CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Electrical Engineering
Department of Cybernetics

B4B33RPH: Řešení problémů a hry

Automatické testování softwaru. Vývoj řízený testy.

Petr Pošík

Katedra kybernetiky
ČVUT FEL

Úvod

Z minulé přednášky

Testujte svůj kód!

- Dokud jej nevyzkoušíte (neotestujete) alespoň na několika příkladech, nevíte, zda funguje!
- Použijte nějaký framework pro automatické testování:
  - Snadná **tvorba** obsáhlé sady testů.
  - Snadné **přidávání** nových testů.
  - Snadné **opakované spouštění** všech testů.
  - Snadná **vizuální kontrola**, zda testy procházejí nebo selhávají.
- Spousta možností:
  - Náš vlastní modul `testing`.
  - Standardní modul `doctest`.
  - Standardní modul `unittest`.
  - `nosetest`, `pytest`, ...

Automatizované testování

Zpracováno podle
Gerard Meszarosz: *xUnit Test Patterns: Refactoring Test Code*,
Addison-Wesley, 2007.

Testování

Kvalita softwaru z pohledu testování:

- Jak dobře kód splňuje specifikace?

Testování

Kvalita softwaru z pohledu testování:

- Jak dobře kód splňuje specifikace?

Testování z pohledu QA týmu (acceptance tests, functional tests):

- Testujeme, protože jsme si jistí, že kód obsahuje chyby! (Nesplňuje specifikace zákazníka.)
- Testujeme poté, co je kód hotový.
- Obvykle black-box testování.
- Testování je spíš *měření* kvality softwaru, nikoli způsob, jak napsat kvalitní software.
- Zpětná vazba přichází příliš pozdě.
- V minulosti prováděny převážně ručně.

Testování

Kvalita softwaru z pohledu testování:

- Jak dobře kód splňuje specifikace?

Testování z pohledu QA týmu (acceptance tests, functional tests):

- Testujeme, protože jsme si jistí, že kód obsahuje chyby! (Nesplňuje specifikace zákazníka.)
- Testujeme poté, co je kód hotový.
- Obvykle black-box testování.
- Testování je spíš *měření* kvality softwaru, nikoli způsob, jak napsat kvalitní software.
- Zpětná vazba přichází příliš pozdě.
- V minulosti prováděny převážně ručně.

Testování z pohledu programátora (unit tests, integration tests):

- Testuji, protože si chci být jistý, že jednotka, na které právě pracuji, dělá to, co po ní chci. (Splňuje požadavky, které vznikly v důsledku designu architektury softwaru.)
- Obvykle white-box testování.
- V minulosti většinou dočasný kód, který se po otestování zahodil.

Automatizované testy: F.I.R.S.T.

Automatizované testy by měly být F.I.R.S.T.

Automatizované testy: F.I.R.S.T.

Automatizované testy by měly být F.I.R.S.T.

Fast

- Pomalé testy $\longrightarrow$ nebudete je spouštět často $\longrightarrow$ chyby odhalíte pozdě

Automatizované testy: F.I.R.S.T.

Automatizované testy by měly být F.I.R.S.T.

Fast

- Pomalé testy $\longrightarrow$ nebudete je spouštět často $\longrightarrow$ chyby odhalíte pozdě

Independent

- Jeden test by neměl nastavovat podmínky pro další test.
- Musí jít spustit každý test samostatně a celou sadu testů v jakémkoli pořadí.
- Závislé testy $\longrightarrow$ jedna chyba spustí celý řetězec chyb v navazujících testech $\longrightarrow$ složité hledání chyby.

Automatizované testy: F.I.R.S.T.

Automatizované testy by měly být F.I.R.S.T.

Fast

- Pomalé testy $\longrightarrow$ nebudete je spouštět často $\longrightarrow$ chyby odhalíte pozdě

Independent

- Jeden test by neměl nastavovat podmínky pro další test.
- Musí jít spustit každý test samostatně a celou sadu testů v jakémkoli pořadí.
- Závislé testy $\longrightarrow$ jedna chyba spustí celý řetězec chyb v navazujících testech $\longrightarrow$ složité hledání chyby.

Repeatable

- Možnost *zopakovat* testy kýmkoli a kdekoli se stejným výsledkem.
- Testy lze spustit jen někde $\longrightarrow$ budou se pouštět zřídka $\longrightarrow$ chyby odhalíte pozdě

Automatizované testy: F.I.R.S.T.

Automatizované testy by měly být F.I.R.S.T.

Fast

- Pomalé testy ⟶ nebudete je spouštět často ⟶ chyby odhalíte pozdě

Independent

- Jeden test by neměl nastavovat podmínky pro další test.
- Musí jít spustit každý test samostatně a celou sadu testů v jakémkoli pořadí.
- Závislé testy ⟶ jedna chyba spustí celý řetězec chyb v navazujících testech ⟶ složité hledání chyby.

Repeatable

- Možnost *zopakovat* testy kýmkoli a kdekoli se stejným výsledkem.
- Testy lze spustit jen někde ⟶ budou se pouštět zřídka ⟶ chyby odhalíte pozdě

Self-validating

- Dvoustavový výstup ⟶ snadné ověřit, zda test prošel nebo selhal.
- Složitý (dlouhý) výstup, který je nutno “ručně” zkontrolovat ⟶ málo časté testování ⟶ pozdní odhalení chyb.

Automatizované testy: F.I.R.S.T.

Automatizované testy by měly být F.I.R.S.T.

Fast

- Pomalé testy ⟶ nebudete je spouštět často ⟶ chyby odhalíte pozdě

Independent

- Jeden test by neměl nastavovat podmínky pro další test.
- Musí jít spustit každý test samostatně a celou sadu testů v jakémkoli pořadí.
- Závislé testy ⟶ jedna chyba spustí celý řetězec chyb v navazujících testech ⟶ složité hledání chyby.

Repeatable

- Možnost *zopakovat* testy kýmkoli a kdekoli se stejným výsledkem.
- Testy lze spustit jen někde ⟶ budou se pouštět zřídka ⟶ chyby odhalíte pozdě

Self-validating

- Dvoustavový výstup ⟶ snadné ověřit, zda test prošel nebo selhal.
- Složitý (dlouhý) výstup, který je nutno "ručně" zkontrolovat ⟶ málo časté testování ⟶ pozdní odhalení chyb.

Timely

- Testy by měly být psány včas, ideálně před produkčním kódem.
- Testy psané po produkčním kódu ⟶ kód se špatně testuje ⟶ nebudete se chtít s jeho testováním zdržovat.

Modul doctest

- Specialita Pythonu (opravte mě, pokud se pletu).
- Velmi vhodný pro jednoduché testy.
- Nevhodný pro složitější testy vyžadující přípravu a úklid.

```
class PrimesGenerator:
    """Prime numbers generator.

    >>> pg = PrimesGenerator()
    >>> pg.get_primes_up_to(1)
    []
    >>> pg.get_primes_up_to(2)
    [2]
    >>> pg.get_primes_up_to(3)
    [2, 3]
    >>> pg.get_primes_up_to(4)
    [2, 3]
    >>> pg.get_primes_up_to(5)
    [2, 3, 5]
    >>> pg.get_primes_up_to(20)
    [2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19]
    """
    ...

if __name__ == "__main__":
    import doctest
    doctest.testmod()
```

xUnit Framework

- Standardní testovací framework.
- Implementován v mnoha jazycích (naučte se ho, bude se vám hodit).
- V Pythonu implementován jako modul `unittest`.

xUnit Framework

- Standardní testovací framework.
- Implementován v mnoha jazycích (naučte se ho, bude se vám hodit).
- V Pythonu implementován jako modul `unittest`.


```
import unittest
from primes3 import PrimesGenerator

class PrimesGeneratorTest(unittest.TestCase):

    known_values = ((0, []),
                    (1, []),
                    (2, [2]),
                    (3, [2,3]),
                    (4, [2,3]),
                    (5, [2,3,5]),
                    (7, [2,3,5,7]),
                    (20, [2,3,5,7,11,13,17,19]))

    def setUp(self):
        self.pg = PrimesGenerator()

    def test_get_primes_up_to(self):
        for limit, expected in self.known_values:
            observed = self.pg.get_primes_up_to(limit)
            self.assertEqual(observed, expected)
    ...

if __name__=='__main__':
    unittest.main()
```

Vývoj řízený testy

TDD: Vývoj řízený testy

Tři zákony TDD (Test-driven development):

1. Nenapíšeš ani kousek produkčního kódu, aniž bys předtím napsal selhávající test.

TDD: Vývoj řízený testy

Tři zákony TDD (Test-driven development):

1. Nenapíšeš ani kousek produkčního kódu, aniž bys předtím napsal selhávající test.
2. Nenapíšeš větší část testu, než je potřebná k selhání (chybě).

TDD: Vývoj řízený testy

Tři zákony TDD (Test-driven development):

1. Nenapíšeš ani kousek produkčního kódu, aniž bys předtím napsal selhávající test.
2. Nenapíšeš větší část testu, než je potřebná k selhání (chybě).
3. Nenapíšeš větší část produkčního kódu, než je potřebná ke splnění aktuálně selhávajícího testu.

TDD: Vývoj řízený testy

Tři zákony TDD (Test-driven development):

1. Nenapíšeš ani kousek produkčního kódu, aniž bys předtím napsal selhávající test.
2. Nenapíšeš větší část testu, než je potřebná k selhání (chybě).
3. Nenapíšeš větší část produkčního kódu, než je potřebná ke splnění aktuálně selhávajícího testu.

Výsledek těchto pravidel:

- velmi krátký cyklus, v němž střídavě hrajete
  - roli zákazníka, který říká, co se má udělat (píšete test), a
  - roli programátora, který říká, jak se to má dělat (píšete kód, který splňuje aktuální specifikace).
- Testy a produkční kód se píší *společně* (testy o pár sekund napřed).
- Testy pak pokrývají všechen produkční kód!

TDD Ukázka

Vytvořte funkci/metodu třídy na faktorizaci čísla na prvočíselné činitele.

- Vstup: číslo, které chceme rozložit
- Výstup: seznam prvočísel, jejichž součin je roven vstupnímu číslu

TDD Ukázka

Vytvořte funkci/metodu třídy na faktorizaci čísla na prvočíselné činitele.

- Vstup: číslo, které chceme rozložit
- Výstup: seznam prvočísel, jejichž součin je roven vstupnímu číslu

Jak byste postupovali?

TDD Ukázka: Úvodní fáze

Zakládáme `test_factorize.py`

```
import unittest
from factorization import factorize
```

TDD Ukázka: Úvodní fáze

Zakládáme `test_factorize.py`

```
import unittest
from factorization import factorize
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: No module named factorization
```

TDD Ukázka: Úvodní fáze

Zakládáme `test_factorize.py`

```
import unittest
from factorization import factorize
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: No module named factorization
```

Zakládáme prázdný `factorization.py`

TDD Ukázka: Úvodní fáze

Zakládáme `test_factorize.py`

```
import unittest
from factorization import factorize
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: No module named factorization
```

Zakládáme prázdný `factorization.py`

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: cannot import name factorize
```

TDD Ukázka: Úvodní fáze

Zakládáme `test_factorize.py`

```
import unittest
from factorization import factorize
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: No module named factorization
```

Zakládáme prázdný `factorization.py`

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: cannot import name factorize
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize():
  pass
```

TDD Ukázka: Úvodní fáze

Zakládáme `test_factorize.py`

```
import unittest
from factorization import factorize
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: No module named factorization
```

Zakládáme prázdný `factorization.py`

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: cannot import name factorize
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize():
  pass
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
--- Zadny vystup, kod bez chyby. ---
```

TDD Ukázka: Úvodní fáze

Zakládáme `test_factorize.py`

```
import unittest
from factorization import factorize
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: No module named factorization
```

Zakládáme prázdný `factorization.py`

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: cannot import name factorize
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize():
  pass
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
--- Zadny vystup, kod bez chyby. ---
```

Upravujeme `test_factorize.py`

```
import unittest
from factorization import factorize

class FactorizeTest(unittest.TestCase):
  pass

if __name__=="__main__":
  unittest.main()
```

TDD Ukázka: Úvodní fáze

Zakládáme `test_factorize.py`

```
import unittest
from factorization import factorize
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: No module named factorization
```

Zakládáme prázdný `factorization.py`

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 2, in <fragment>
builtins.ImportError: cannot import name factorize
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize():
  pass
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
--- Zadny vystup, kod bez chyby. ---
```

Upravujeme `test_factorize.py`

```
import unittest
from factorization import factorize

class FactorizeTest(unittest.TestCase):
  pass

if __name__=="__main__":
  unittest.main()
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
----------------------------------------------------------------------
Ran 0 tests in 0.000s

OK
builtins.SystemExit: False
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 2

Upravujeme `test_factorize.py`

```
class FactorizeTest(unittest.TestCase):

  def test_two(self):
    observed = factorize(2)
    self.assertEqual(observed, [2])
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 2

Upravujeme `test_factorize.py`

```
class FactorizeTest(unittest.TestCase):

  def test_two(self):
    observed = factorize(2)
    self.assertEqual(observed, [2])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
E
======================================================================
ERROR: test_one (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 7, in test_one
TypeError: factorize() takes no arguments (1 given)
----------------------------------------------------------------------
Ran 1 test in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  pass
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 2

Upravujeme `test_factorize.py`

```
class FactorizeTest(unittest.TestCase):

  def test_two(self):
    observed = factorize(2)
    self.assertEqual(observed, [2])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
E
======================================================================
ERROR: test_one (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 7, in test_one
TypeError: factorize() takes no arguments (1 given)
----------------------------------------------------------------------
Ran 1 test in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  pass
```

```
F
======================================================================
FAIL: test_one (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 8, in test_one
AssertionError: None != [2]
----------------------------------------------------------------------
Ran 1 test in 0.000s
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 2

Upravujeme `test_factorize.py`

```
class FactorizeTest(unittest.TestCase):

  def test_two(self):
    observed = factorize(2)
    self.assertEqual(observed, [2])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
E
======================================================================
ERROR: test_one (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 7, in test_one
TypeError: factorize() takes no arguments (1 given)
----------------------------------------------------------------------
Ran 1 test in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  pass
```

```
F
======================================================================
FAIL: test_one (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 8, in test_one
AssertionError: None != [2]
----------------------------------------------------------------------
Ran 1 test in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  return [2]
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 2

Upravujeme `test_factorize.py`

```
class FactorizeTest(unittest.TestCase):

  def test_two(self):
    observed = factorize(2)
    self.assertEqual(observed, [2])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
E
======================================================================
ERROR: test_one (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 7, in test_one
TypeError: factorize() takes no arguments (1 given)
----------------------------------------------------------------------
Ran 1 test in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  pass
```

```
F
======================================================================
FAIL: test_one (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 8, in test_one
AssertionError: None != [2]
----------------------------------------------------------------------
Ran 1 test in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  return [2]
```

```
.
----------------------------------------------------------------------
Ran 1 test in 0.000s
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 3

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_three(self):
    observed = factorize(3)
    self.assertEqual(observed, [3])
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 3

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_three(self):
    observed = factorize(3)
    self.assertEqual(observed, [3])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
F.
======================================================================
FAIL: test_three (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 12, in test_three
AssertionError: Lists differ: [2] != [3]

First differing element 0:
2
3

- [2]
+ [3]

----------------------------------------------------------------------
Ran 2 tests in 0.016s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  return [product]
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 3

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_three(self):
    observed = factorize(3)
    self.assertEqual(observed, [3])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
F.
======================================================================
FAIL: test_three (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 12, in test_three
AssertionError: Lists differ: [2] != [3]

First differing element 0:
2
3

- [2]
+ [3]

----------------------------------------------------------------------
Ran 2 tests in 0.016s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  return [product]
```

```
..
----------------------------------------------------------------------
Ran 2 tests in 0.000s
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 4

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_four(self):
    observed = factorize(4)
    self.assertEqual(observed, [2,2])
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 4

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_four(self):
    observed = factorize(4)
    self.assertEqual(observed, [2,2])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
F..
======================================================================
FAIL: test_four (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 16, in test_four
AssertionError: Lists differ: [4] != [2, 2]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 3 tests in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  while product % 2 == 0:
    factors.append(2)
    product /= 2
  return factors
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 4

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_four(self):
    observed = factorize(4)
    self.assertEqual(observed, [2,2])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
F..
======================================================================
FAIL: test_four (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 16, in test_four
AssertionError: Lists differ: [4] != [2, 2]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 3 tests in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  while product % 2 == 0:
    factors.append(2)
    product /= 2
  return factors
```

```
.F.
======================================================================
FAIL: test_three (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 12, in test_three
AssertionError: Lists differ: [] != [3]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 3 tests in 0.016s
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 4

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_four(self):
    observed = factorize(4)
    self.assertEqual(observed, [2,2])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
F..
======================================================================
FAIL: test_four (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 16, in test_four
AssertionError: Lists differ: [4] != [2, 2]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 3 tests in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  while product % 2 == 0:
    factors.append(2)
    product /= 2
  return factors
```

```
.F.
======================================================================
FAIL: test_three (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 12, in test_three
AssertionError: Lists differ: [] != [3]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 3 tests in 0.016s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  while product % 2 == 0:
    factors.append(2)
    product /= 2
  if product != 1:
    factors.append(product)
  return factors
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 4

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_four(self):
    observed = factorize(4)
    self.assertEqual(observed, [2,2])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
F..
======================================================================
FAIL: test_four (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 16, in test_four
AssertionError: Lists differ: [4] != [2, 2]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 3 tests in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  while product % 2 == 0:
    factors.append(2)
    product /= 2
  return factors
```

```
.F.
======================================================================
FAIL: test_three (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 12, in test_three
AssertionError: Lists differ: [] != [3]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 3 tests in 0.016s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  while product % 2 == 0:
    factors.append(2)
    product /= 2
  if product != 1:
    factors.append(product)
  return factors
```

```
...
----------------------------------------------------------------------
Ran 3 tests in 0.000s
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 5

Upravujeme `test_factorize.py`

```
def test_five(self):
  observed = factorize(5)
  self.assertEqual(observed, [5])
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 5

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_five(self):
    observed = factorize(5)
    self.assertEqual(observed, [5])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
....
----------------------------------------------------------------------
Ran 4 tests in 0.000s
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 6

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_six(self):
    observed = factorize(6)
    self.assertEqual(observed, [2,3])
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 6

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_six(self):
    observed = factorize(6)
    self.assertEqual(observed, [2,3])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
.....
----------------------------------------------------------------------
Ran 5 tests in 0.000s
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 6

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_six(self):
    observed = factorize(6)
    self.assertEqual(observed, [2,3])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
.....
----------------------------------------------------------------------
Ran 5 tests in 0.000s
```

Test faktorizace čísla 7 vynecháváme, je to stejný případ, jako pro 3 a 5.

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 8

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_eight(self):
    observed = factorize(8)
    self.assertEqual(observed, [2,2,2])
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 8

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_eight(self):
    observed = factorize(8)
    self.assertEqual(observed, [2,2,2])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
......
----------------------------------------------------------------------
Ran 6 tests in 0.000s
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 9

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_nine(self):
    observed = factorize(9)
    self.assertEqual(observed, [3,3])
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 9

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_nine(self):
    observed = factorize(9)
    self.assertEqual(observed, [3,3])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
...F...
======================================================================
FAIL: test_nine (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 32, in test_nine
AssertionError: Lists differ: [9] != [3, 3]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.000s
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 9

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_nine(self):
    observed = factorize(9)
    self.assertEqual(observed, [3,3])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
...F...
======================================================================
FAIL: test_nine (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 32, in test_nine
AssertionError: Lists differ: [9] != [3, 3]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  for factor in range(2,product+1):
    while product % factor == 0:
      factors.append(factor)
      product /= factor
  return factors
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 9

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_nine(self):
    observed = factorize(9)
    self.assertEqual(observed, [3,3])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
...F...
======================================================================
FAIL: test_nine (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 32, in test_nine
AssertionError: Lists differ: [9] != [3, 3]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  for factor in range(2,product+1):
    while product % factor == 0:
      factors.append(factor)
      product /= factor
  return factors
```

```
.......
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.015s
```

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 9

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_nine(self):
    observed = factorize(9)
    self.assertEqual(observed, [3,3])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
...F...
======================================================================
FAIL: test_nine (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 32, in test_nine
AssertionError: Lists differ: [9] != [3, 3]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  for factor in range(2,product+1):
    while product % factor == 0:
      factors.append(factor)
      product /= factor
  return factors
```

```
.......
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.015s
```

- Jsme schopni přijít na nějaký další test, kde by náš kód selhal?

TDD Ukázka: Test faktorizace čísla 9

Upravujeme `test_factorize.py`

```
  def test_nine(self):
    observed = factorize(9)
    self.assertEqual(observed, [3,3])
```

Po spuštění `test_factorize.py`:

```
...F...
======================================================================
FAIL: test_nine (__main__.FactorizeTest)
----------------------------------------------------------------------
Traceback (most recent call last):
  File "<wingdb_compile>", line 32, in test_nine
AssertionError: Lists differ: [9] != [3, 3]
[...snip...]
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.000s
```

Upravujeme `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  for factor in range(2,product+1):
    while product % factor == 0:
      factors.append(factor)
      product /= factor
  return factors
```

```
.......
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.015s
```

- Jsme schopni přijít na nějaký další test, kde by náš kód selhal?
- Nevadí náhodou, že jako faktory bereme všechna čísla a nikoli jen prvočísla? Jak by se kód lišil?

TDD Ukázka: Je naše funkce napsaná čistě?

Stávající `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  for factor in range(2,product+1):
    while product % factor == 0:
      factors.append(factor)
      product /= factor
  return factors
```

```
.......
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.015s
```

TDD Ukázka: Je naše funkce napsaná čistě?

Stávající `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  for factor in range(2,product+1):
    while product % factor == 0:
      factors.append(factor)
      product /= factor
  return factors
```

```
.......
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.015s
```

Přepsaný `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  for factor in range(2,product+1):
    product, factors_subset = factor_out(product, factor)
    factors.extend(factors_subset)
  return factors

def factor_out(product, factor):
  factors = []
  while product % factor == 0:
    factors.append(factor)
    product /= factor
  return product, factors
```

```
.......
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.000s
```

TDD Ukázka: Je naše funkce napsaná čistě?

Stávající `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  for factor in range(2,product+1):
    while product % factor == 0:
      factors.append(factor)
      product /= factor
  return factors
```

```
.......
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.015s
```

Přepsaný `factorization.py`:

```
def factorize(product):
  factors = []
  for factor in range(2,product+1):
    product, factors_subset = factor_out(product, factor)
    factors.extend(factors_subset)
  return factors

def factor_out(product, factor):
  factors = []
  while product % factor == 0:
    factors.append(factor)
    product /= factor
  return product, factors
```

```
.......
----------------------------------------------------------------------
Ran 7 tests in 0.000s
```

Která z verzí se vám jeví přehlednější/čitelnější?

TDD: Závěr

Testy

- slouží jako specifikace.
- slouží jako dokumentace.
- pomáhají pochopit algoritmus.
- pomáhají předejít zbytečným složitostem v kódu.
- určují, kdy “je hotovo”.
- pomáhají zajistit, abychom úpravami do kódu nevnesli nové chyby.