# TEORETYCZNE PODSTAWY INFORMATYKI

9/01/2017

WFAiS UJ, Informatyka Stosowana
I rok studiów, I stopień

# Wykład 14, cześć II



Metody programistyczne

- Wyidealizowany scenariusz tworzenia oprogramowania
- Metody programistyczne:
  - Projektowanie zstępujące
  - Projektowanie wstępujące
- Weryfikacja poprawności
  - Specyfikacja
  - Niezmienniki pętli
- Problem „STOPu”

# Tworzenie oprogramowania: wyidealizowany scenariusz



1. **Definicja problemu i specyfikacja**
   Analiza wymagań użytkownika (często nieprecyzyjne i trudne do zapisania), budowa prostego prototypu lub modelu systemu
2. **Projekt**
   Wyróżniamy najważniejsze komponenty, specyfikujemy wymagania związane z wydajnością systemu, szczegółowe specyfikacje niektórych komponentów
3. **Implementacja**
   Każdy implementowany komponent poddajemy serii testów
4. **Integracja i testowanie systemu**
5. **Instalacja i testowanie przez użytkowników**
6. **Konserwacja**
   Niezwykle istotna jakość stylu programowania (w wielu wypadkach to ponad 50% nakładów poniesionych na napisanie systemu)

# Metody programistyczne



- Przy rozwiązywaniu prostych zadań **podejście „ad hoc”** może dawać szybsze rezultaty. Jednak, gdy mamy do czynienia z bardziej złożonymi problemami efektywniejsze jest **podejście systematyczne**
- **Projektowanie zstępujące (top-down design)**
  - Rozpoczynamy od zdefiniowania problemu który chcemy rozwiązać
  - Problem dzielimy na główne kroki – pod-problemy
  - Pod-problemy są dzielone na drobniejsze kroki tak długo, aż rozwiązania drobnych pod-problemów stają się łatwe .... nazywamy to stopniowym uszczegółowianiem
  - W idealnej sytuacji pod-problemy mogą być rozwiązywane niezależnie, a ich rozwiązania łączone w celu otrzymania rozwiązania całego problemu. W odniesieniu do tworzenia kodu oznacza to, że poszczególne kroki powinny być kodowane niezależnie, przy czym dane wyjściowe jednego kroku są używane jako dane wejściowe do innego
- **Realnie**
  - celem projektowania zstępującego jest **zminimalizowanie tych współzależności**

# Metody programistyczne

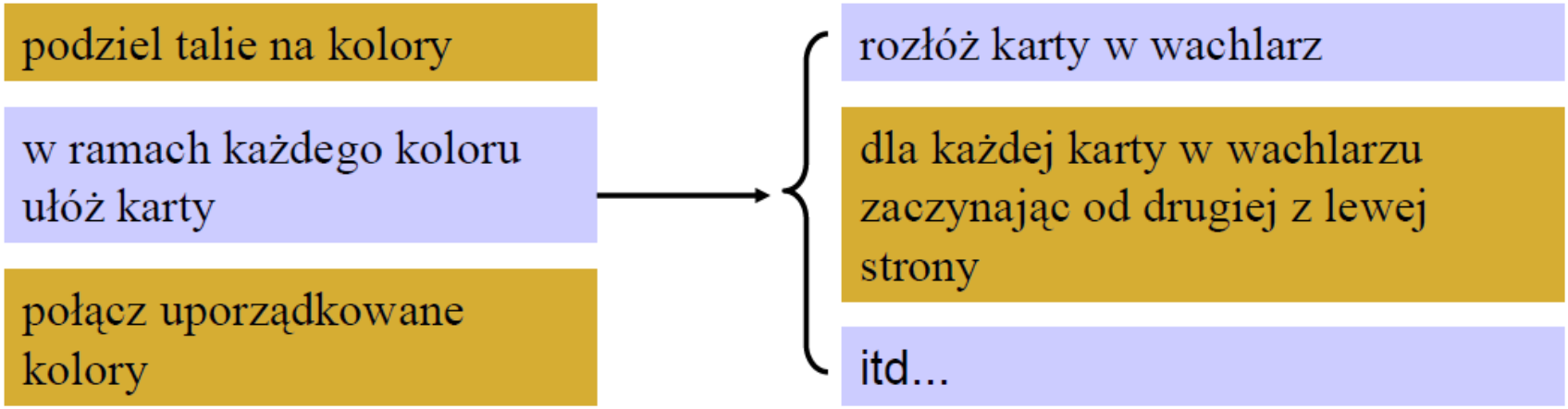


- Zalety projektowania zstępującego
  - Jest to systematyczna metoda rozwiązywania problemów
    - rozwiązanie jest **modularne**, poszczególne kroki mogą być uruchamiane, modyfikowane i ulepszane niezależnie od pozostałych, rozwiązanie składa się z klarownych fragmentów które można niezależnie zrozumieć
    - dobrze zaprojektowane fragmenty mogą być **ponownie zastosowane** w innych zadaniach
    - można rozpoznać wspólne problemy na samym początku i **uniknąć wielokrotnego ich rozwiązywania**

# Metody programistyczne



**Przykład**: Uporządkuj talie kart:



# Metody programistyczne



- **Projektowanie wstępujące** (bottom-up design)
  - Polega na wyjściu od samego języka i wzbogacaniu go nowymi operacjami, dopóki nie będzie można wyrazić rozwiązania problemu w rozszerzonym języku
  - Każde oprogramowanie działające na maszynie cyfrowej rozszerza jej możliwości o nowe funkcje. W efekcie, uruchomienie programu na komputerze tworzy nową maszynę, która nie wykonuje swoich operacji bezpośrednio, ale zmienia je na prostsze wykonywalne przez sprzęt
  - Nową maszynę nazywamy **maszyną wirtualną**, ponieważ istnieje w świecie abstrakcyjnym a nie fizycznym
  - To samo dotyczy sytuacji gdy dodajemy nową operację do języka programowania, pisząc funkcje. Zwiększa ona jego funkcjonalność tworząc nowy, silniejszy język. O zbiorze nowych funkcji można myśleć jako o wirtualnej maszynie zbudowanej na bazie starego języka.

# Metody programistyczne



- Przykład: Policz wyrażenie (3/28 + 2/7) * 4/3 –1
  - Aby to wykonać należałoby wzbogacić istniejący język przez dodanie
    - funkcji implementujących działania +, -, * , / na ułamkach,
    - funkcji wczytywania i wypisywania ułamków,
    - ten pakiet funkcji mógłby też zawierać funkcję skracającą ułamki, chociaż nasz program nie musiałby z niej korzystać.
  - Zazwyczaj programy projektuje się **łącząc metodę wstępująca i zstępująca**
    - zaczynamy od podzielenia problemu na pod-zadania,
    - przekonujemy się, że byłby przydatny określony pakiet funkcji,
    - rozstrzygamy, jakie funkcje wejdą w skład pakietu i rozszerzą język,
    - powtarzamy to iteracyjnie, dzieląc problemy na prostsze i wzbogacają tym samym język.... dopóki rozwiązania wszystkich problemów składowych nie dadzą się zapisać bezpośrednio w rozszerzonym języku.

# Metody programistyczne



- Abstrakcyjne typy danych (ATD)
  - Jest to istotne ulepszenie metody projektowania programów.
  - Podstawą metody jest **oddzielenie operacji wykonywanych** na danych i sposobów ich przechowywania **od konkretnego typu danych**. Pozwala ona na podzielenie zadania programistycznego na dwie części:
    - wybór struktury danych reprezentującej ATD i napisanie funkcji implementujących operacje
    - napisanie „programu głównego" który będzie wywoływał funkcje ATD
- Program ma dostęp do danych ATD wyłącznie przez wywołanie funkcji; nie może bezpośrednio odczytywać ani modyfikować wartości przechowywanych w wewnętrznych strukturach ATD.

# Veryfikacja poprawności programu



- Sprawdzenie częściowej poprawności.
  - Weryfikacja opiera się o sprawdzenie specyfikacji, która jest czymś niezależnym od kodu programu.
  - Specyfikacja wyraża, co program ma robić, i określa związek miedzy jego danymi wejściowymi i wyjściowymi.
  - W specyfikacji definiujemy warunek dotyczący danych wejściowych, który musi być spełniony na początku programu, tzw. **warunek wstępny**. Jeżeli dane nie spełniają tego warunku, to nie ma gwarancji że program będzie działał poprawnie ani nawet że się zatrzyma.
  - W specyfikacji definiujemy również **warunek końcowy**, czyli co oblicza program przy założeniu że się zatrzyma. Warunek końcowy jest zawsze prawdziwy jeżeli zachodzi warunek wstępny.

# Veryfikacja poprawności programu



- Aby wykazać, że program jest zgodny ze specyfikacją, trzeba podzielić ją na wiele kroków, podobnie jak dzieli się na kroki sam program. Każdy krok programu ma swój warunek wstępny i warunek końcowy.
- Przykład: prosta instrukcja przypisania
  - x=v, x – zmienna, v – wyrażenie
    - warunek wstępny: $x \geq 0$
    - wyrażenie: $x = x+1$
    - warunek końcowy: $x \geq 1$
- Dowodzimy poprawności specyfikacji przez podstawienie wyrażenia **x+1** pod każde wystąpienie **x** w warunku końcowym.
- Otrzymujemy formułę $\mathbf{x+1 \geq 1}$, która wynika z warunku wstępnego $\mathbf{x \geq 0}$.
- Zatem specyfikacja tej instrukcji podstawienia jest poprawna.

# Weryfikacja poprawności programu



- Istnieją **cztery sposoby** łączenia prostych kroków w celu otrzymania kroków bardziej złożonych.
  1. stosowanie instrukcji złożonych (bloków instrukcji wykonywanych sekwencyjnie)
  2. stosowanie instrukcji wyboru
  3. stosowanie instrukcji powtarzania (pętli)
  4. wywołania funkcji

# Weryfikacja poprawności programu



- Każdej z tych metod budowania kodu odpowiada metoda przekształcania warunku wstępnego i końcowego w celu wykazania poprawności specyfikacji kroku złożonego:
  - Aby wykazać prawdziwość specyfikacji instrukcji wyboru, należy dowieść, że warunek końcowy wynika z warunku wstępnego i warunku testu w każdym z przypadków instrukcji wyboru.
  - Funkcje też mają swoje warunki wstępne i warunki końcowe; musimy sprawdzić że warunek wstępny funkcji wynika z warunku wstępnego kroku wywołania, a warunek końcowy pociąga za sobą warunek końcowy kroku wywołania.
  - Wykazanie poprawności programowania dla pętli wymaga użycia **niezmiennika pętli**.

# Niezmienniki pętli



- Niezmiennik pętli określa warunki jakie muszą być zawsze spełnione przez zmienne w pętli, a także przez wartości wczytane lub wypisane (jeżeli takie operacje zawiera).
- Warunki te muszą być prawdziwe przed pierwszym wykonaniem pętli oraz po każdym jej obrocie.
  (mogą stać się chwilowo fałszywe w trakcie wykonywania wnętrza pętli, ale musza ponownie stać się prawdziwe przy końcu każdej iteracji)
- Dowodzimy że pewne zdanie jest niezmiennikiem pętli wykorzystując **zasadę indukcji matematycznej**.
- Mówi ona że:
  - jeśli (1) pewne zdanie jest prawdziwe dla $n = 0$
  - oraz (2) z tego, że jest prawdziwe dla pewnej liczby $n \geq 0$ wynika że musi być prawdziwe dla liczby $n+1$,
  - to (3) zdanie to jest prawdziwe dla wszystkich liczb nieujemnych.

# Dowodzenie niezmienników pętli



- Stwierdzenie jest prawdziwe przed pierwszym wykonaniem pętli, ale po dokonaniu całej inicjacji; wynika ono z warunku wstępnego pętli.
- Jeśli założymy, że stwierdzenie jest prawdziwe przed jakimś przebiegiem pętli i że pętla zostanie wykonana ponownie, a więc warunek pętli jest spełniony, to stwierdzenie będzie nadal prawdziwe po kolejnym wykonaniu wnętrza pętli.

- Proste pętle maja zazwyczaj proste niezmienniki.
- Pętle dzielimy na trzy kategorie
  - pętla z wartownikiem: czyta i przetwarza dane aż do momentu napotkania niedozwolonego elementu,
  - pętla z licznikiem: zawczasu wiadomo ile razy pętla będzie wykonana,
  - pętle ogólne: wszystkie inne.

# Problem „STOPu”



- Aby udowodnić że program się zatrzyma, musimy wykazać, że zakończą działanie wszystkie pętle programu i wszystkie wywołania funkcji rekurencyjnych.
  - Dla pętli z wartownikiem wymaga to umieszczenia w warunku wstępnym informacji, że dane wejściowe zawierają wartownika.
  - Dla pętli z licznikiem wymaga to dodefiniowania granicy dolnej (górnej) tego licznika.

# Uwagi końcowe



- Istnieje wiele innych elementów, które muszą być brane pod uwagę przy dowodzeniu poprawności programu:
  - możliwość przepełnienia wartości całkowitoliczbowych,
  - możliwość przepełnienia lub niedomiar dla liczb zmiennopozycyjnych,
  - możliwość przekroczenia zakresów tablic,
  - prawidłowość otwierania i zamykania plików,
  - itd.

# Uwagi końcowe



Na wybór najlepszego algorytmu dla tworzonego programu wpływa wiele czynników, najważniejsze to:

- prostota,
- łatwość implementacji
- efektywność