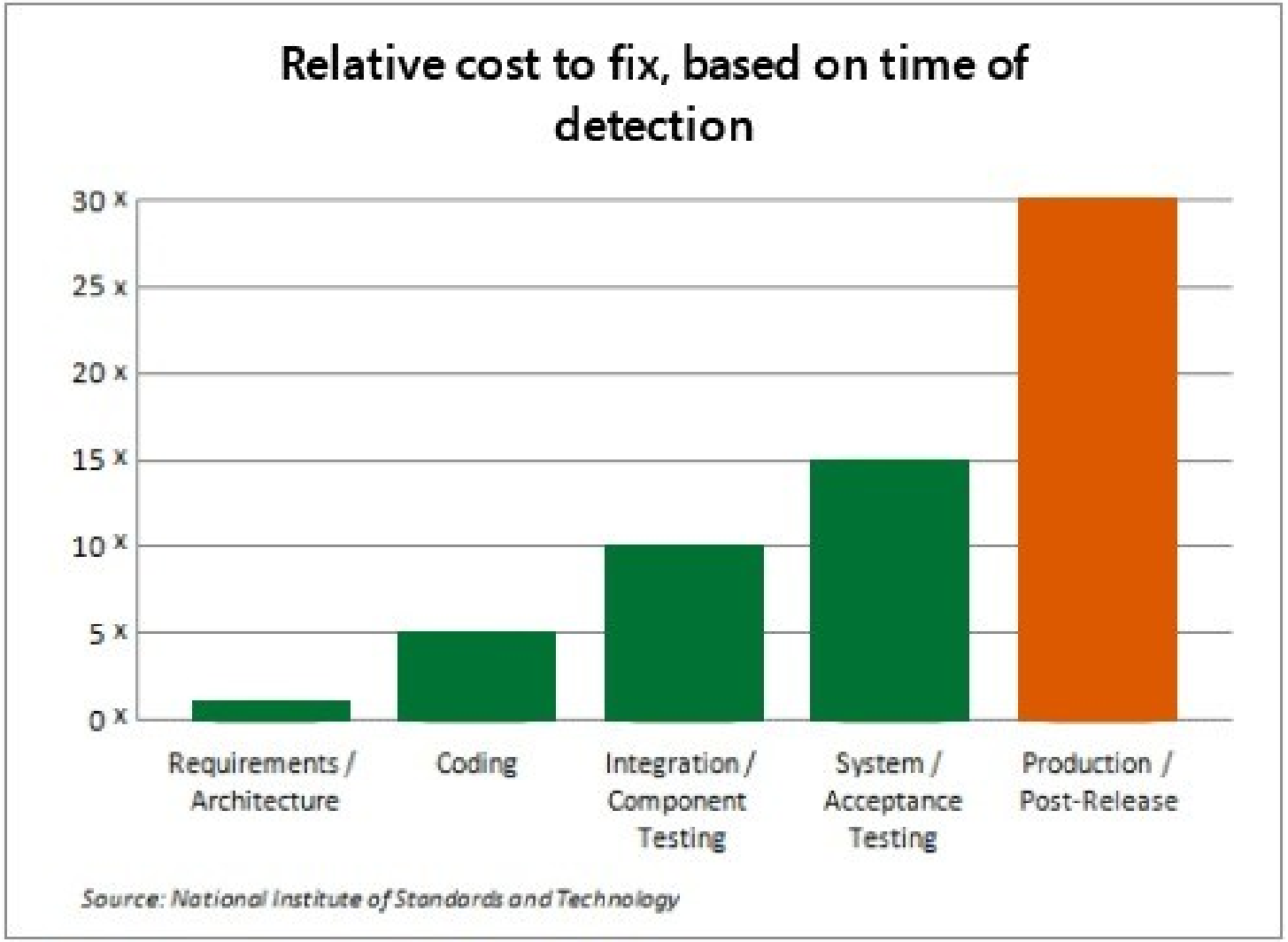
Błędy

jak pisać bezbłędne programy

Są dwa sposoby pisania bezbłędnego oprogramowania, ale niestety działa tylko ten trzeci.

Alan J. Perlis

Dlaczego chcemy uniknąć błędów?



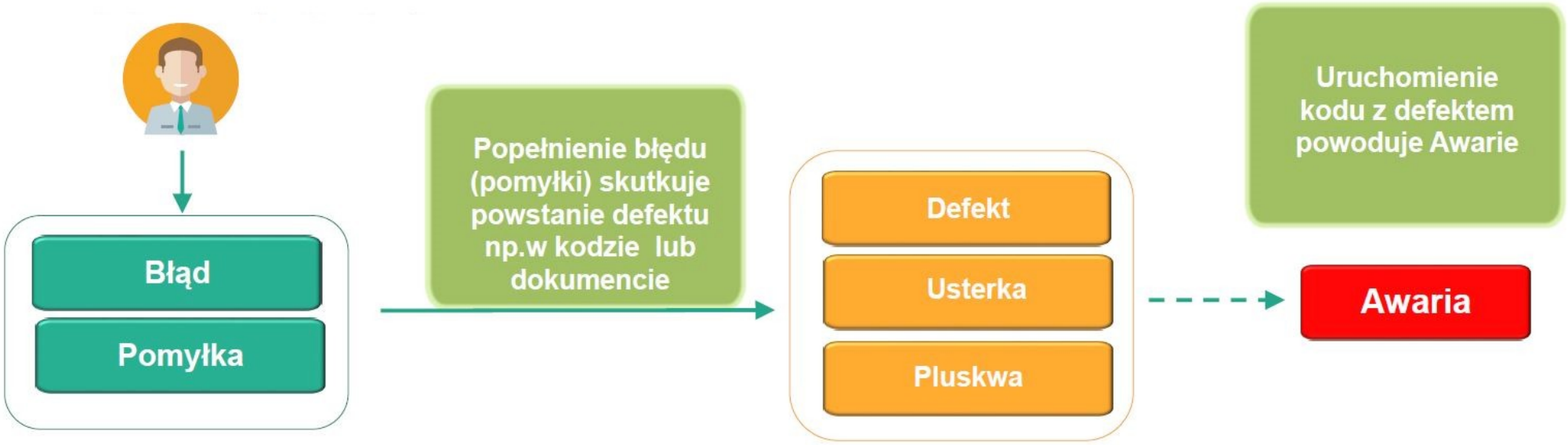
Główne kategorie błędów

- **Składniowe** – są to najczęściej zwykłe literówki, z których większość jest wykrywana automatycznie w fazie kompilacji
- **Semantyczne** – związane ze sposobem działania programu (np. błędna inicjalizacja licznika pętli bądź niewłaściwa ilość jej powtórzeń)
- **Logiczne** – wynikające z błędnych założeń programisty odnośnie np. faktycznych potrzeb użytkownika, kontekstu działania programu, formatu danych źródłowych itd.

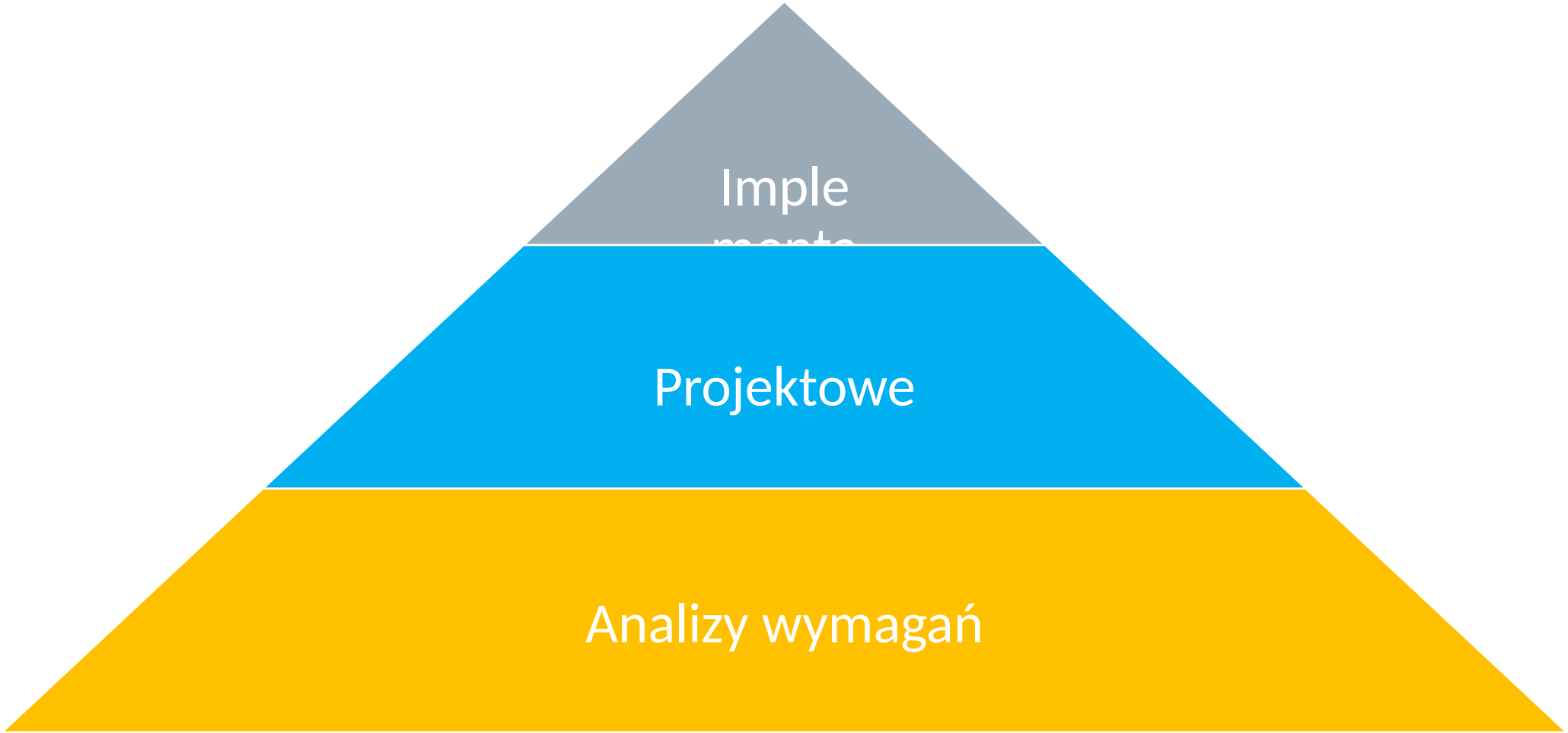
Klasyfikacja błędów

- **Funkcjonalny** – wskazuje na funkcjonalność, która jest niezgodna z ustalonymi wymaganiami
- **Systemowy** – wskazuje na nieprawidłowe zarządzanie zasobami, ich brak bądź zajętość
- **Przetwarzania** – dotyczy niewłaściwego przetwarzania danych
- **Użyteczności** – wskazuje na trudności z użytkowaniem systemu, problemy z ergonomicznością
- **Bezpieczeństwa** – wskazuje na naruszenie bezpieczeństwa systemu
- **Graficzny** – dotyczy interfejsu użytkownika
- **Kodowania** – niewłaściwe użycie języka programowania, błędy definicji zmiennych

Scenariusz wystąpienia błędu w programie



Rodzaje błędów



Wyszukiwanie błędów

- Podpowiedzi IDE
- Informacje kompilatora
  - Błąd składni
- Informacje linkera
  - Brak biblioteki
- Błędy podczas wykonywania programu
  - Błąd krytyczny
  - Błąd logiczny
- Błędy użytkowania
  - Liczba spoza zakresu

Przykłady: błąd składni

```
while True print('Hello world')
```

```
  File "<ipython-input-3-2b688bc740d7>", line 1
    while True print('Hello world')
                     ^
SyntaxError: invalid syntax
```

SEARCH STACK OVERFLOW

Przykłady: wyjątek – dzielenie przez 0

```
10 * (1/0)
```

```
---------------------------------------------------------------------------
ZeroDivisionError                         Traceback (most recent call last)
<ipython-input-4-0b280f36835c> in <module>()
----> 1 10 * (1/0)

ZeroDivisionError: division by zero
```

SEARCH STACK OVERFLOW

Przykłady: błąd nazwy zmiennej

```
4 + spam*3
```

```
---------------------------------------------------------------------------
NameError                                 Traceback (most recent call last)
<ipython-input-5-c98bb92cdcac> in <module>()
----> 1 4 + spam*3

NameError: name 'spam' is not defined
```

SEARCH STACK OVERFLOW

Przykłady: niezgodne typy danych

```
'2' + 2
```

```
---------------------------------------------------------------------------
TypeError                                 Traceback (most recent call last)
<ipython-input-6-d2b23a1db757> in <module>()
----> 1 '2' + 2

TypeError: must be str, not int
```

SEARCH STACK OVERFLOW

Przykłady: błąd składni – brak wcięcia

```
auta = ['polonez', 'syrena', 'warszawa', 'fiat']

for auto in auta:
print(auto)
```

```
  File "<ipython-input-7-6d7dea596ffd>", line 4
    print(auto)
        ^
IndentationError: expected an indented block
```

SEARCH STACK OVERFLOW

Przykłady: błąd składni – błędne wcięcie

```
auta = ['polonez', 'syrena', 'warszawa', 'fiat']

for auto in auta:
  print(auto)
    print(len(auto))
```

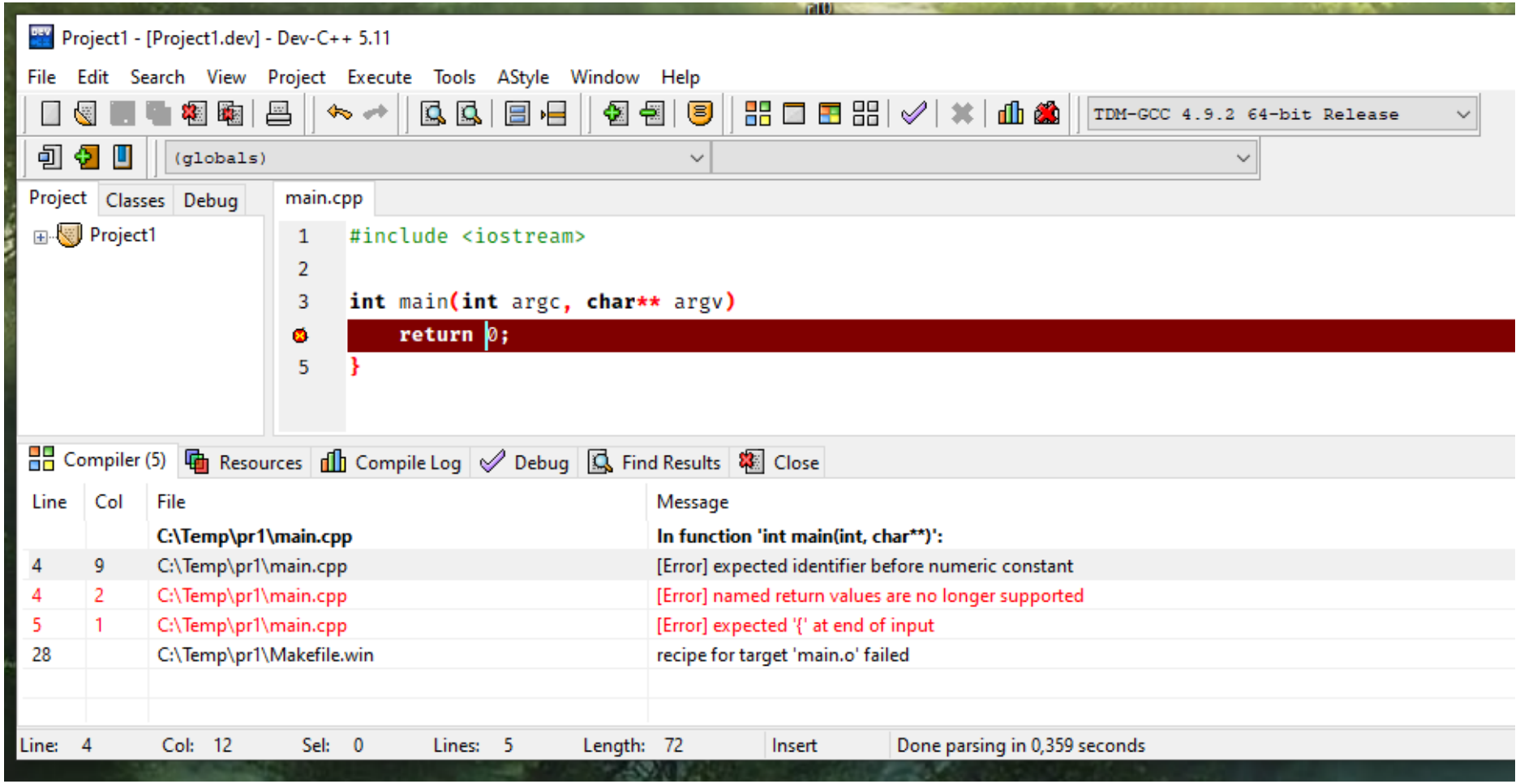
```
  File "<ipython-input-8-7f75424f4b6f>", line 5
    print(len(auto))
    ^
IndentationError: unexpected indent
```

SEARCH STACK OVERFLOW

Zapobieganie błędom

- Narzędzia
  - IDE, kompilatory
- Analiza statyczna kodu
  - Analiza leksykograficzna
  - Metody formalne
    - Modele matematyczne
    - Reguły logiczne
    - Analiza przepływu
  - Metryki kodu źródłowego
- Testowanie
  - testy jednostkowe, testy automatyczne
- Metodyki wytwarzania
  - Programowanie w parach
  - Code review
  - Refaktoring

Przykłady: brak nawiasu otwierającego {



Kompilatory

Kompilatory oprócz sprawdzania składni również potrafią sygnalizować możliwość występowania błędu w kodzie

- -pedantic

  tylko czyste ISO C i ISO C++

- -Wall

  wszystkie ostrzeżenia

- -Werror

  ostrzeżenia generują błąd kompilacji

- -Wextra

  dodatkowe ostrzeżenia wykraczające poza Wall

Kompilatory – wyszukiwanie błędów

```c
int main()
{
   char *x;
   int a[20];

   *x = 5;
   a[20] = 5;

   return 0;
}
```

```
cppcheck --enable=all test1.c
Checking test1.c...
[test1.c:4]: (style) Variable 'x' is not assigned a value.
[test1.c:8]: (style) Variable 'a' is assigned a value that is never used.
[test1.c:8]: (error) Array 'a[20]' accessed at index 20, which is out of bounds
[test1.c:7]: (error) Uninitialized variable: x
Checking usage of global functions..
```

Analiza statyczna

- Szybkość działania - szybkie wykrywanie błędów, których naprawa jest prosta i mało kosztowna
  - nie wymagają uruchamiania programu
  - łatwe do zrównoleglenia
- Łatwość użycia - proste we wdrożeniu w cykl wytwarzania oprogramowania
- Automatyzacja - integracja z narzędziami continius integrations
- Możliwości rozszerzania: własne reguły, wtyczki, …
- Integracja z innymi narzędziami: serwery automatyzacji, IDE, kontrola wersji

Wady analizy statycznej

- Wymagany dostęp do źródeł
- Reguły wykrywają zazwyczaj proste błędy i nie są w stanie wyeliminować ręcznego sprawdzenia kodu
- Dużo szumu, zbyt czułe - duże prawdopodobieństwo zaklasyfikowanie poprawnego fragmentu jako błędu (false positive)
- Każde narzędzie zazwyczaj pokrywa pewien zakres testów (do 14% błędów?!). Dlatego warto korzystać z kilku różnych skanerów kodu. Istnieją narzędzia integrujące wiele narzędzi SAST, np: CodeEx, Yast

Co możemy analizować

- analiza poprawności składni
- luki w bezpieczeństwie, także błędy które mogą pojawić się przy specyficznych danych wejściowych
- detekcja backdoors, niebezpieczne i nieaktualne funkcje, wycieki pamięci, przepełnienie bufora, używanie niezainicjowanych zmiennych, SQL Injections,
- jakość kodu, ocena stylu, powtórzenia kodu, nieużywane fragmenty kodu, …
- wydajność, wykrywanie wąskich gardeł, niewydajne konstrukcje, sugestie dotyczące poprawienia wydajności
- zgodność z dobrymi praktykami, zachowanie standardów, norm nazewniczych, problemy z przenośnością kodu

Co nam daje analiza kodu

- zwiększenie wydajności i stabilności poprzez zasady oparte na dobrych praktykach
- unikniecie typowych błędów podczas programowania
- dostarczenie struktury do zarządzania standardami kodu
- wymuszenie zasad i standardów pisania kodu
- zwiększanie bezpieczeństwa poprzez kolejny etap testowania
- analizując sygnalizowane błędy można się sporo nauczyć na temat dobrych praktyk bezpiecznego programowania

Testowanie

- kiedy analizować: przed/po commicie, po każdym buildzie, po zapisaniu pliku
- IDE i ich edytory sprawdzają składnię też (rozszerzenia Resharper)
- testy po stronie developera lub po stronie repozytorium (serwera automatyzacji)
- skrypty uruchamiane po zatwierdzeniu zmiany + powiadomienia (email, inne alerty), gitlab, github
- uniemożliwienie zatwierdzenia kodu z błędami – gitlab, github
- serwery automatyzacji, np.: Jenkins, TemCity

Testy jednostkowe

- Test jednostkowy to nic innego jak kod wykonujący inny kod w kontrolowanych warunkach. Jego zadaniem jest weryfikacja (bez ingerencji programisty), że testowany kod działa poprawnie. Robi to w sposób dość banalny: autor testu dostarcza dane wejściowe (input), test wykonuje pewne instrukcje i sprawdza, czy rezultat działań (output) zgodny jest z oczekiwaniami.
- W świecie idealnym każdy test bada jedną ścieżkę wykonania jednej metody.

```
....
----------------------------------------------------------------------
Ran 4 tests in 0.004s

OK
<unittest.runner.TextTestResult run=4 errors=0 failures=0>
```

Testy jednostkowe

- Poprawa architektury rozwiązania
- Weryfikacja działania bez uruchamiania
- Testy jako dokumentacja
- Testy jako zabezpieczenie przed regression bugs
- Testy jako narzędzie zabezpieczenia przed błędnym merge request
- Testy jako narzędzie do nauki?

Refaktoring

- **usprawnienie projektu** – celem refaktoryzacji jest ochrona struktury oprogramowania przed rozkładem
- **przejrzystość oprogramowania** - każda osoba może zrozumieć założenie i proces myślowy autora
- **szybsze wyszukiwanie błędów** - podczas refaktoryzacji można lepiej zrozumieć program i jego działanie a przez to można szybciej znaleźć błędy i usprawnić go
- **szybsze programowanie** - do spowalniania pracy przyczynia się nieodpowiedni projekt – kod po refaktoringu łatwiej zrozumieć
- **eliminacja długu technologicznego** – wymiana starych bibliotek na nowsze, uproszczenie kodu

Trudne błędy

- Jest wiele typów błędów, które ciężko jest wykryć, np.: błędy związane z konfiguracją lub logiką biznesową
- Problemem są zależności, dodatkowe moduły, biblioteki, konteksty dodawane przez frameworki
- Skomplikowane algorytmy i architektury bardzo ciężko jest analizować

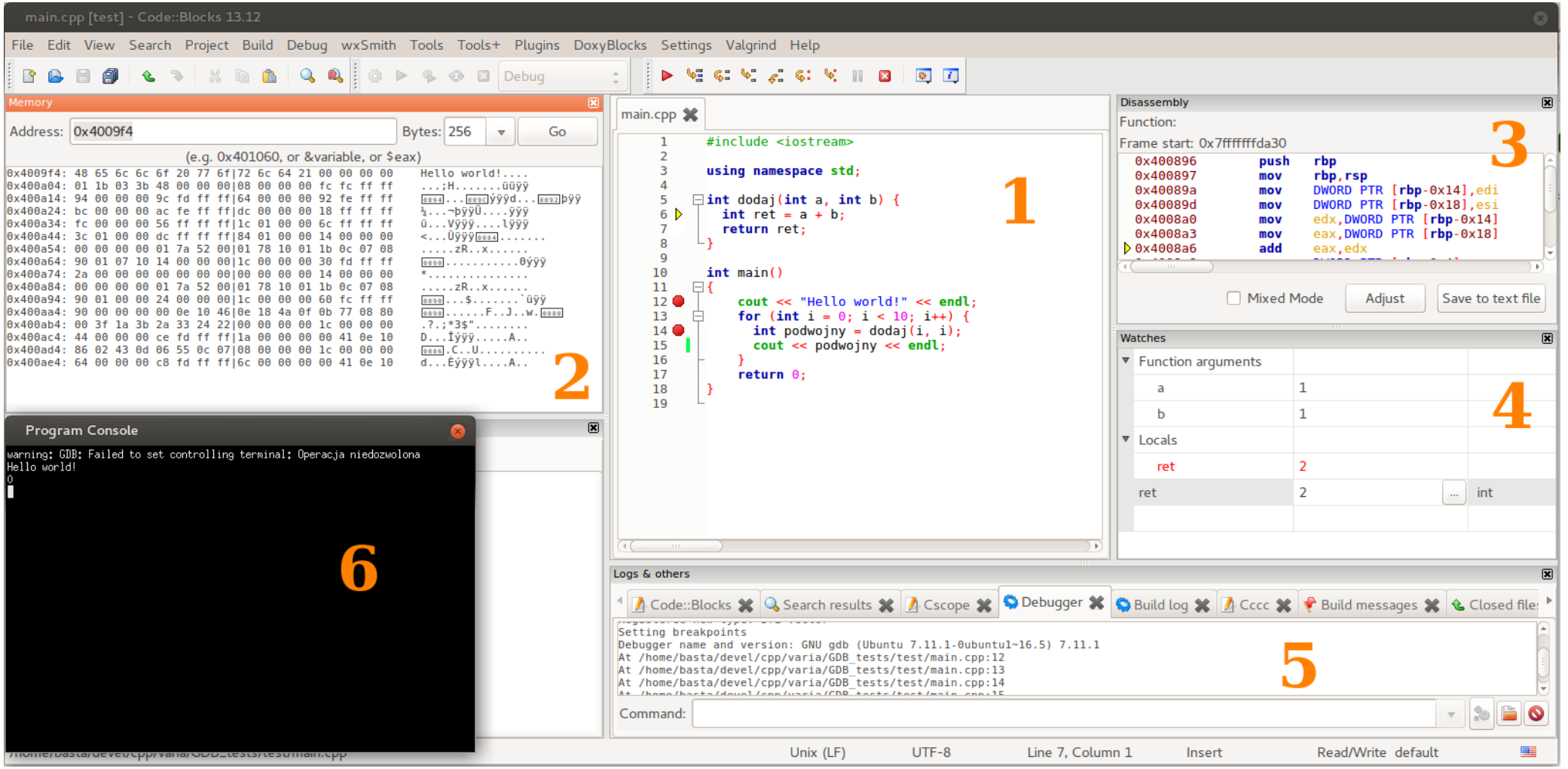
```
godziny = 144

# oblicz liczbę dni
dni = godziny / 23
print(dni)
```

```
6.260869565217392
```

Debugger

- Ustawianie punktu zatrzymania
- Praca krokowa
- Podgląd stanu programu
  - Podglądu bieżącej zawartości zmiennych
  - Podglądu bieżącej zawartości rejestrów procesora i obszaru pamięci pod wybranym adresem
  - Podglądu stosu wywołań funkcji i informacji o uruchomionych wątkach
- Możliwość zmiany stanu programu

Debugger C++ Code::Blocks



Colab – debuger

```
%debug
import pdb
from pdb import set_trace as bp

wymiary = [400, 100, 250, 300, 123]

wymiaryWMetrach = [x / 100 for x in wymiary]
print("\nWymiary w m:")
for wymiar in wymiaryWMetrach:
    bp()
    print(wymiar)
```

```
ERROR:root:No traceback has been produced, nothing to debug.

Wymiary w m:
> <ipython-input-1-9ac7ddd044dc>(11)<module>()
-> print(wymiar)
(Pdb) c
4.0
> <ipython-input-1-9ac7ddd044dc>(10)<module>()
-> bp()
(Pdb) display wymiar
display wymiar: 1.0
(Pdb)
```

Obsługa błędów

```
[ ]  while True:
       try:
         x = int(input("Proszę wprowadzić cyfrę: "))
         break
       except ValueError:
         print("Oops! To nie jest numer. Spróbuj ponownie...")
```

Obsługa błędów – Python

```
try:
    with open(filename) as f_obj:
        contents = f_obj.read()
except FileNotFoundError as e:
    msg = "Plik " + filename + " nie istnieje pobieram z Internetu."
    pobierzPlik("https://github.com/rroszczyk/Python/raw/master/"+filename, filename)
    print(msg)
    try:
        with open(filename) as f_obj:
            contents = f_obj.read()
    except:
        print("Jest problem z plikiem")
        contents = None
else:
    print("Używam wersji pliku z lokalnego repozytorium")
```

Obsługa błędów – Python

```python
import sys

try:
    f = open('plik.txt')
    s = f.readline()
    i = int(s.strip())
except OSError as err:
    print("Błąd systemu operacyjnego: {0}".format(err))
except ValueError:
    print("Błąd konwersji danych do liczby.")
except:
    print("Niespodziewany błąd:", sys.exc_info()[0])
    raise
```

Obsługa błędów – Python

```
[ ]  def count_words(filename):
         """Obliczenie przybliżonej liczby słów w danym pliku."""
         try:
             with open(filename) as f_obj:
                 contents = f_obj.read()
         except FileNotFoundError:
             pass
         else:
             # Obliczenie przybliżonej liczby słów w danym pliku.
             words = contents.split()
             num_words = len(words)
             print("Plik " + filename + " zawiera " + str(num_words) + " słów.")
```

Obsługa błędów – Python

```python
def divide(x, y):
  try:
    result = x / y
  except ZeroDivisionError:
    print("dzielenie przez zero!")
  else:
    print("wynikiem operacji jest", result)
  finally:
    print("kończymy działanie\n")

divide(10, 5)
divide(10, 0)
```

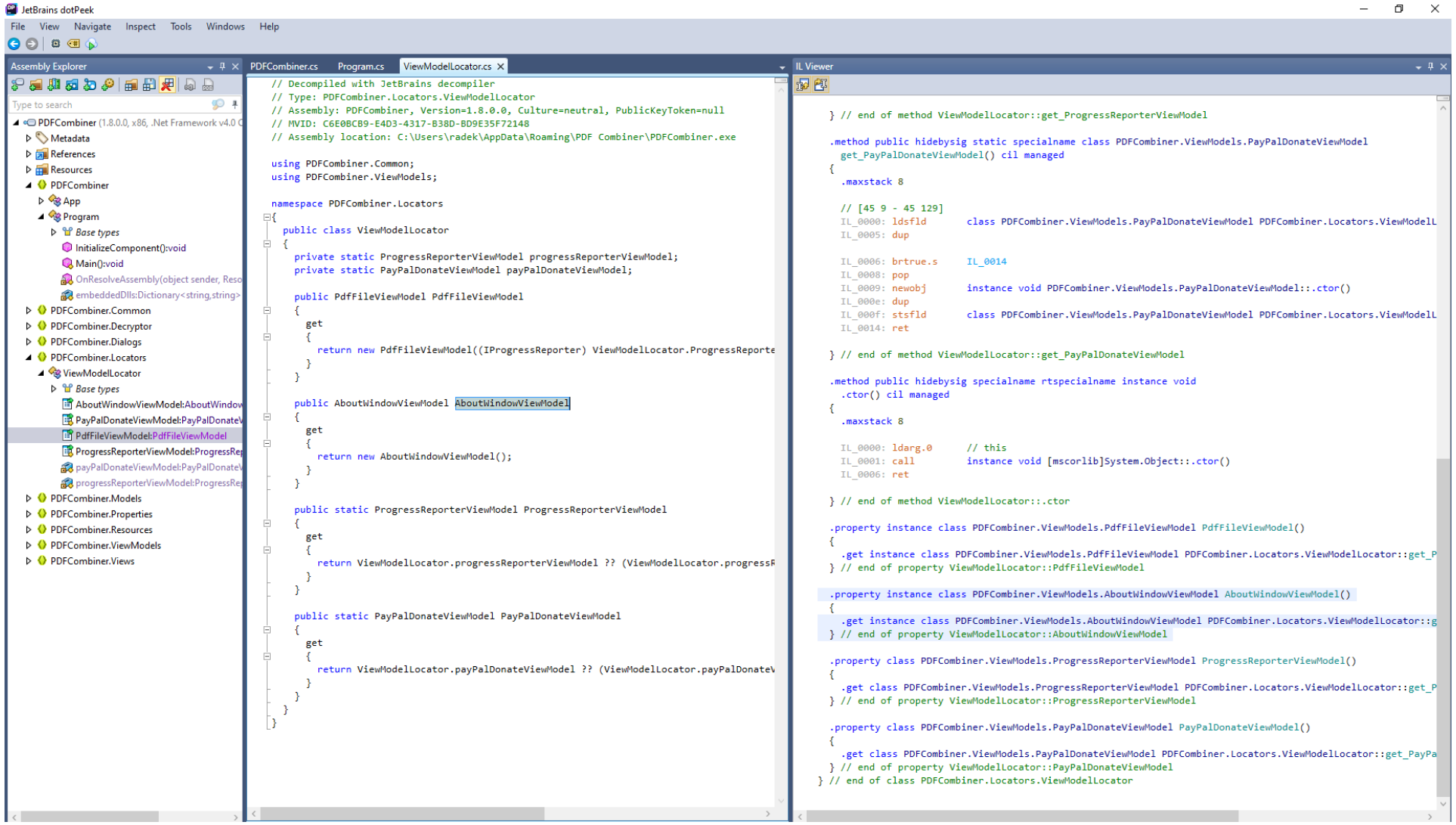
```
wynikiem operacji jest 2.0
kończymy działanie

dzielenie przez zero!
kończymy działanie
```

Obsługa błędów – C++

```
try {
    f();
} catch (const std::overflow_error& e) {
    // this executes if f() throws std::overflow_error (same type rule)
} catch (const std::runtime_error& e) {
    // this executes if f() throws std::underflow_error (base class rule)
} catch (const std::exception& e) {
    // this executes if f() throws std::logic_error (base class rule)
} catch (...) {
    // this executes if f() throws std::string or int or any other unrelated type
}
```

```
try {
    f();
} catch (const std::exception& e) {
    // will be executed if f() throws std::runtime_error
} catch (const std::runtime_error& e) {
    // dead code!
}
```

Dekompilacja



mgr inż. Radosław Roszczyk

Jednostka macierzysta: **Wydział Elektryczny**
Instytut Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych
Zakład Elektrotechniki Teoretycznej i Informatyki Stosowanej

Stanowisko: **Asystent**

Informacje kontaktowe:

E-mail: **radoslaw.roszczyk@ee.pw.edu.pl**
Telefon: **22 234 75 43 (w godzinach konsultacji)**
Pokój **GE224**
Strona www: https://www.roszczyk.net
Adres korespondencyjny: **IETiSIP - Radosław Roszczyk**
ul. Koszykowa 75 / GE 216
00-662 Warszawa

Nota biograficzna, profil działalności (jęz. polski)

Analiza i przetwarzanie obrazów biomedycznych. Obliczenia równoległe i wielkoskalowe. Metodyki wytwarzania oprogramowania. Języki i metody programowania.

PYTANIA ?

https://github.com/rroszczyk/python