QA, bugtracking, debugging, valgrind a profiling

Tomáš Švec, Jan Doležal, Jaroslav Dytrych
a Petr Veigend

Fakulta informačních technologií Vysokého učení technického v Brně
Božetěchova 1/2. 612 66 Brno - Královo Pole

dytrych@fit.vut.cz iveigend@fit.vut.cz

27. března 2024

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
- Kvalitní == splňuje požadavky

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

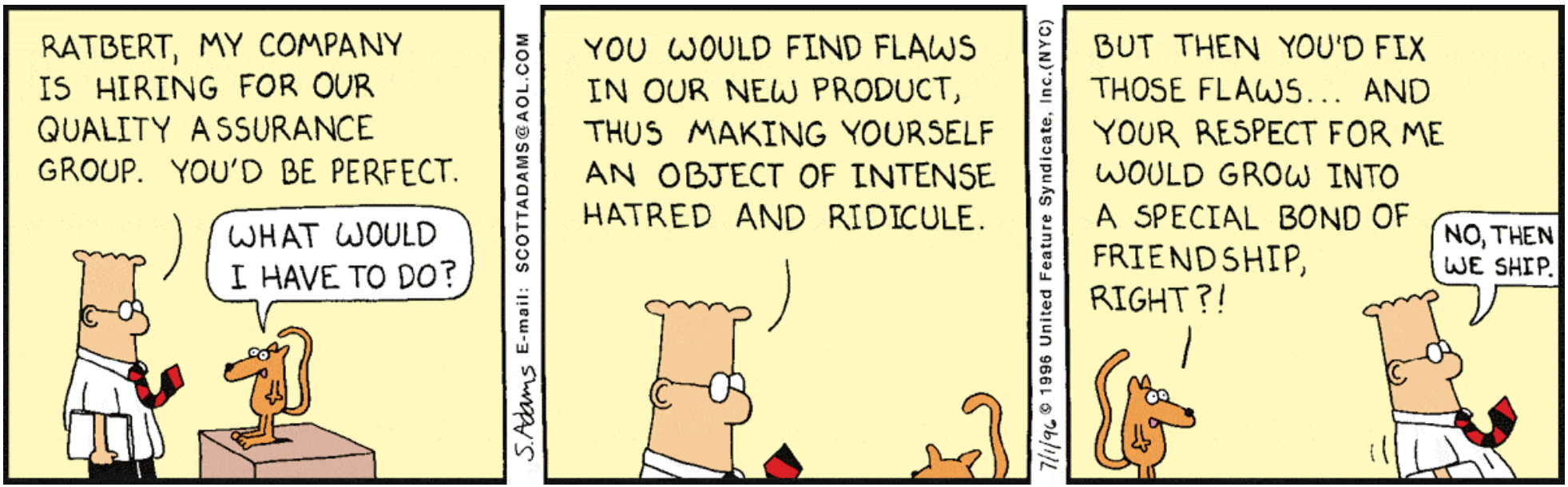
1 – Počáteční (Initial)
- Procesy jsou realizovány adhoc

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

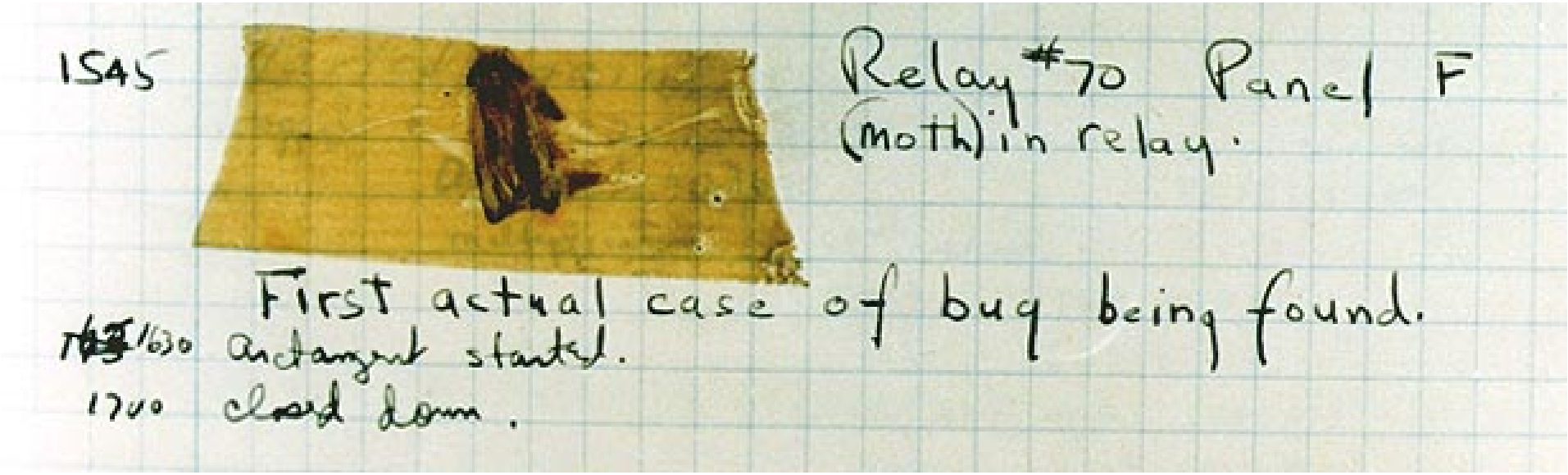


https://www.youtube.com/watch?v=baY3SaIhfl0

Původ slova bug?

Thomas Edison v dopise z roku 1878. *„You were partly correct, I did find a 'bug' in my apparatus, but it was not in the telephone proper. It was of the genus 'callbellum.' The insect appears to find conditions for its existence in all call apparatus of telephones.“*

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



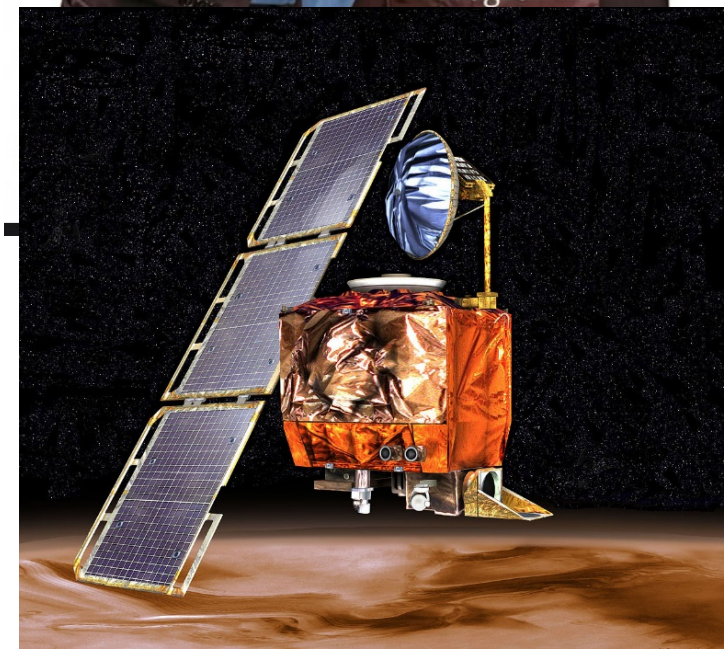
Mariner 1 (1962)

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

https://www.wired.com/2009/07/dayintech-0722/

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)

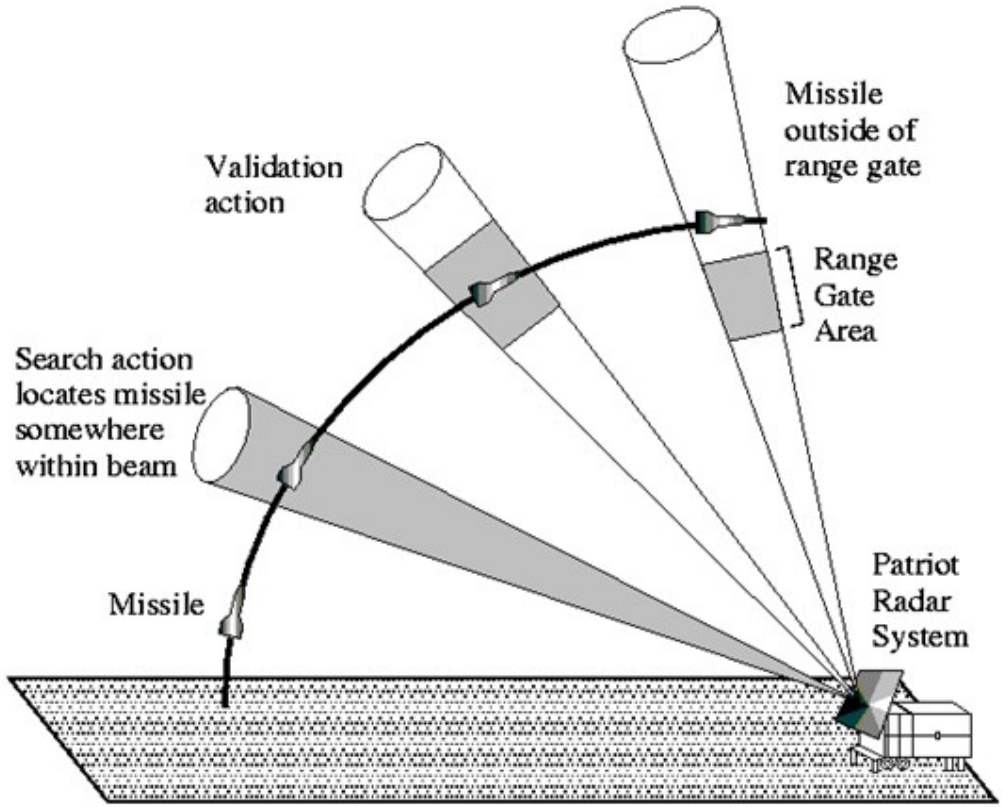


https://kosmonautix.cz/2015/08/top-5-faily-a-chyby-v-kosmonautice/

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)

http://machineryequipmentonline.com/microcontrollers/2015/01/15/data-representation-case-study-patriot-missile-defense-failure-caused-by-loss-of-precision-and-character-codes-the-ascii-character-set-and-the-ebcdic-character-set/



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

https://www.wired.com/1998/07/sunk-by-windows-nt/

Therac-25 (80. léta),
https://www.youtube.com/watch?v=Ap0orGCiou8

- 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

https://medium.com/enjoytechweb/the-importance-of-software-testing-f4904753c8e

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)

https://www.nytimes.com/2015/05/01/business/faa-orders-fix-for-possible-power-loss-in-boeing-787.html

Boeing 737 MAX,
https://www.youtube.com/watch?v=NDEkH0zd3F8

- 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)

https://www.idnes.cz/technet/technika/faa-boeing-737-max-regulace-certifikace-mcas.A190730_044921_tec_technika_pka

Sčítání lidu 2021!

- Je potřeba sečíst přes 10 000 000 lidí za 14 dní
- Dopady na důvěře v IT kompetence
- „Robotické testování" neodhalilo skutečné chování uživatelů
- Chyba v modulu pro vyhledávání adres
- Výpadek systému v řádu jednotek hodin

Log4j v prosinci 2021

- Logovací knihovna na spoustě veřejných serverů (open source)
- Možnost získat kontrolu nad CMD
- Apple, Amazon, Cisco, IBM, Microsoft
- Je nutné vše patchovat
- . . . a pak znovu.

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

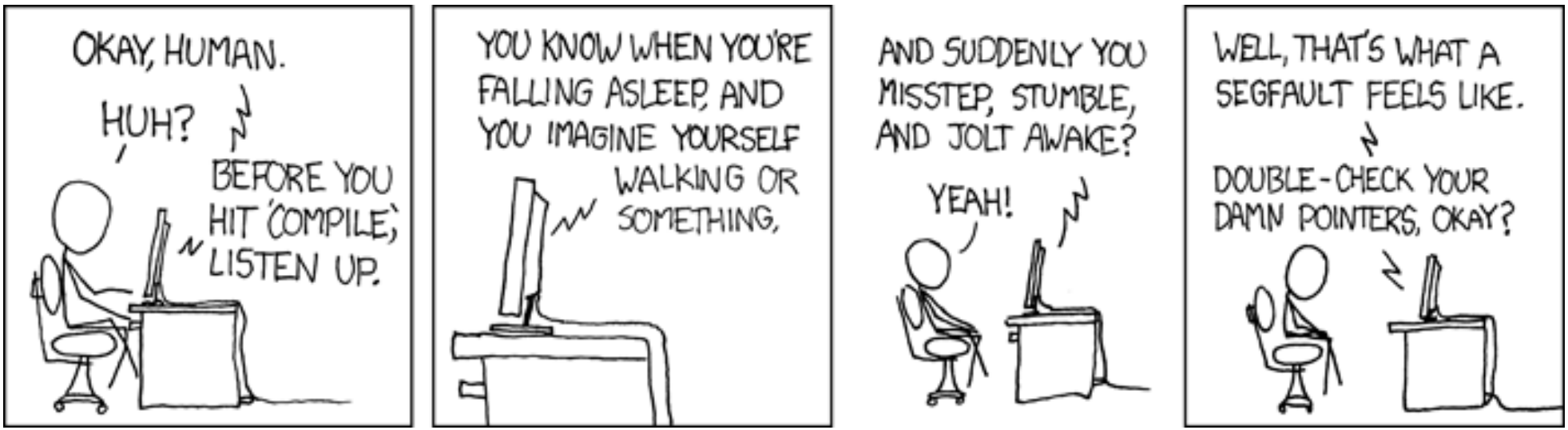
Druhy chyb

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



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

Jiný pohled na typy chyb

Také Issue Tracking, Ticket System . . .

- Aby mohl vývojář vyřešit problém, musí o něm vědět
- Více kódu $\rightarrow$ více chyb $\rightarrow$ 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, Azure DevOps Server, Bugzilla, Trac, Redmine, MantisBT . . .

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 Blocker – ovlivňuje klíčovou funkcionalitu nebo data, brání v dalším testování, nelze obejít (např. nefunguje přihlášení)
- S2 Critical – ovlivňuje klíčovou funkcionalitu nebo data, nelze obejít (např. problémy s instalací, nebo selhání klíčové funkcionality)
- S3 Major – ovlivňuje důležitou funkcionalitu nebo data, lze složitě obejít (např. nejde založit uživatele, lze ručně v DB), ale zbytek aplikace je použitelný
- S4 Minor – ovlivňuje vedlejší funkcionalitu nebo méně důležitá data, může způsobit neočekávané chování, lze snadno obejít (např. v jedné obrazovce nejde změnit přezdívka)
- S5 Low/Trivial – neovlivňuje funkcionalitu ani data, není třeba obcházet (např. překlep, nezarovnané popisky)

https://www.qamadness.com/bug-severity-vs-priority/

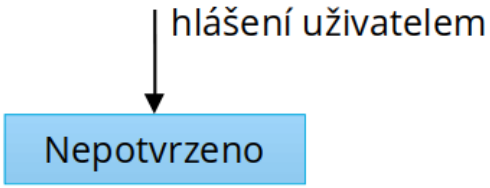
Hlášení chyby (požadavku) by mělo obsahovat maximum relevantních informací:

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

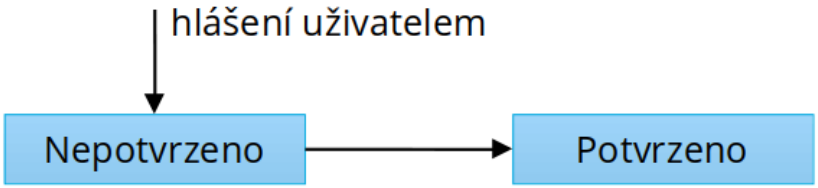
Hlášení chyby (požadavku) by mělo obsahovat maximum relevantních informací:

- 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)

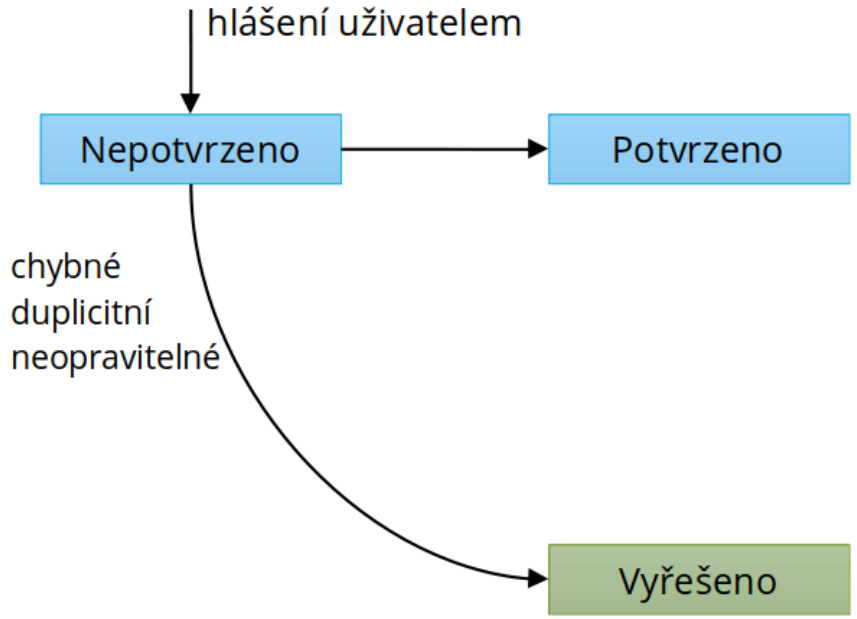
Životní cyklus chyby



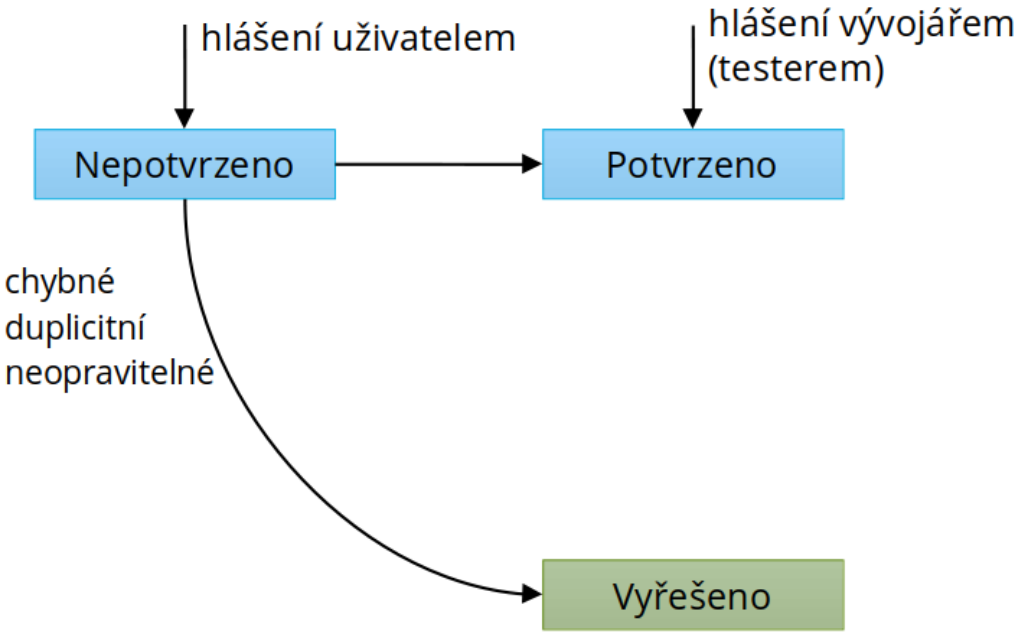
Životní cyklus chyby



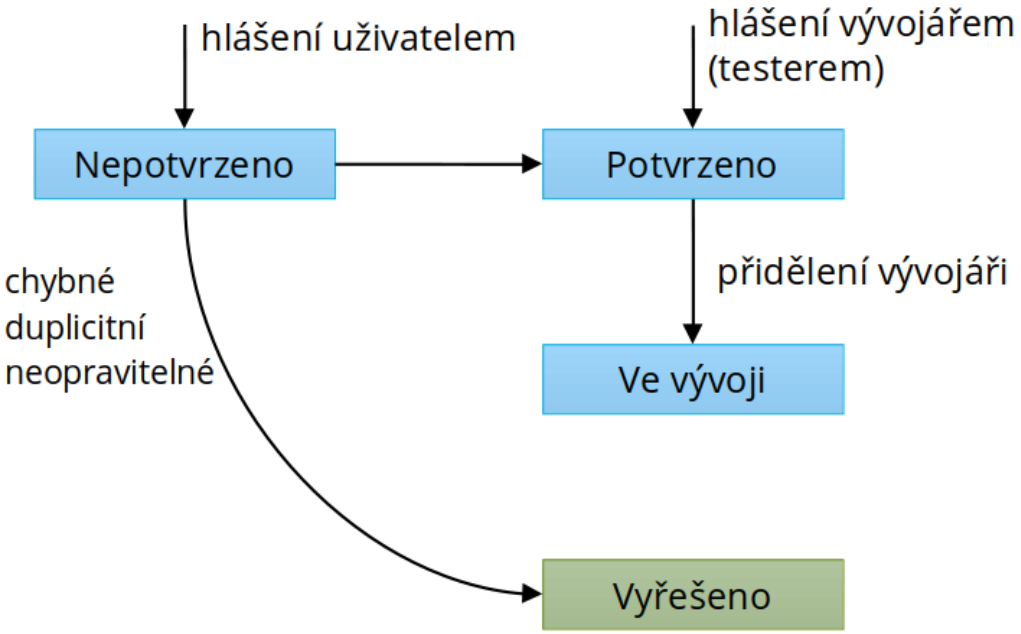
Životní cyklus chyby



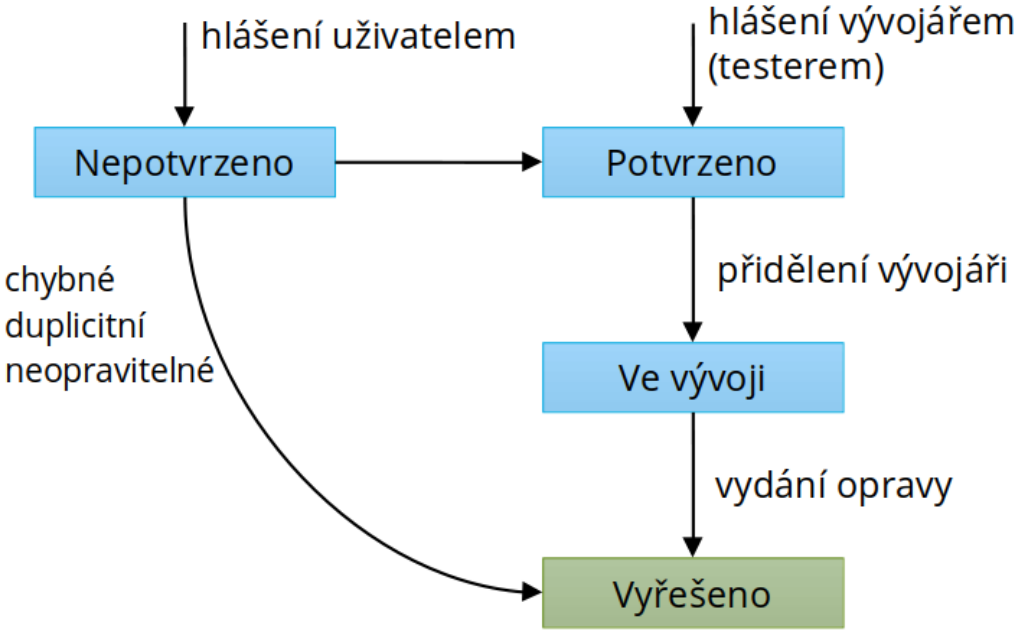
Životní cyklus chyby



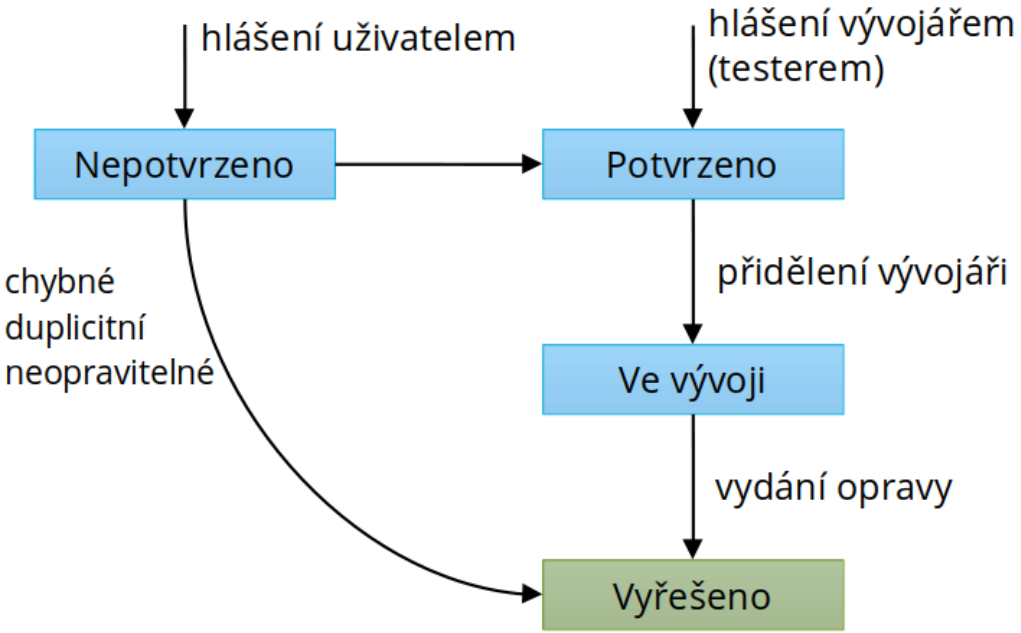
Životní cyklus chyby



Životní cyklus chyby



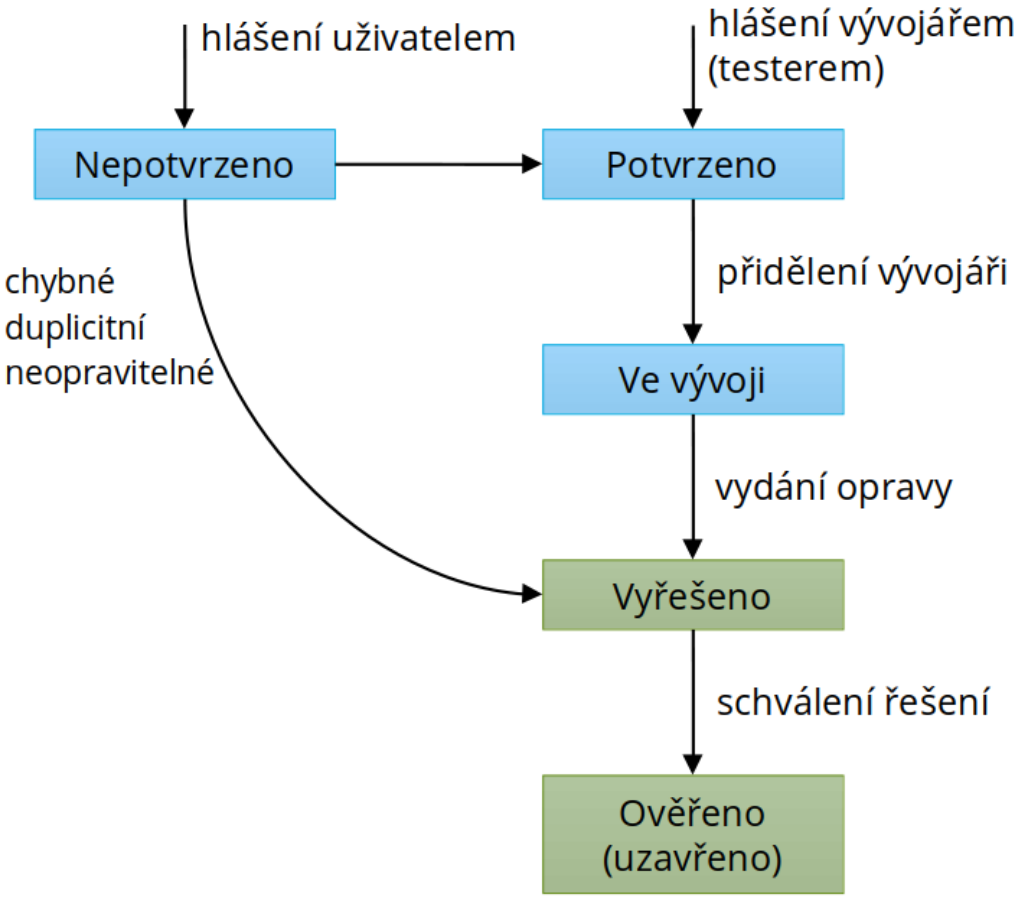
Životní cyklus chyby



Možná řešení:

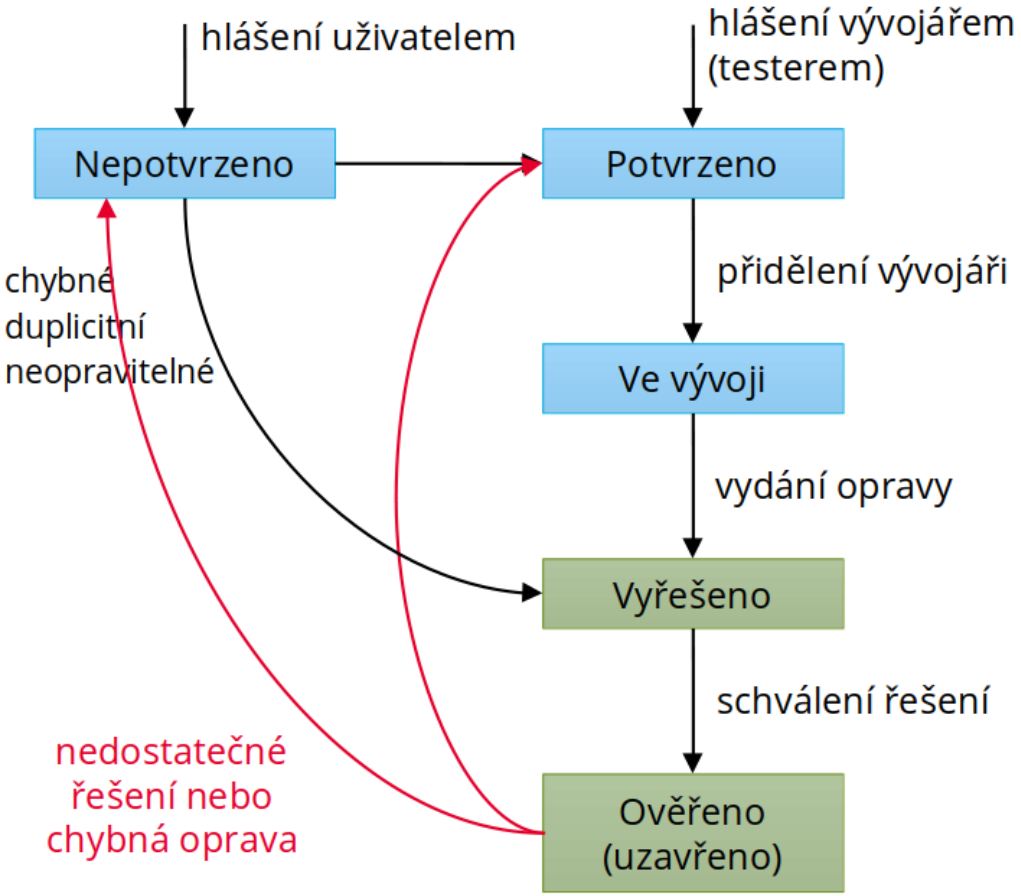
- chybné
- opraveno
- duplicitní
- neopravitelné (won't fix)
- rozpracováno
- později

Životní cyklus chyby



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

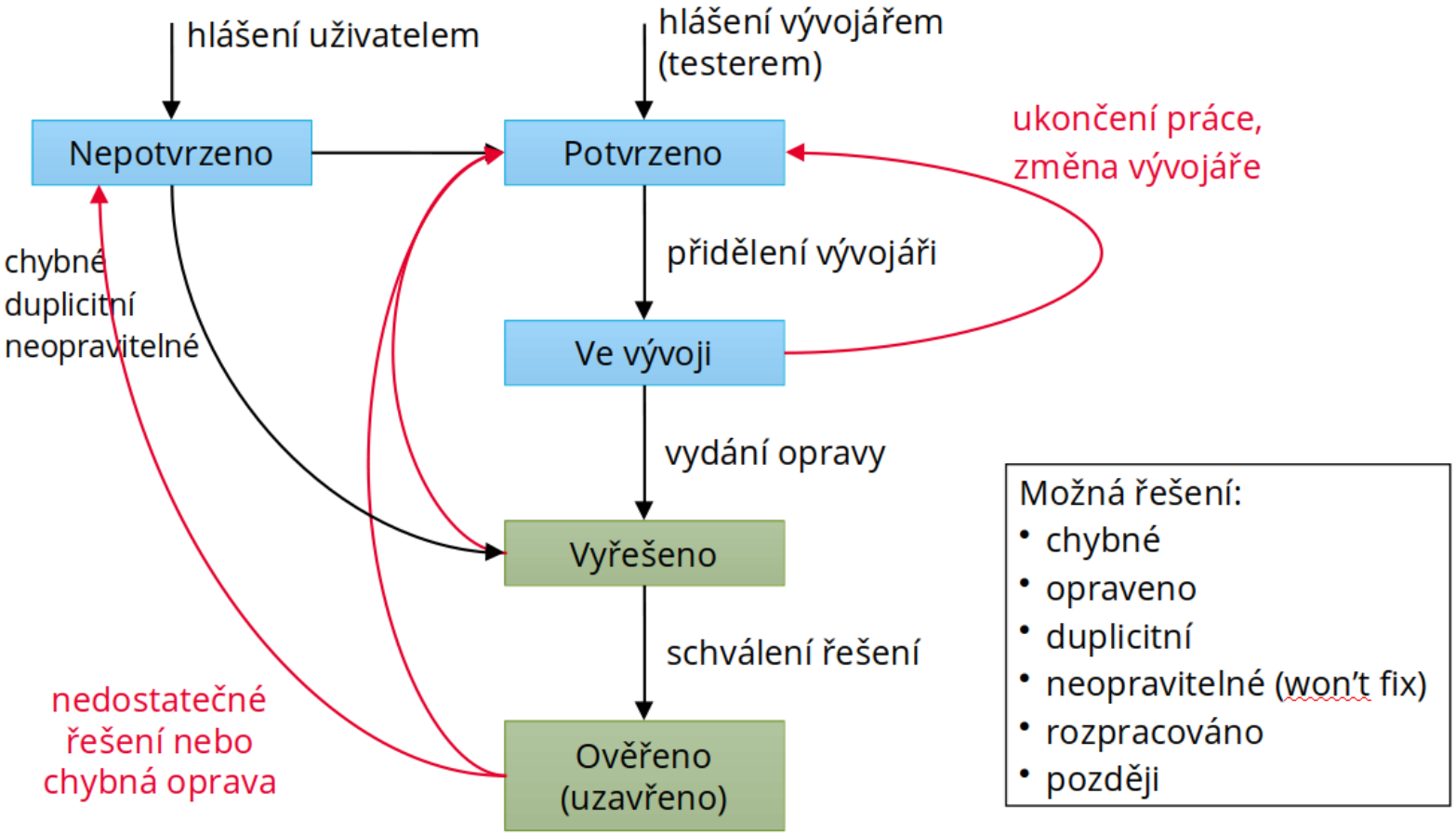
Životní cyklus chyby



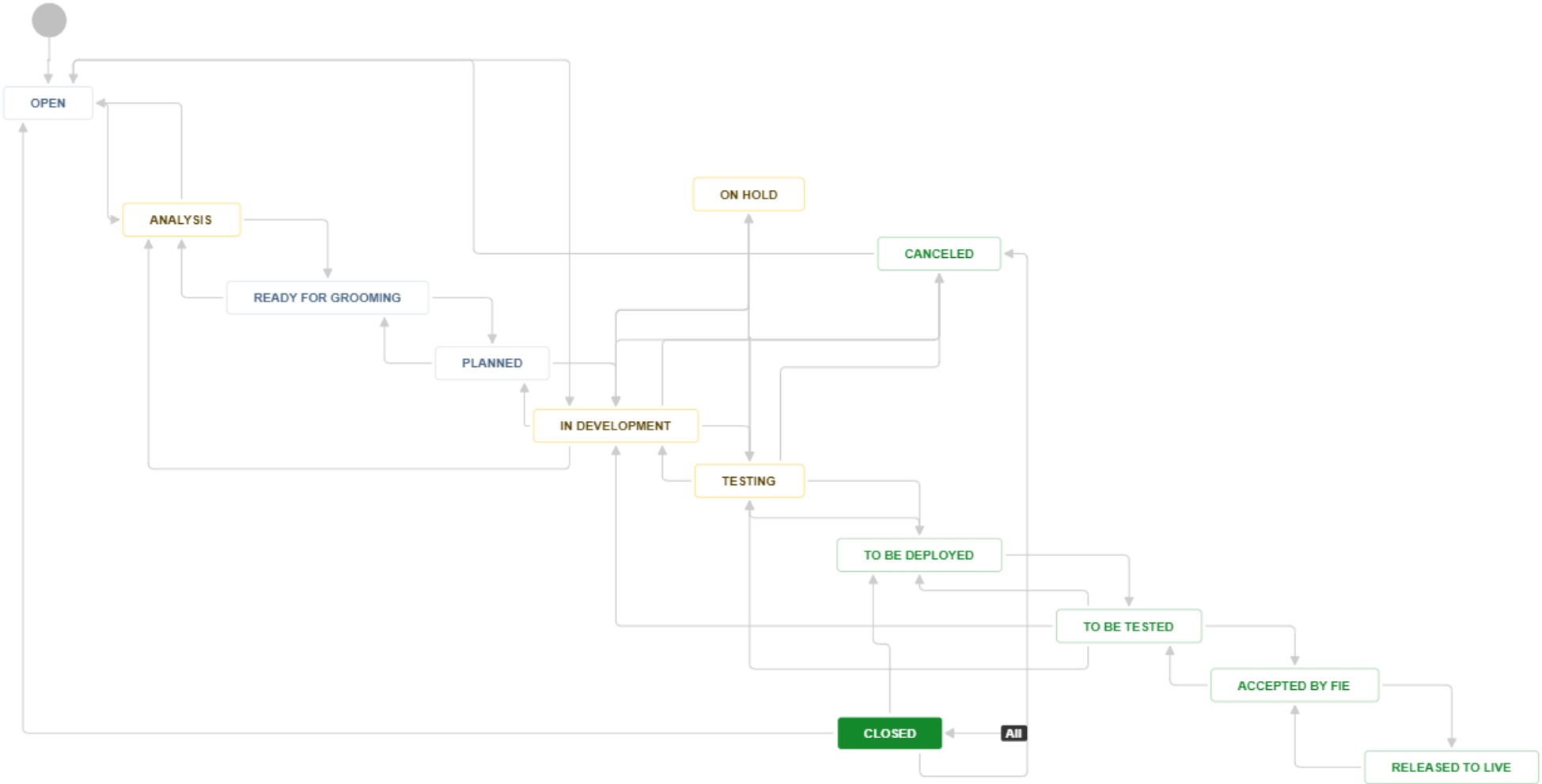
Možná řešení:

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

Životní cyklus chyby



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

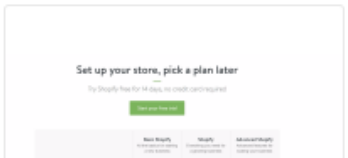
Actual Results:
The price for the basic plan is currently $25

—

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

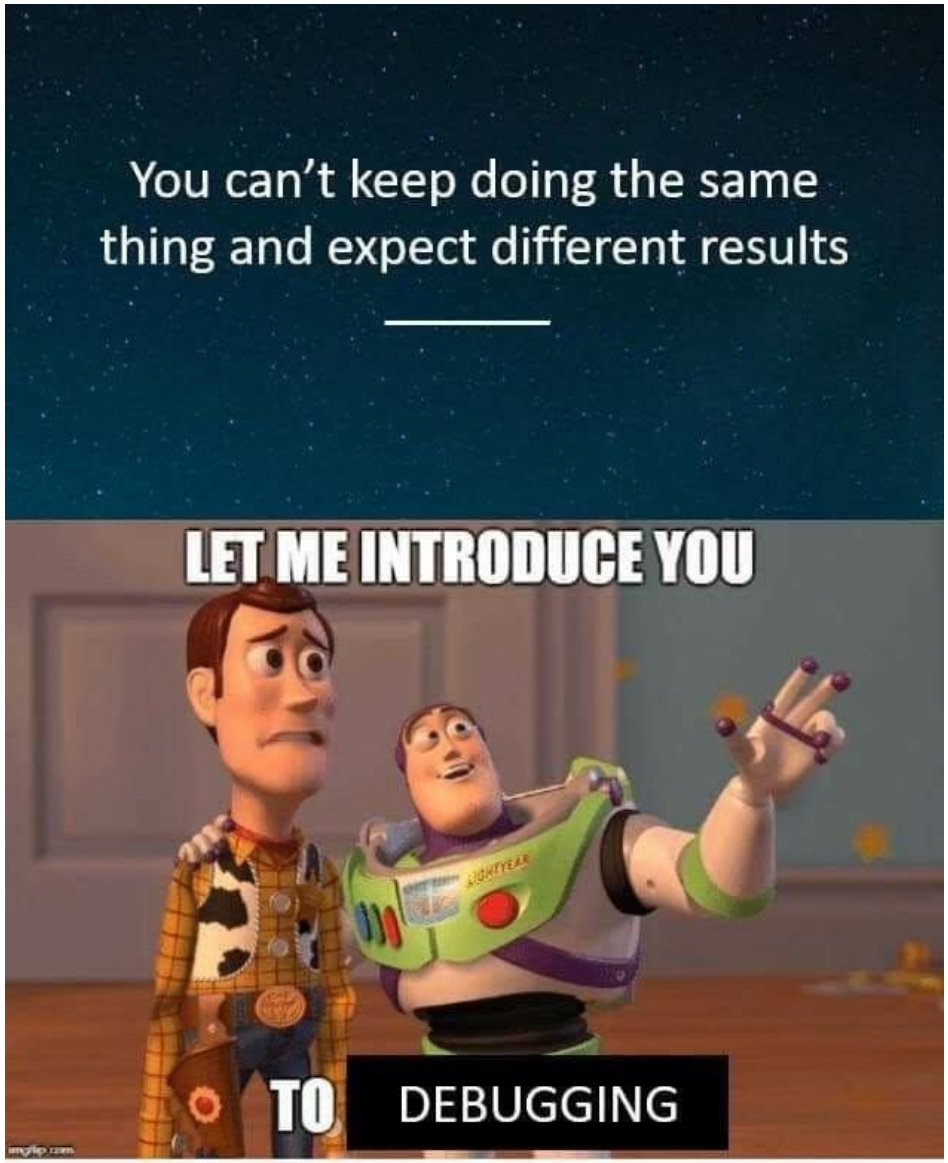
Notifications

Subscribe

You're not receiving notifications from this thread.

3 participants

Debugging


You can't keep doing the same thing and expect different results
LET ME INTRODUCE YOU
TO DEBUGGING

Postup v případě řešení nalezeného problému:

1. nalezení chyby (vývojář, tester, uživatel)
2. reprodukce chyby, napsání testu
3. zjednodušení problému na to důležité (jednodušší testování)
4. vytipování možných příčin
5. zaměření se na pravděpodobné příčiny (většinou bývá příčina zřejmá)
6. identifikace příčin
7. oprava chyby
8. testování (nejen opravy chyby, nesmíme zapomenout na **regresní testy** – co když jsme při opravě chyby pokazili něco dalšího?)
9. změna dokumentace

Např. `ptrace`

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, ...
- příkaz `tui enable` (Text User Interface)

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 nadstavbu 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)

https://www.sourceware.org/gdb/documentation/

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)
```

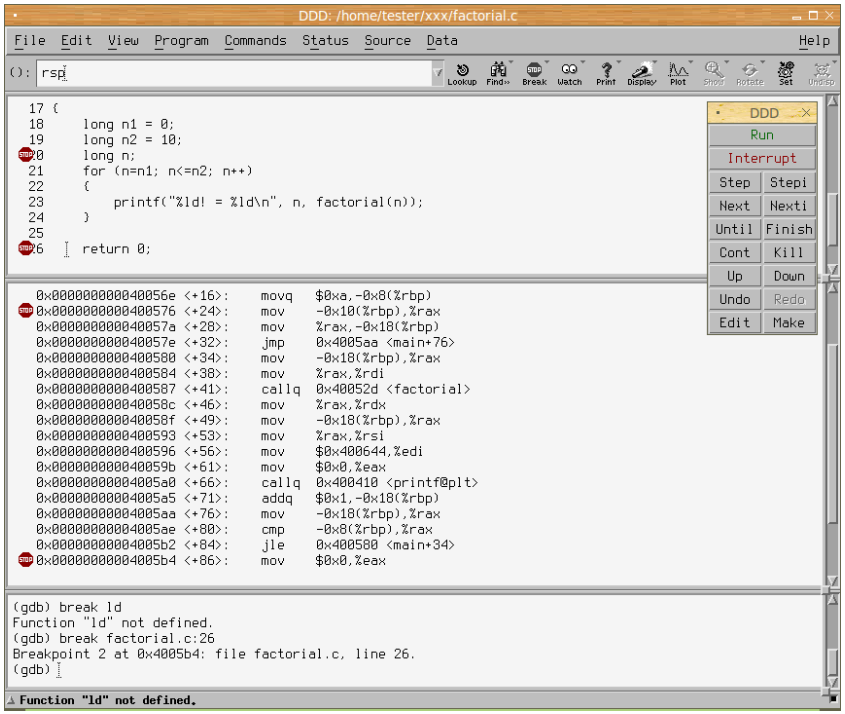
```
$ gcc ./segfault.c -o segfault -g
$ gdb ./segfault

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
```

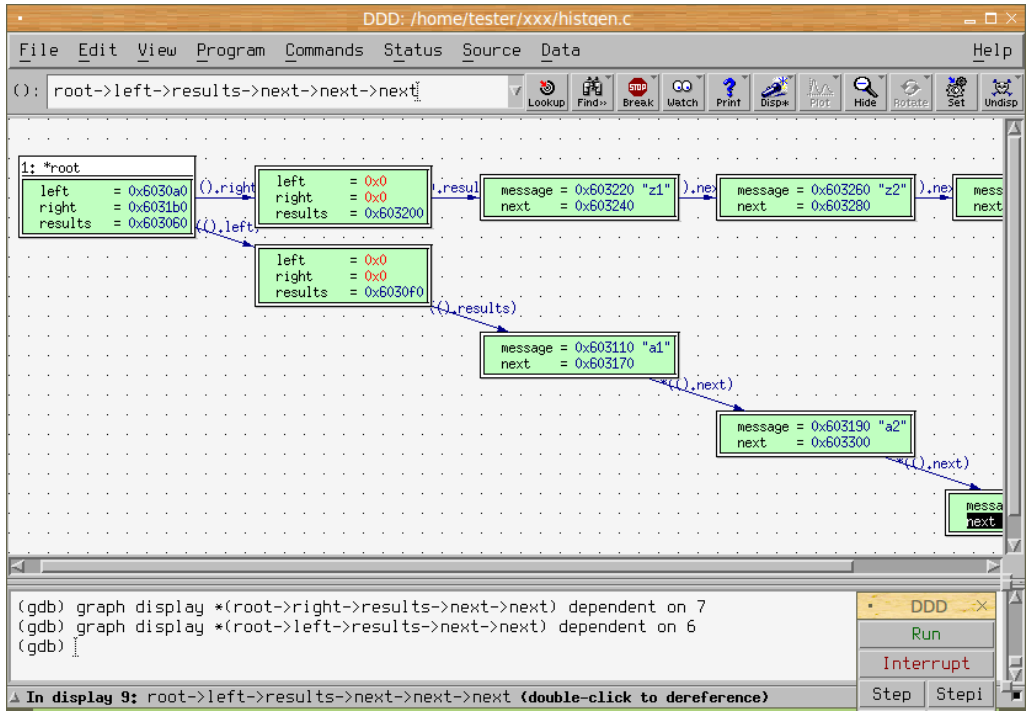
Základní příkazy GDB:

- **help (command)**
- **run** – spuštění programu
- **backtrace** – výpis obsahu zásobníku (call stack)
- **step** – postup o jeden krok (step into v CodeBlocks)
- **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



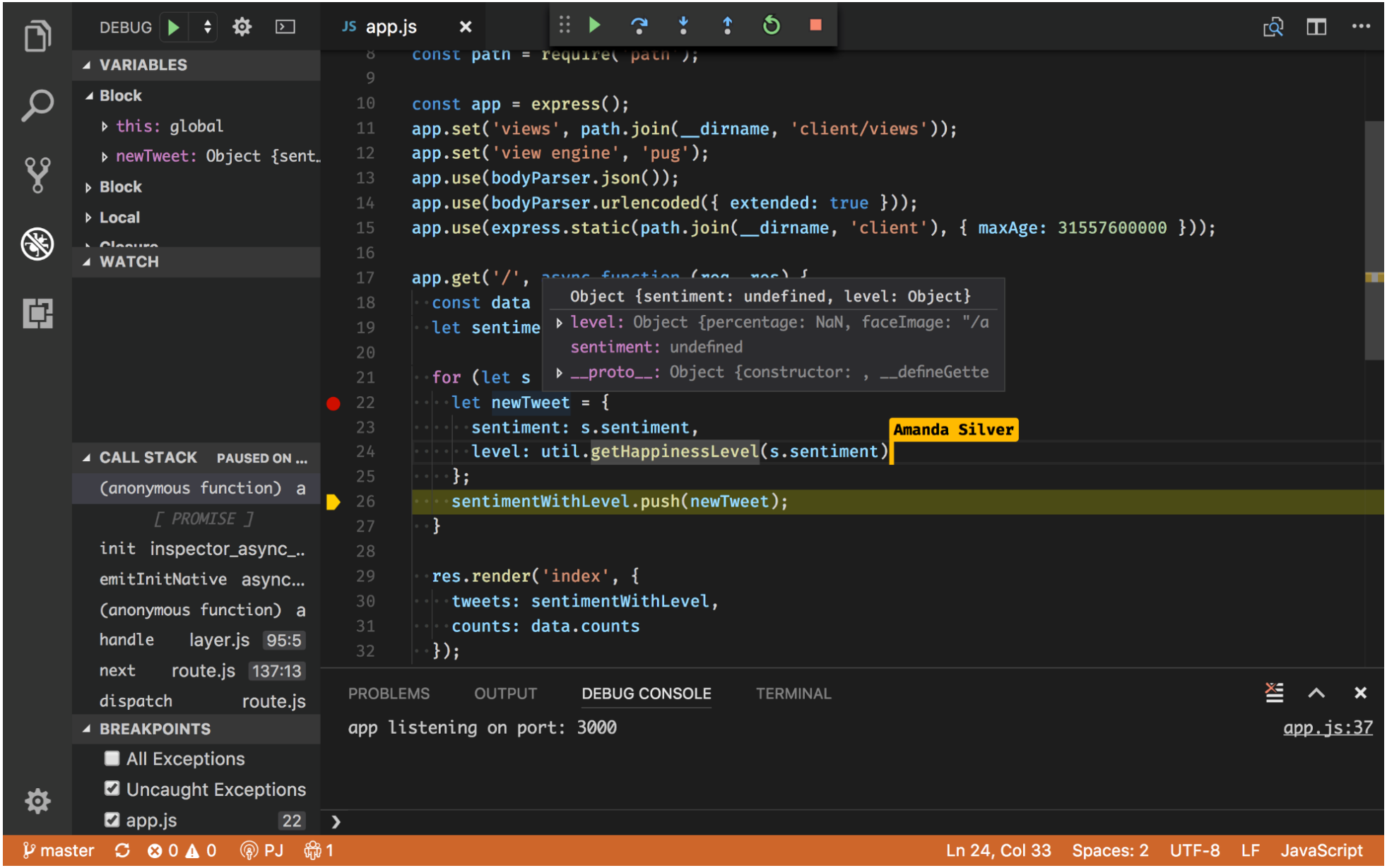


https://www.gnu.org/software/ddd/manual/

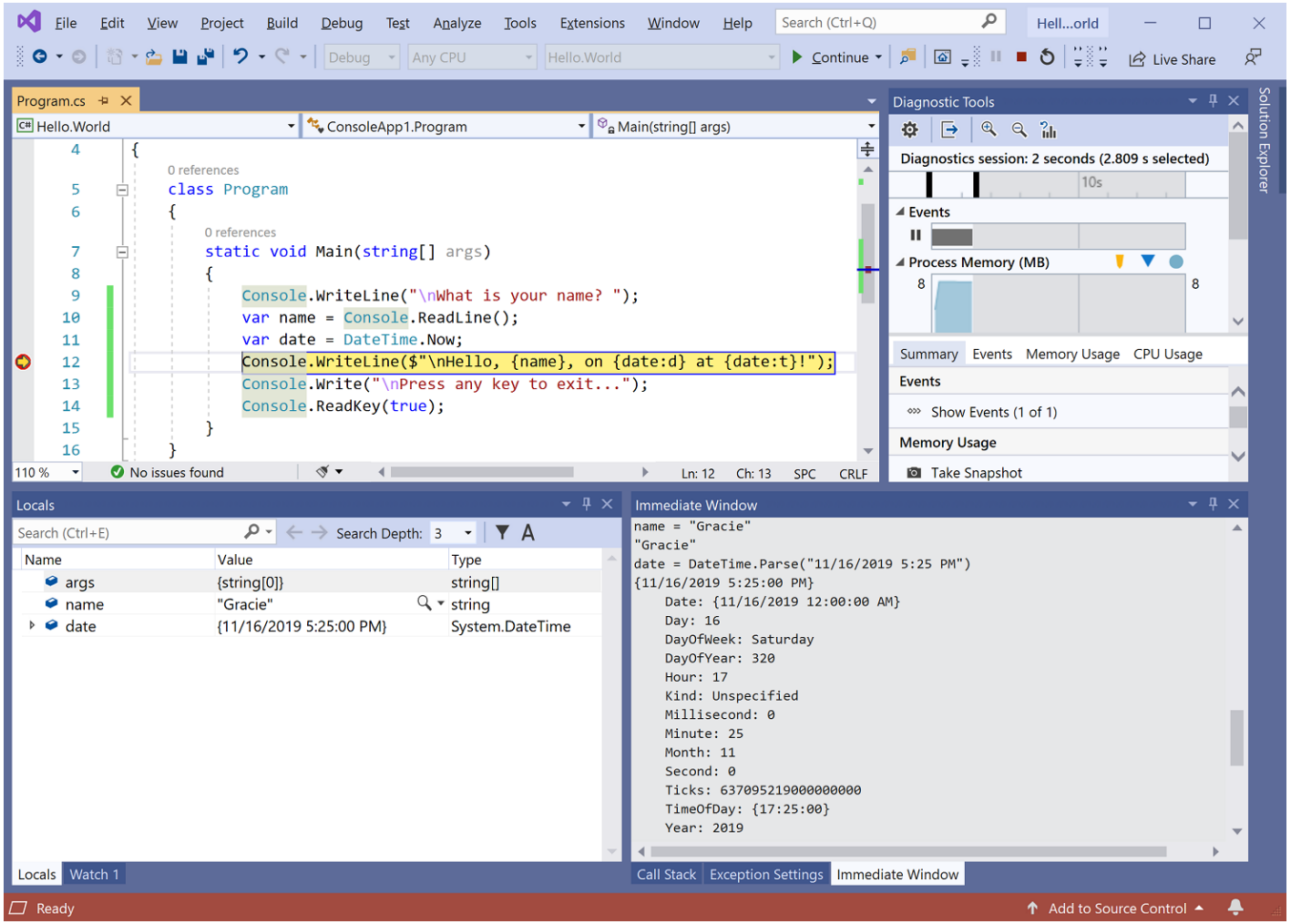
https://mojefedora.cz/debuggery-a-jejich-nadstavby-v-linuxu-2-cast/

Debugger v IDE

. . . je nejvíc po ruce



Debugging ve Visual Studiu + ReSharper




```
foreach (var person in list)   person = {Name: Rose, Age: 30}
{
    var msg1   msg1 = "Hi, I'm Rose"
        = $"Hi, I'm {person.Name}";
    Console.WriteLine(msg1);
    var msg2   msg2 = "I'm 30 old.",  Person.Age.get() = 30,  string.Format() = "I'm 30 old."
        = $"I'm {person.Age} old.";
    Console.WriteLine(msg2);   msg2 = "I'm 30 old."
}
```

```
foreach (var person in list)   person = {Name="John", Age=20}
{
    var msg1
        = $"Hi, I'm {pe
    Console.WriteLine(m
    var msg2
        = $"I'm {person
    Console.WriteLine(m
}
```

list=Count = 5
[0]={Name="John", Age=20}
[1]={Name="Rose", Age=30}
[2]={Name="Michael", Age=18}
[3]={Name="Emma", Age=57}
[4]={Name="James", Age=44}
Raw View=

Ladění bez debuggeru

„printf debugging“

- výpis „jsem zde“, hodnoty proměnných, všeho zajímavého (pozor na . . . ne úplně slušná slova . . .)
- pomoci mohou i makra `__FILE__`, `__LINE__`, výpis stack trace, . . .
- může se hodit takticky umístěný if, assert, break, exit, . . .

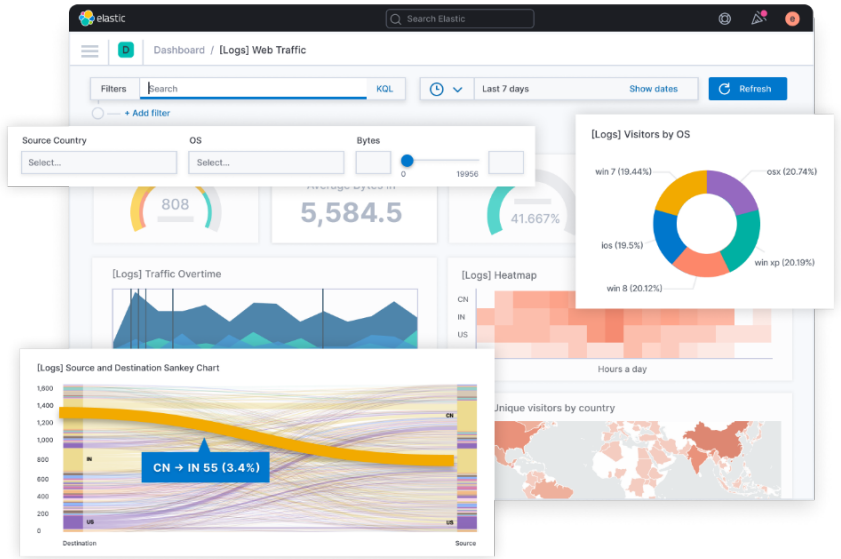
```
$time = $xml->location[0]->time[0];

$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);
```

Hlavně nezapomeňte printf debugging ODMAZAT!

Ladění bez debuggeru

Logování

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



- logování může ovlivnit chování programu
  - pravděpodobnost vzniku race condition
  - zpomalení
  - může snadno dojít místo na disku (logrotate, logger)

- uživateli se zobrazí stručné chybové hlášení
- 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 – Coding Standards!
- 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 zapnutá varování překladače

- hledá problémy v kódu bez jeho spuštění
- může detekovat více chyb než překladač
- také jako plugin do editoru či IDE

Lze použít na:

- 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 např.: 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, lze odhalit pomocí `strace`).

Pozor na optimalizace (je nutné důkladně testovat, jestli něco nerozbijí).

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 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

Valgrind

- pouze pro unixové systémy (Windows – WSL)
- v podstatě virtuální stroj
  - analyzovaný program je oddělený od procesoru
  - podstatně pomalejší běh programu (4-5krát)
- Umožňuje připojení GDB k běžícímu programu

Skládá se z několika nástrojů:

- 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

Memory leaks (takto ne)

A TODO buys you time.

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:

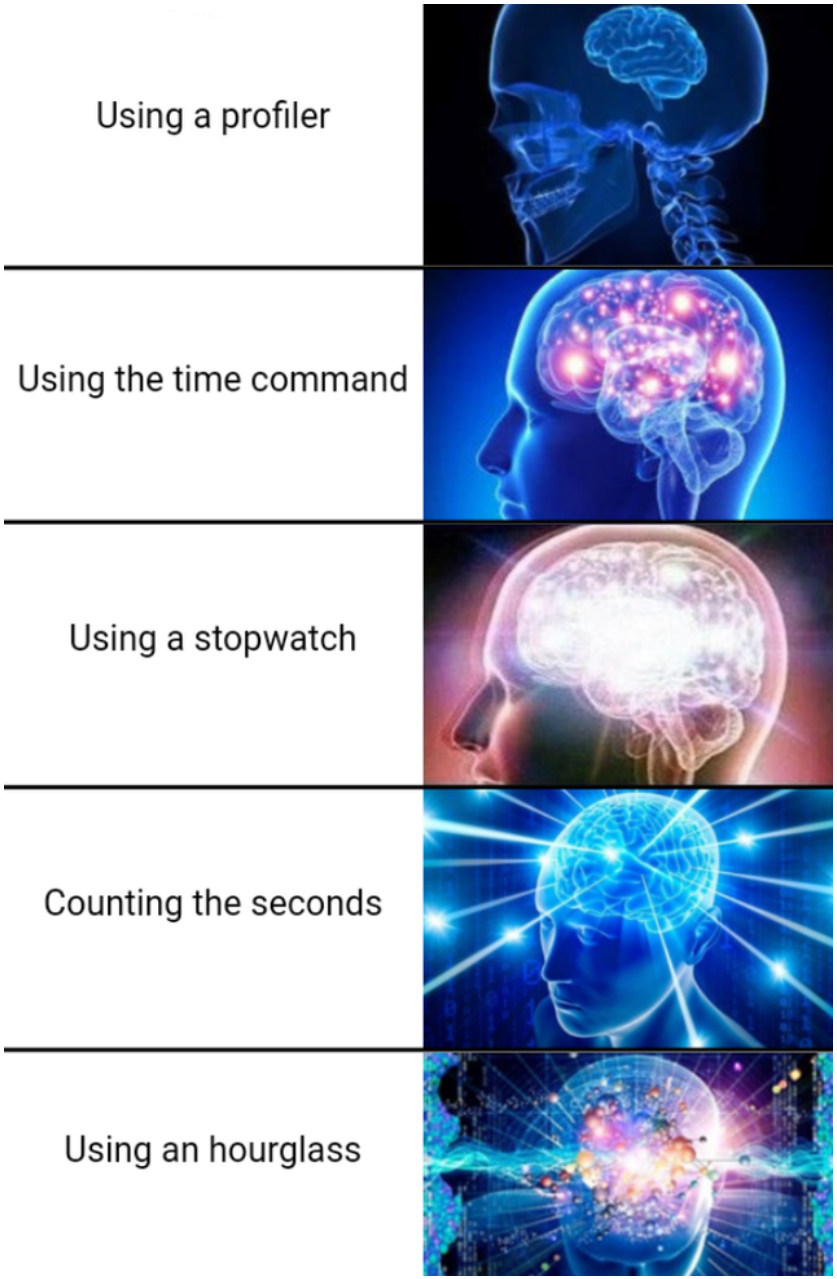
```
LEAK SUMMARY:
definitely lost: 48 bytes in 3 blocks.
indirectly lost: 32 bytes in 2 blocks.
possibly lost: 96 bytes in 6 blocks.
still reachable: 64 bytes in 4 blocks.
suppressed: 0 bytes in 0 blocks.
```

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)
```

- 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
  - Therac . . .
- 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
- ulimit, stress – další možnosti, jak testovat

Profiling


Using a profiler
Using the time command
Using a stopwatch
Counting the seconds
Using an hourglass

- 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
- např. 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 (1×10^{-2} 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`)

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

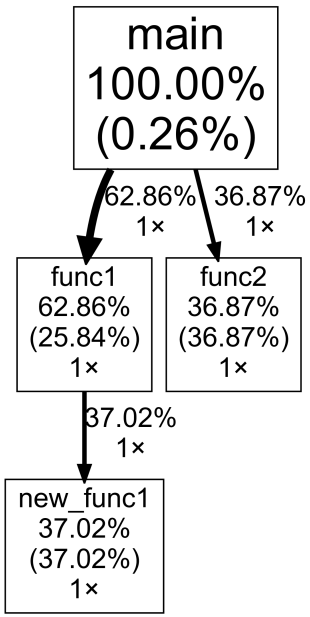
```
granularity: each sample hit covers 2 byte(s) for 0.04% of
26.75 seconds

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]
-----------------------------------------------
```

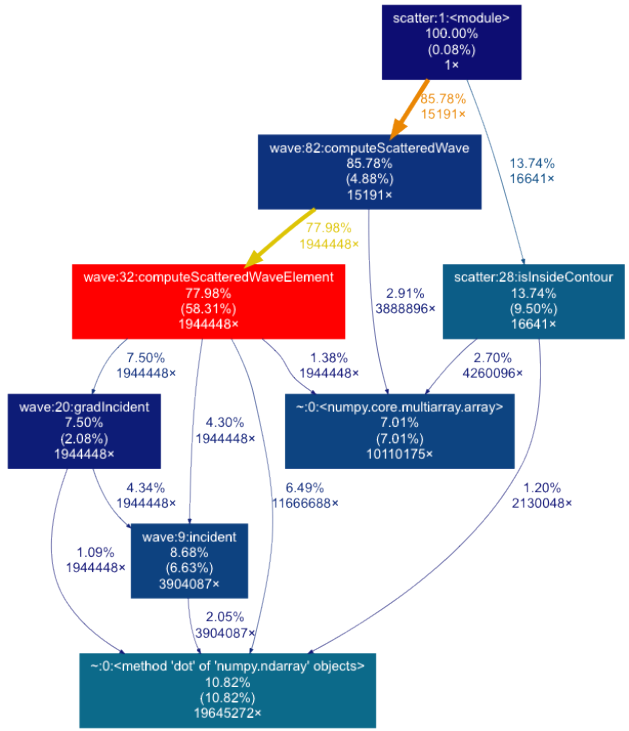
Vizualizace – gprof2dot

- 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
```



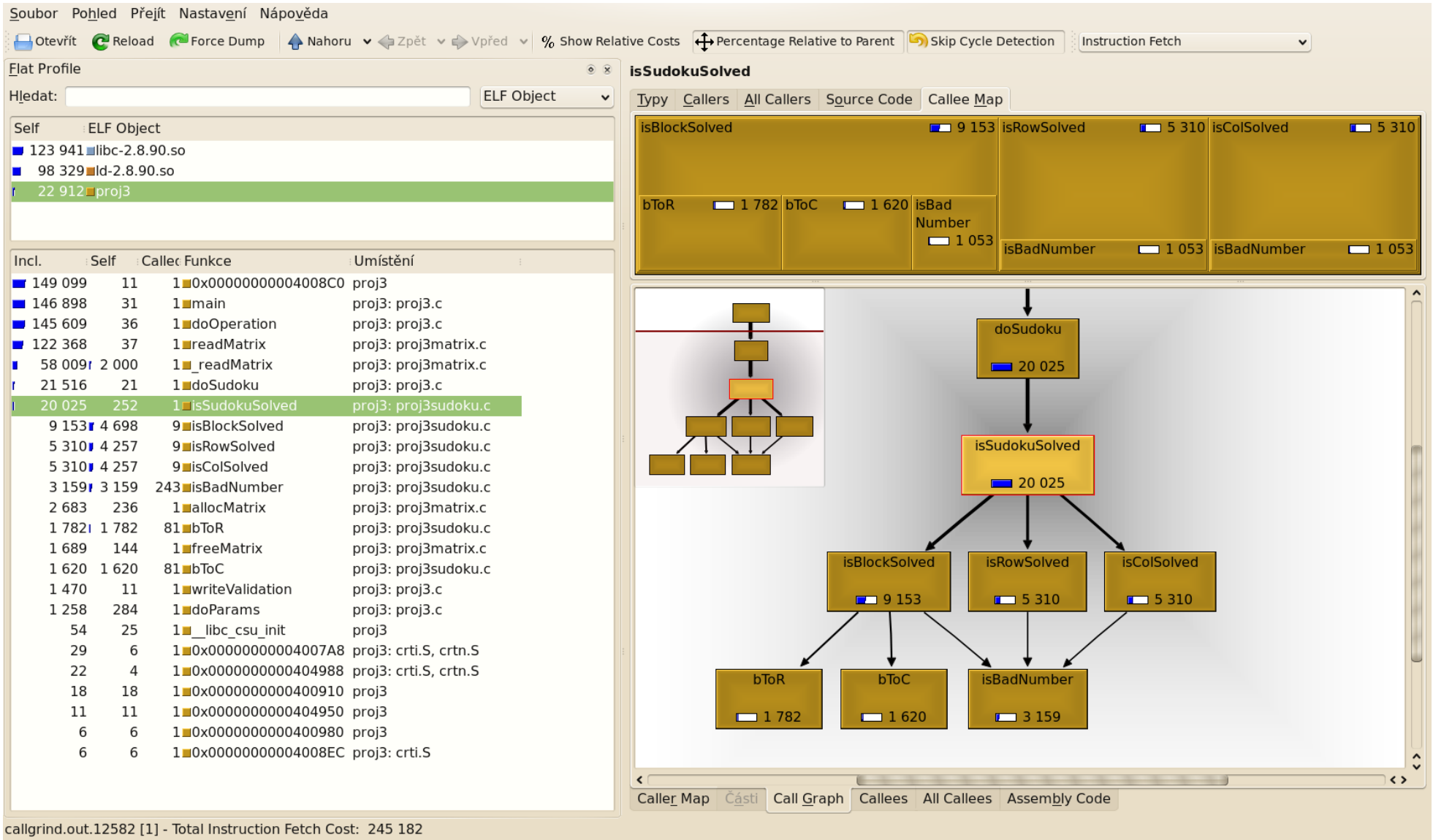


Vizualizace – gprof2dot

- 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



- 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 (bugy, které zmizí, nebo změní svoje chování, když je začneme zkoumat)
- optimalizace kódu může zhoršit čitelnost
  - mnohdy je lepší optimalizovat algoritmus než implementaci
  - opravit návrh je mnohem levnější, než opravovat kód na produkci – viz IUS

Protokol z profilování je součástí **druhého projektu**.

- profiling je **měření**
- v protokolu o měření je nutné vždy uvést minimálně
  - pomocí čeho bylo měření prováděno (včetně parametrů a verzí použitých nástrojů, . . .)
  - na čem je měření prováděno (použitý HW, SW včetně verzí, . . .)
- na základě protokolu by mělo být možné **vaše měření zopakovat**


QUALITY MEANS DOING IT RIGHT
WHEN NO ONE IS LOOKING.
-HENRY FORD

Zdroje

- https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_737_MAX
- https://medium.com/nowports-tech/introduction-to-software-quality-assurance-a2f1b4e7fec7
- https://westworld.fandom.com/wiki/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
- https://www.qamadness.com/bug-severity-vs-priority/
- https://marker.io/blog/bug-report-template/
- https://docs.microsoft.com/cs-cz/dotnet/core/tutorials/debugging-with-visual-studio
- https://en.wikipedia.org/wiki/Valgrind

Zdroje obrázků

- https://preview.redd.it/rtw113wht1311.png?width=640&crop=smart&auto=webp&s=9148e2ea9924f61c08a847a73ad9fe93643f0d43
- https://9gag.com/gag/aQ3MAow
- https://en.wikipedia.org/wiki/1986_Black_Sea_incident
- https://www.sfgate.com/chris-mcginnis/article/United-transcontinental-dreamliner-787-13270374.php
- https://www.facebook.com/photo/?fbid=15660270366511 8
- https://twitter.com/ProgrammersMeme/status/1141238273089658882