_func1
 31.62     19.76     9.86        1     9.86     9.86  func2
 22.17     26.68     6.91        1     6.91    16.82  func1
  0.23     26.75     0.07                             main
```

Časy které nejsou o moc větší než
vzorkovací perioda nejsou příliš věrohodné

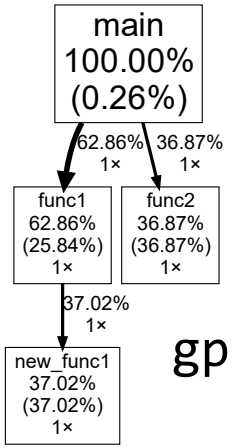
# gprof - call graph

```
granularity: each sample hit covers 2 byte(s) for 0.04% of 26.75 seconds

index % time    self  children    called     name
                                                 <spontaneous>
[1]    100.0    0.07   26.68                 main [1]
                6.91    9.90       1/1           func1 [2]
                9.86    0.00       1/1           func2 [4]
-----------------------------------------------
                6.91    9.90       1/1           main [1]
[2]     62.9    6.91    9.90       1         func1 [2]
                9.90    0.00       1/1           new_func1 [3]
-----------------------------------------------
                9.90    0.00       1/1           func1 [2]
[3]     37.0    9.90    0.00       1         new_func1 [3]
-----------------------------------------------
                9.86    0.00       1/1           main [1]
[4]     36.9    9.86    0.00       1         func2 [4]
-----------------------------------------------
```

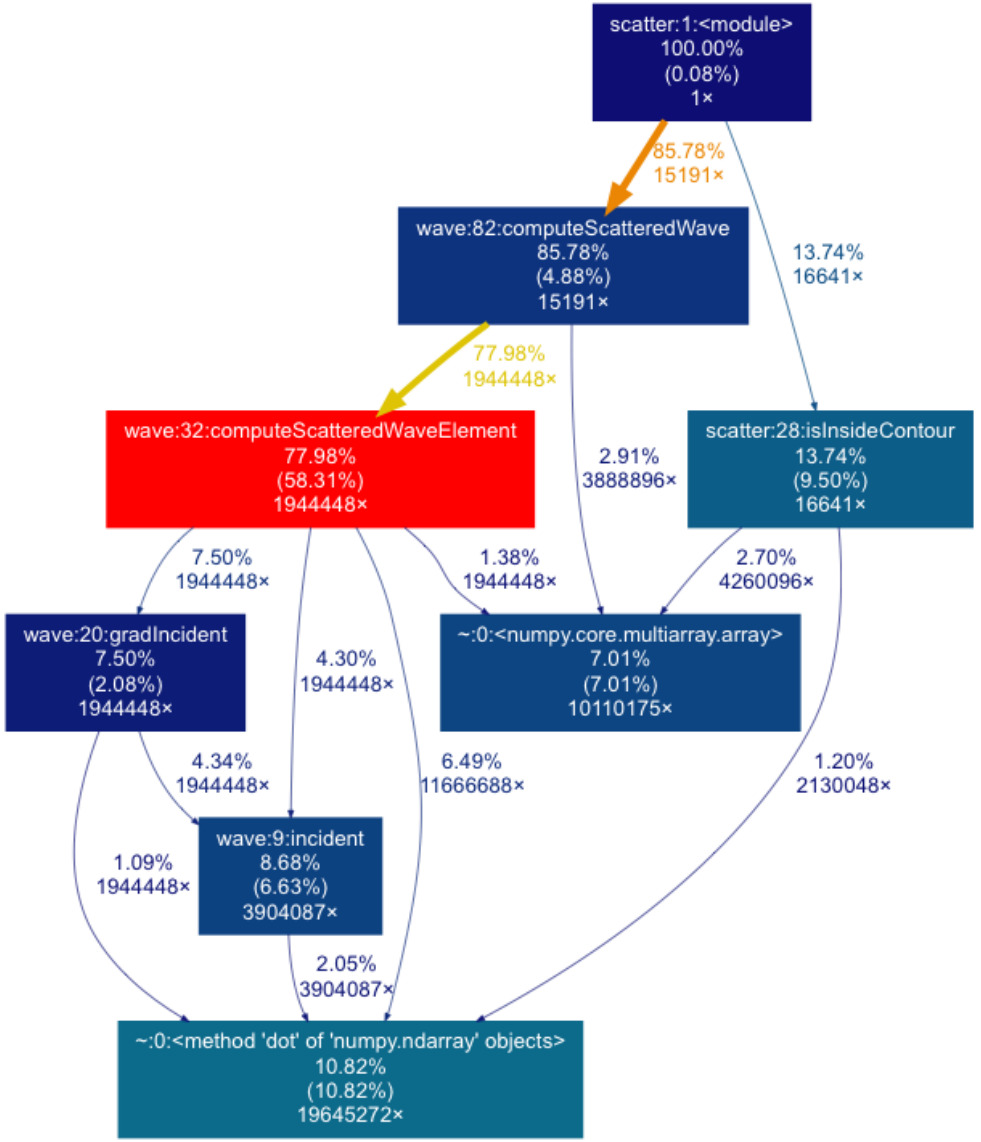
# Vizualizace – gprof2dot

- https://github.com/jrfonseca/gprof2dot
- Převodník do formátu pro GraphViz
- Umí i jiné vstupní formáty než gprof

```
$ gprof2dot gprof-report.txt > gprof-report.dot
$ dot -Tpng –ogprof-report.png gprof-report.dot
$ dot -Tsvg –ogprof-report.svg gprof-report.dot
```




`gprof2dot –c print`

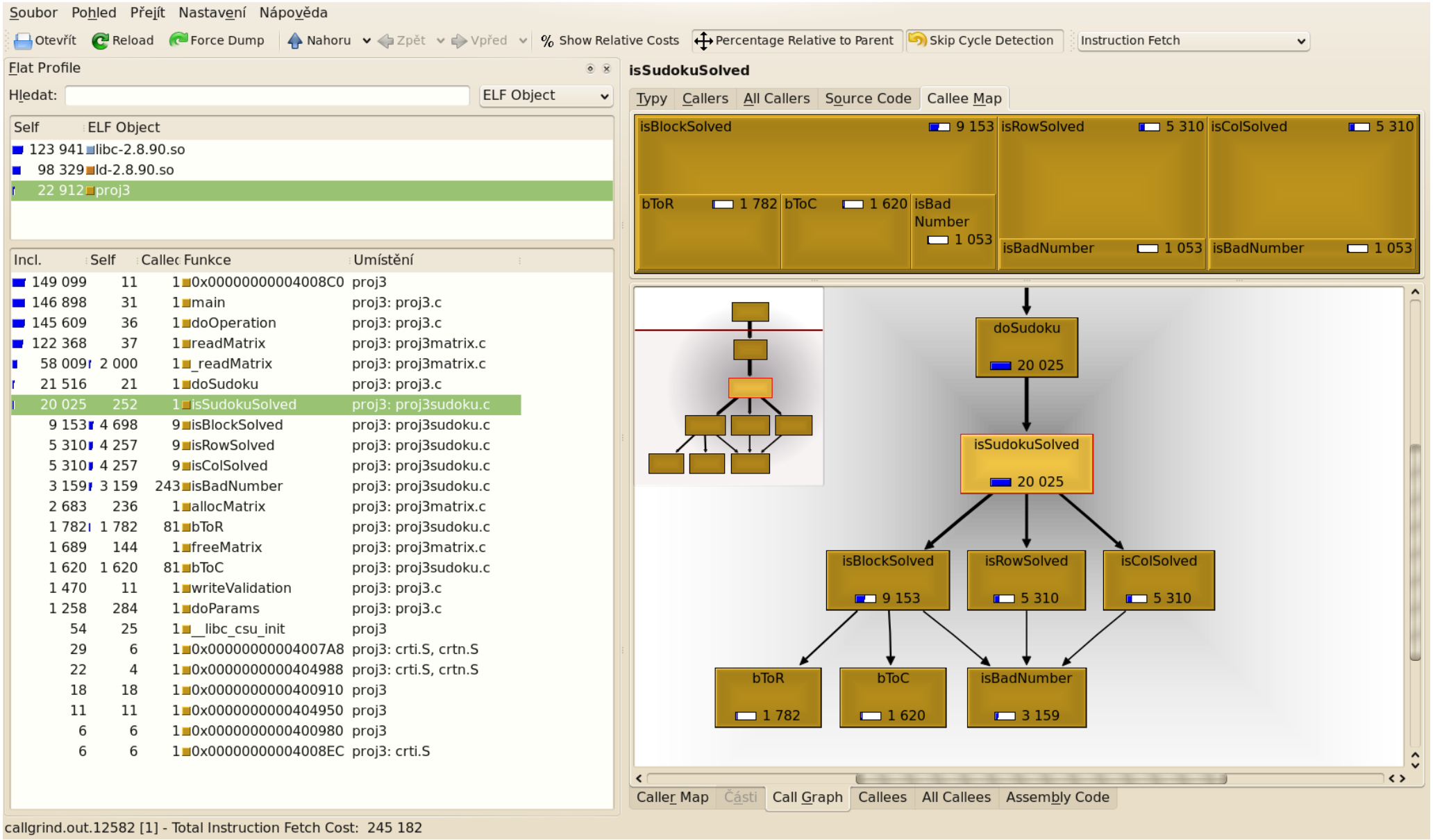


# Vizualizace – gprof2dot

- Součást valgrindu
- Výrazně pomalejší běh programu, ale není třeba speciální překlad
- Analýza např. pomocí KCachegrind

```
$ valgrind --tool=callgrind ./program
$ ls
program program.out.pid

$ ./gprof2dot.py -f callgrind program.out.pid > vis.dot
```

# Callgrind - KCachegrind



# Profiling

- Profiler napoví, kde se vyplatí optimalizovat
- Je zbytečné optimalizovat funkci, které se zavolá jednou a neběží dlouho
- Výstup profileru může být zatížen statistickou chybou
- Vhodné pro rozsáhlejší programy
- Může pomoci odhalit chyby
  - více/méně volání funkce, než se očekává
- Spuštění s profilerem ovlivňuje běh programu
  - rychlost, heisenbugs
- Optimalizace kódu může zhoršit čitelnost
  - Mnohdy je lepší optimalizovat algoritmus než implementaci

# Zdroje

- https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_737_MAX
- https://dilbert.com/strip/1996-07-01
- https://westworld.fandom.com/wiki/Theresa_Cullen?file=Bernard.basement.jpg
- https://xkcd.com/371/
- https://www.express.co.uk/news/uk/754664/Buckingham-Palace-Changing-Guard-security-terror-threat-fixed-times
- http://softwaretestingfundamentals.com/defect-severity/
- https://marker.io/blog/bug-report-template/

Půlsemestrálka proběhne 17.4. dle původního plánu!

Podle aktuálních mimořádných opatření elektronicky nebo prezenčně.