

Obsługa wyjątków

Wykład 8

Powody wprowadzenia obsługi wyjątków

- Podczas wykonania programu mogą wystąpić przypadki, które nie zostały przewidziane przez programistę
 - Np. użytkownik wprowadził złe dane
 - Kontakt z urządzeniem zewnętrznym został przerwany
- W celu uniknięcia przerwania pracy programu konieczne jest zaimplementowanie obsługi błędów
 - Jedną z możliwości jest obsługa błędów poprzez znaczniki statusów (używane w C)
 - W C++ natomiast wprowadzono nowy znacznie ogólniejszy mechanizm pozwalające na obsługę wyjątków

Obsługa wyjątków

- Wyjątek nie zawsze oznacza błąd
 - Błąd jest niejako podzbiorem wyjątków
- Sytuacją wyjątkową (wyjątkiem) może być wszystko co my programiści za to uznamy
- Obsługa wyjątków stanowi nowy sposób obsługi błędów i sytuacji nazwijmy to niecodziennych
 - Należy stosować kiedy tylko jest to możliwe
- Stanowi wbudowaną własność języka
- Umożliwia obsługę wyjątków w każdym ich znaczeniu za pomocą mechanizmu niezależnego od zasadniczego przepływu sterowania w programie

Obsługa błędów poprzez znaczniki statusów (C)

- Odbywa się poprzez kontrolę wartości zwracanych przez funkcję i wywoływaniu procedur obsługujących błędy
- Błędy są wykrywane i obsługiwane przez kod programu
 - Nie ma różnicy między zwykłym przepływem sterowania programem, a obsługą błędów
 - Standardowy przepływ jest wymieszany z blokami obsługi błędów
 - Wystąpienie błędu sygnalizowane jest jakąś specjalną wartością zwracaną
 - Pojawia się problemy kiedy funkcja jako legalną wartość może zwrócić zbiór pełny (np. wszystkie liczby typu `int` lub znaki, itp.)

Języki obiektowe (C++)

- W takich językach wiele operacji w ogóle nie zwraca żadnej wartości, czyli nie ma możliwości zwrócenia wartości sygnalizującej błąd
 - Np. tworzenie nowych obiektów (wywoływany jest konstruktor)
 - Wykrycie błędu to nie jeden problem, istotne jest również poprawne jego obsłużenie
- Istnieje potrzeba wbudowania mechanizmu, który pozwoliłby na oddzielenie wykrywania błędów od ich obsługi oraz umożliwił przekazywanie informacji w inny sposób niż parametry zwracane
- Właśnie obsługa wyjątków daje takie możliwości

Koncepcja obsługi wyjątków

- Wyjątki przetwarzane są w języku C++ w następujący sposób
 - Jeżeli niespodziewana sytuacja wystąpi wewnątrz funkcji to zostanie to zakomunikowane za pomocą specjalnej instrukcji
 - Powoduje to przełączenie z normalnego trybu wykonywania programu do obsługi wyjątków
 - W trybie tym opuszczane są wszystkie wywołane dotąd funkcje lub bloki, aż zostanie napotkany kod obsługi danego wyjątku
 - Dla poszczególnych instrukcji programu można definiować sposób działania jeśli pojawi się wyjątek

Słowa kluczowe służące obsłudze wyjątków

- **try** - służy określeniu zakresu instrukcji programu, w których wyjątki są przechwytywane i wysyłane do bloku obsługi błędów
- **throw** - umożliwia wyrzucenie obiektu wyjątku do programu
 - Powoduje przełączenie trybu pracy z normalnego do obsługi wyjątków
- **catch** - stosowane w celu przyjęcia obiektu wyjątku, a następnie jego obsługi
 - Zdefiniowany zakres wykonuje się podczas opuszczenia normalnego trybu pracy programu

Blok try i catch

- Wchodząc w programie do obszaru ryzykownego powinniśmy uprzedzić o tym kompilator
 - ```
try {
 //ryzykowne instrukcje
}
catch(...)
{ /*reakcja na wyjątki */ }
```
- Wszystko co znajduje się w bloku **try** jest chronione, nawet wywołanie innych funkcji łącznie z bibliotecznymi
  - Niezależnie jak „głęboko” zostanie wyrzucony wyjątek



# Instrukcja throw

- Jeżeli dzieje się coś niespodziewanego używamy instrukcji **throw**
  - **throw obiekt;**
- Możemy wyobrazić sobie dwie sytuacje
  - Rzucamy obiekt, który sam w sobie jest informacją o rodzaju sytuacji wyjątkowej
  - Rzucamy obiekt, który w sobie zawiera dodatkowe informacje o danej sytuacji wyjątkowej
- Różnica jest tylko widoczna od strony obsługi wyjątków, natomiast od strony sygnalizacji żadnej różnicy nie ma

# Blok catch

- W bloku `catch` umieszczamy procedury obsługi wyjątku (-ów)
- Blok `catch` może tylko wystąpić bezpośrednio po bloku `try` lub innym bloku `catch`
- Bloków `catch` może być więcej, gdyż mogą one łapać obiekty różnych typów
  - Wtedy każdy blok `catch` przystosowany jest do złapania jednego konkretnego typu obiektu
  - Możliwe jest także umieszczenie takiego bloku `catch`, który złapie wszystkie wyjątki niezależnie od typu obiektu jak został wyrzucony
- Przykład `cpp_8.1`

# Różnice między wywołaniem obsługi błędów, a wywołaniem funkcji

## ■ Obiekty zwracane

- ❑ Funkcja może zwracać obiekty ściśle określonego typu i żadne inne
- ❑ Instrukcja **throw** może wyrzucać obiekty dowolnego typu

## ■ Różnica w przeniesieniu sterowania

- ❑ Instrukcja **return** powoduje powrót do miejsca, skąd funkcja została wywołana
- ❑ Instrukcja **throw** powoduje bezpowrotne opuszczenie wszystkich dalszych instrukcji (funkcji) i przenosi wykonanie do bloku **catch**

# Kolejność bloków catch

- Kolejność bloków obsługi wyjątków ma istotne znaczenie
- Sytuacja bardzo podobna do instrukcji warunkowej `if`, `else if` i `else`
- Nie ma znaczenie czy np. w następnym bloku dopasowanie obiektu jest lepsze, zawsze wykonany zostanie ten blok, do którego jako pierwszego rzucany obiekt pasuje
  - Może to mieć szczególne znaczenie jeśli posługujemy się hierarchią klas

# Bloki `try` i `catch` można zagnieżdżać

- Czasami może wydawać się lepsze zastosowanie zagnieżdżonej struktury bloków `try` i `catch`
  - Jeżeli rozróżnimy sytuacje wyjątkowe, z którymi możemy sobie poradzić lokalnie od sytuacji trudniejszych kiedy obsługa wyjątku musi odbyć się w dalszej części programu
- Jeśli instrukcja `throw` występuje w zagnieżdżonym bloku `try` to najpierw następuje próba obsługi wyjątku w blokach `catch` stojących bezpośrednio za nim. Dopiero jeżeli tam nie będzie możliwe obsłużenie wyjątku sprawdzane są bloki znajdujące się za zewnętrznym blokiem `try`
- Przykład `cpp_8.2`

# Dopasowywanie typów w blokach catch

- Dana procedura obsługi nadaje się do pracy z danym typem jeżeli
  - Typ argumentu rzucanego jest taki sam jak typ argumentu oczekiwanego
  - Jeżeli typ argumentu oczekiwanego ma dodatkowo przydomek **const**
  - Gdy rzucamy dany typ, a oczekiwanym typem jest referencja do niego
  - Typ argumentu oczekiwanego jest publiczną klasą podstawową w stosunku do typu rzucanego
    - Bardzo nietypowe!!!
  - Typ argumentu rzucanego jest wskaźnikiem do jakiegoś typu, a oczekiwany typ jest wskaźnikiem do którego typ rzucany może być skonwertowany za pomocą konwersji standardowej
- Przykład cpp\_8.3

# Rzucanie obiektu klasy pochodnej, a odbieranie obiektu klasy bazowej

- Przy normalnym wywołaniu funkcji tak sytuacja nie może mieć miejsca (do przesyłania obiektów używany jest stos)
- Dlaczego jest to możliwe
  - Ponieważ nie obowiązują zwykłe reguły związane ze stosem - sam stos nie bierze udziału w przekazywaniu argumentu wyjątku
  - Obiekt rzucany jest kopiowany do obiektu statycznego
- Odbierając obiekt klasy bazowej tracimy część informacji związanej z klasą pochodną
  - Operujemy na obiekcie klasy podstawowej, który nie da się przekształcić w obiekt klasy pochodnej nawet za pomocą rzutowania
- Ale informacja o obiekcie klasy pochodnej nie jest jeszcze bezpowrotnie stracona
  - Może zostać użyta dalej jeżeli wywołamy instrukcję `throw` ;
- Przykład `cpp_8.4`

# Odwikłanie stosu

- Istnienie bloku `try` jest potrzebne gdyż w momencie rzucenia wyjątku następuje tzw. odwikłanie stosu
- Wykonywane jest sprzątanie obiektów automatycznych, które powstały w bloku `try`, aż do momentu wystąpienia sytuacji wyjątkowej
  - Wygląd stosu zostaje przywrócony do takiego jaki był przed wejściem do bloku `try`
  - Następuje to w łagodny sposób, tzn. wywoływane są chociażby destruktory
- Nie zostają zlikwidowane obiekty utworzone za pomocą operatora `new`!!!
  - Jednak na ogół tracimy dostęp do tych obiektów bo utracony zostanie wskaźnik do takiego obiektu, który jest za zwyczaj automatyczny
- Przykład `cpp_8.5`



# Co zrobić z obiektami tworzonymi za pomocą `new`

- Po pierwsze możemy przed rzuceniem wyjątku skasować niepotrzebne już obiekty za pomocą operatora `delete`
- Postarać się o przekazanie adresu obiektu w taki sposób żeby „przeżył” odwikłanie stosu
  - Możemy mieć wskaźnik globalny
    - Nie jest to polecana metoda w szczególności jeżeli mam dużo takich wskaźników to wprowadzamy bałagan
  - Możemy wyposażyć obiekt, który będziemy wyrzucać w informację o pozostałych obiektach stworzonych operatorem `new`

# throw i argumenty automatyczne

- Podczas odwikłania stosu wszystkie obiekty automatyczne zostają zniszczone
- Jeżeli argumentem instrukcji **throw** jest obiekt automatyczny to on też zostanie zniszczony
  - Ale informacja zostanie przekazana przez jego kopię, umieszczoną w obszarze zmiennych statycznych
- Dlaczego obiekt kopiowany jest do obszar statycznego?
  - Kompilator np. nie tworzy obiektu operatorem **new**, gdyż właśnie brak pamięci może być przyczyną wyrzucenia wyjątku
- Przykład cpp\_8.6

# throw i argumenty nie-automatyczne

- Oczywiście możemy za pomocą instrukcji **throw** rzucać obiekty nieautomatyczne
  - Obiekty globalne
  - Obiekty stworzone operatorem **new** (jeżeli powód rzucenia wyjątku nie jest brak pamięci)
- Jednak niezależnie jaki obiekt będziemy wyrzucać to **catch** zawsze odbiera kopię tego obiektu
- Przykład cpp\_8.7

# Wyjątki w destruktorach

- **NIGDY nie należy rzucać wyjątków z destruktorów!!!**
- Przyczyną dla której nie należy rzucać wyjątków z destruktorów jest ich sposób obsługi
  - W tym mechanizmie jest założenie, że nie wolno rzucać wyjątku dopóki poprzedni wyjątek nie został obsłużony przez kompilator
  - Rola kompilatora to przeniesienie sterowanie programu z punktu wyrzucenia wyjątku do odpowiedniego bloku **catch** (+odwikłanie stosu)
  - Nasza rola to reakcja na sytuację wyjątkową w tym bloku
- Jeżeli jednak zostanie rzucony następny wyjątek przed obsłużeniem poprzedniego to program odmówi współpracy i zakończy brutalnie działanie
- Przykład cpp\_8.8

# Brak odpowiedniej obsługi wyjątku

- Program powinien obsługiwać wszystkie wyjątki
- Jeśli tak nie jest to program kończy działanie
  - Wywoływana jest funkcja `std::terminate()`, która to normalnie wywołuje funkcję `std::abort()`;
- Powody wywołanie `std::terminate()`
  - Nie złapany wyjątek
  - W mechanizmie obsługi wyjątków nastąpił wewnętrzny błąd
  - Jeżeli podczas odwikłania stosu zostanie rzucony następny wyjątek np. w destruktorze
  - Jeżeli między rzuceniem wyjątku, a złapaniem go w bloku `catch` wywołany zostanie konstruktor kopiujący, który rzuci wyjątek

# Zmiana funkcji `std::terminate()`

- Istnieje możliwość wykonania innych czynności przez funkcję `std::terminate()` niż tylko wywołanie funkcji `std::abort()`
- Zmianę można dokonać za pomocą funkcji `std::set_terminate`
  - ❑ `void (*ptr)(); set_terminate(ptr);`
  - ❑ Czyli nasza funkcja wywoływana przez `terminate()` powinna być typu `void fun();`
  - ❑ Wg standardu nasza nowa funkcja powinna na końcu wywołać funkcję `abort` lub `exit`
- W takim razie po co stosować inną funkcję?
  - ❑ Np. w trakcie testowania oprogramowanie, kiedy program przestaje działać z jakiś nieznanych nam przyczyn
- Przykład `cpp_8.9`

# Funkcja deklaruje co może rzucać

- Jest to szczególnie istotne jeśli używamy bibliotekę i mamy dostępną tylko deklarację funkcji
  - Pomimo tego powinniśmy wiedzieć jakie wyjątki dana funkcja może wyrzucać, aby móc je obsłużyć
- Wprowadzono do deklaracji funkcji możliwość dodania informacji o typie rzucanych wyjątków
  - `void fun() throw(int, float, K);` //może rzucać typy `int`, `float`, `K` i żadne inne
  - `void fun();` //funkcja może rzucić cokolwiek (kompatybilność ze starym zapisem)
  - `void fun() throw();` //funkcja obiecuje, że nic nie będzie rzucać
- Niestety nie działa z MS Visual C++

# Niespodziewane wyjątki

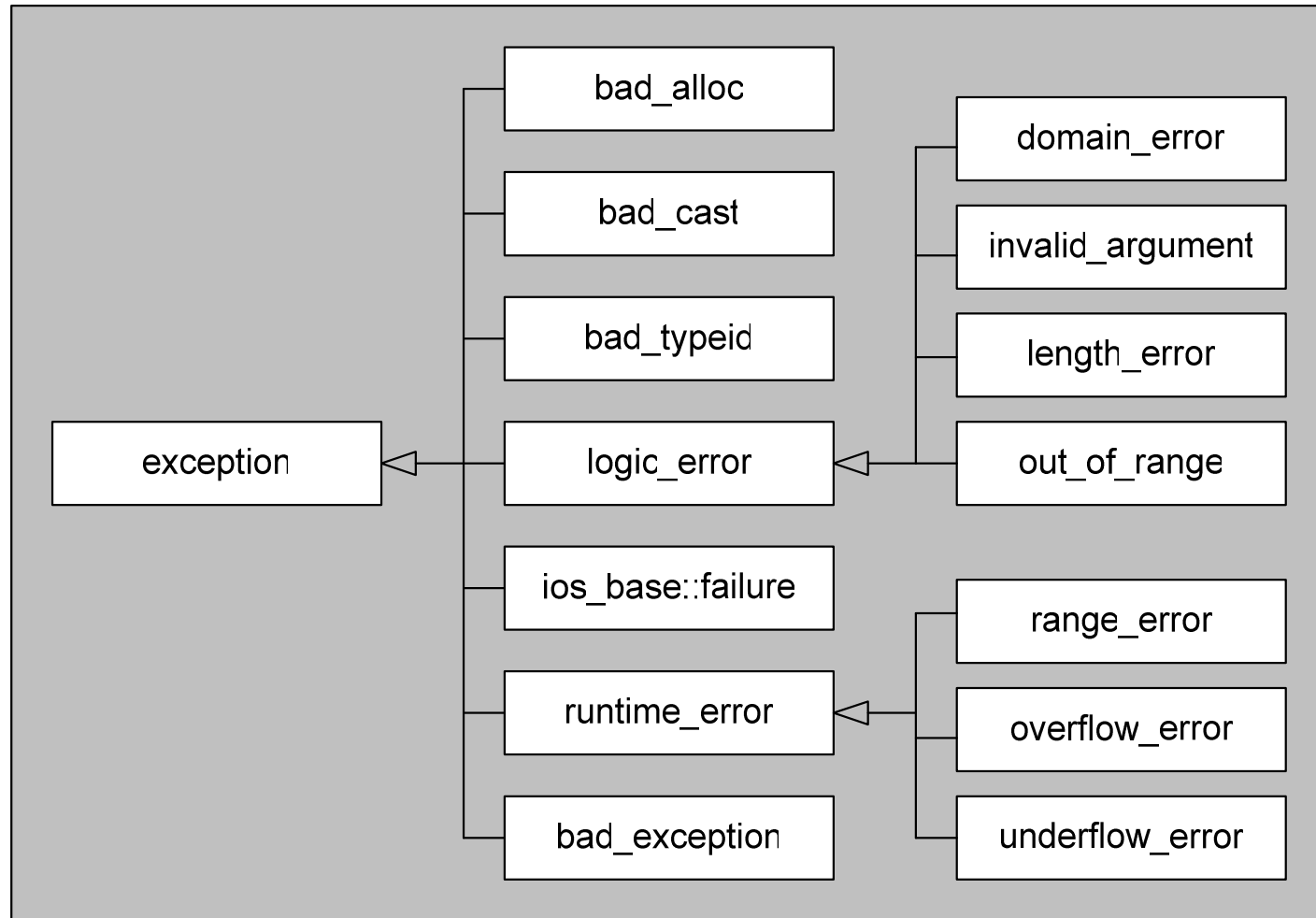
- Z sytuacja nieoczekiwanych wyjątków mamy do czynienia kiedy funkcja obiecuje, że może rzucać jakieś wyjątki, a tak naprawdę może rzucić coś jeszcze innego
- Jeżeli funkcja wyrzuci taki nieoczekiwany wyjątek to zostanie wywołana wtedy specjalna metoda `std::unexpected()` ;
- Przez domniemanie funkcja ta wywołuje funkcję `std::terminate()` ;
- Mamy możliwość zmiany wywoływanej funkcji (tak jak poprzednio) za pomocą `std::set_unexpected`
  - `void (*ptr)(); set_unexpected(ptr);`
  - Niewątpliwie powinna tak czy inaczej zakończyć działanie programu lub ewentualnie rzucić nowy wyjątek np. `std::bad_exception`
- Przykład `cpp_8.10`



# Klasy wyjątków

- W języku C++ zastosowano obiektowe podejście do wyjątków
  - Wyjątki są obiektami, w których umieszczane są informacje opisujące dany wyjątek
  - Dla różnych wyjątków mogą istnieć różne klasy
- Klasy wyjątków nie są wyjątkowymi klasami
  - Ich szczególne znaczenie odzwierciedla się tym, iż są używane przy instrukcjach **throw** i **catch**
- Klasy wyjątków powinny tworzyć hierarchię na szczycie, której znajduje się ogólna klasa wyjątków
  - Najczęściej jakaś standardowa klasa

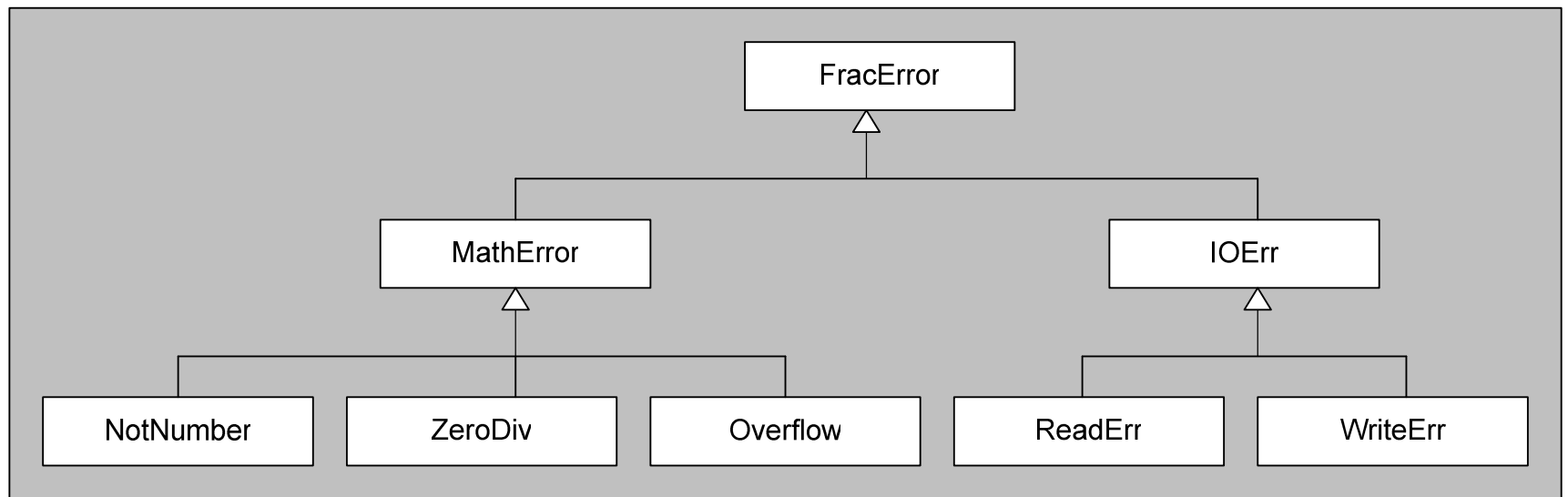
# Standardowe klasy wyjątków



# Standardowe klasy wyjątków...

- Zdefiniowane są w pliku nagłówkowym `exception` (w większości)
- Definiowane nasze klasy wyjątków powinny być pochodne względem `std::exception`
  - Pozwala to na obsługę wyjątku w jednym bloku `catch`
- W klasie `std::exception` zdefiniowana jest wirtualna metoda `what()`, która zwraca komunikat specyficzny dla danej implementacji klasy
  - `const char* what() const throw();`
- Przykład `cpp_8.11`

# Przykładowa hierarchia wyjątków



## ■ Przykład `cpp_8.12`

# Zwracanie kodu błędu, a rzucanie wyjątków

- Kiedy musimy (powinniśmy) rzucać wyjątek
  - W konstruktorze obiektu
  - Przy przeładowaniu operatorów
  - Przy oddzielaniu normalnych operacji od obsługi błędów
  - Przy przeniesieniu sterowania na dużą odległość
  - Kiedy funkcja powinna informować o różnych typach niepowodzeń
  - Jeżeli chcemy zobowiązać programistę do staranności
  - Przy szablonach klas
- Kiedy zwracać status błędu
  - W przypadku kiedy korzystamy z funkcji bibliotecznych, które wykorzystują ten mechanizm
    - Lepiej jest trzymać się jednej konwencji