

## JPP 2020/21 — Program zaliczeniowy (Haskell)

### A. Zbiory

Na potrzeby tego zadania przez implementację zbiorów będziemy rozumieć moduł dostarczający typ `Set` oraz operacje:

```
empty    :: Set a
null     :: Set a -> Bool
member   :: Eq a => a -> Set a -> Bool
singleton :: a -> Set a
fromList :: [a] -> Set a
toList   :: Set a -> [a]
toAscList :: Ord a => Set a -> [a] -- elementy w porządku rosnącym
union    :: Set a -> Set a -> Set a
insert   :: Ord a => a -> Set a -> Set a
```

(NB to nie jest to samo co `Set` z modułu `Data.Set`)

tudzież instancje

```
instance Ord a => Eq (Set a) where

instance Semigroup (Set a) where

instance Monoid (Set a) where

instance Show a => Show (Set a) where

instance Functor Set where
```

Uzupełnij potrzebne operacje i instancje dla implementacji zbiorów przy pomocy typu

```
data Set a = Empty
           | Singleton a
           | Union (Set a) (Set a)
```

tak, by spełnione były warunki

```
leftUnit :: Set Int -> Bool
leftUnit a = mempty <> a == a

rightUnit :: Set Int -> Bool
rightUnit a = a <> empty == a

unionCommutative :: Set Int -> Set Int -> Bool
unionCommutative a b = a <> b == b <> a

unionIdempotent :: Set Int -> Set Int -> Bool
unionIdempotent a b = a <> a == a

assoc :: Set Int -> Set Int -> Set Int -> Bool
assoc x y z = (x<>y)<>z == x<>(y<>z)
```

(NB, implementacja musi być “uczciwa” - implementacje, w których każdy zbiór jest pusty i temu podobne, nie będą akceptowane)

## B. Grafy

Przez implementację grafów (skierowanych) będziemy rozumieć konstruktor typu wraz z instancją klasy

```
class Graph g where
  empty    :: g a          -- graf pusty
  vertex   :: a -> g a      -- pojedynczy wierzchołek, 0 krawędzi
  union    :: g a -> g a -> g a -- suma teoriomnogościowa
  connect  :: g a -> g a -> g a
```

Operacja `union` daje graf, którego zbiory wierzchołków i krawędzi są sumami odpowiednich zbiorów jej argumentów.

Operacja `connect` dla grafów  $(V_1, E_1)$  i  $(V_2, E_2)$  daje graf

$$(V_1, E_1) \rightarrow (V_2, E_2) = (V_1 \cup V_2, E_1 \cup E_2 \cup V_1 \times V_2)$$

Rozważmy dwie reprezentacje grafów - przy użyciu relacji i algebraiczną:

```
data Relation a = Relation { domain :: Set a, relation :: Set (a, a) }
  deriving (Eq, Show)
```

```
data Basic a = Empty
  | Vertex a
  | Union (Basic a) (Basic a)
  | Connect (Basic a) (Basic a)
```

Uzupełnij implementacje

```
instance Graph Relation where
instance Graph Basic where
instance Ord a => Eq (Basic a) where
instance Functor Basic
```

```
fromBasic :: Graph g => Basic a -> g a
```

Funkcja `fromBasic` ma dawać graf izomorficzny ze swoim argumentem.

Ponadto spełnione muszą być własności

```
leftUnit :: Basic Int -> Bool
leftUnit a = empty * a == a
```

```
rightUnit :: Basic Int -> Bool
rightUnit a = a * empty == a
```

```
connectAssociative :: Basic Int -> Basic Int -> Basic Int -> Bool
connectAssociative x y z = (x * y) * z == x * (y * z)
```

```
unionCommutative :: Basic Int -> Basic Int -> Bool
unionCommutative a b = a + b == b + a
```

```
unionAssociative :: Basic Int -> Basic Int -> Basic Int -> Bool
unionAssociative x y z = (x + y) + z == x + (y + z)
```

```
unionIdempotent :: Basic Int -> Basic Int -> Bool
unionIdempotent a b = a + a == a
```

```

distributive :: Basic Int -> Basic Int -> Basic Int -> Bool
distributive x y z = x*(y+z) == x*y + x*z

```

```

decomposable :: Basic Int -> Basic Int -> Basic Int -> Bool
decomposable x y z = x*y*z == x*y + x*z + y*z

```

gdzie

```

instance (Ord a, Num a) => Num (Basic a) where
    fromInteger = vertex . fromInteger
    (+)          = union
    (*)          = connect
    signum       = const empty
    abs          = id
    negate      = id

```

tudzież analogiczne własności dla Relation.

Stwórz instancję (Ord a, Show a) => Show (Basic a) tak aby

```

example34 :: Basic Int
example34 = 1*2 + 2*(3+4) + (3+4)*5 + 17

```

```

-- >>> show example34
-- "edges [(1,2),(2,3),(2,4),(3,5),(4,5)] + vertices [17]"

```

Napisz funkcję

```

mergeV :: Eq a => a -> a -> a -> Basic a -> Basic a

```

taką, że `mergeV a b c g` daje graf `g` zmodyfikowany w ten sposób, że wierzchołki `a` i `b` są sklejone w wierzchołek oznaczony `c`, a krawędzie które w `g` prowadzą z/do wierzchołków `a` i `b` prowadzą z/do `c`, np.

```

-- >>> mergeV 3 4 34 example34
-- edges [(1,2),(2,34),(34,5)] + vertices [17]

```

## C. Wizualizacja

Użytecznym narzędziem do wizualizacji grafów jest GraphViz ([graphviz.org](http://graphviz.org)); na students i Ubuntu dostępny jako program `dot`).

Napisz funkcję reprezentującą graf w formacie GraphViz

```

todot :: (Ord a, Show a) => Basic a -> String

```

na przykład

```

> putStrLn $ todot example34
digraph {
1 -> 2;
2 -> 3;
2 -> 4;
3 -> 5;
4 -> 5;
17;
}

```

NB tu wykorzystamy tylko ułamek możliwości GraphViZ; wystarczy

`digraph { krawędzie wierzchołki}.`

Jeśli zapiszemy taką reprezentację w pliku `example34.dot` i uruchomimy

`dot -Tpng example34.dot -o example34.png`

otrzymamy plik `example34.png` jak na załączonym obrazku.

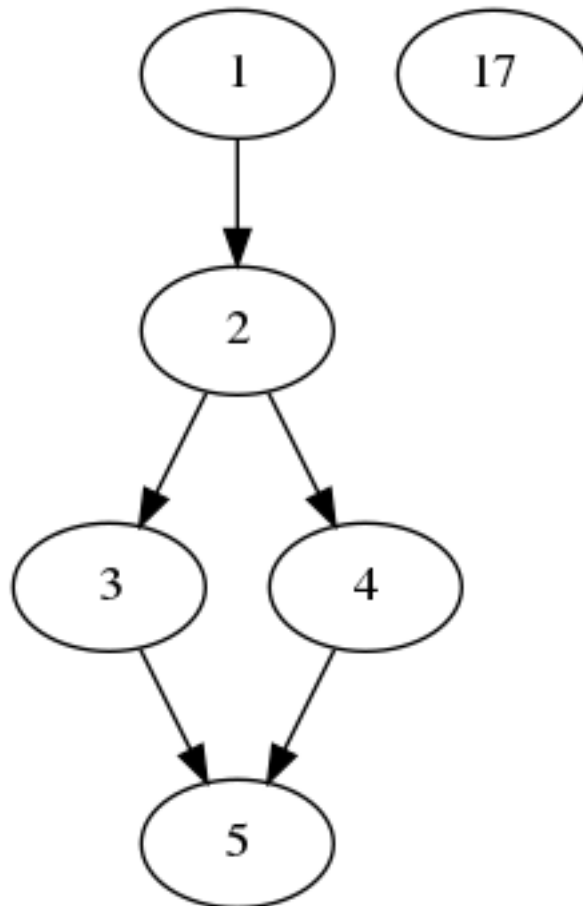


Figure 1: `example34.png`

## D. Applicative/Monad

Uzupełnij instancje

```
instance Applicative Basic where
instance Monad Basic where
```

korzystając z jednej z powyższych instancji, napisz funkcję

```
splitV :: Eq a => a -> a -> a -> Basic a -> Basic a
```

taką, że `splitV a b c g` daje wariant grafu `g`, w którym zamiast wierzchołka `a` występują jego dwie kopie `b` oraz `c`, a krawędziom prowadzącym z/do `a` odpowiadają krawędzie prowadzące do `b` i `c`, n.p.

```
-- >>> splitV 34 3 4 (mergeV 3 4 34 example34)
-- edges [(1,2),(2,3),(2,4),(3,5),(4,5)] + vertices [17]
```

## Wymagania Techniczne

1. Należy oddać pliki `Set.hs` i `Graph.hs` powstałe przez uzupełnienie odpowiednich szablonów (`*-template.hs`)
2. Można importować:
  - stworzony przez siebie moduł `Set`
  - uzupełniony moduł `Set`
  - moduły ze standardowego pakietu `base`
3. Do dostarczonych szablonów modułów można dodawać własne funkcje. Nie można natomiast usuwać, ani zmieniać znajdujących się w nich elementów, w szczególności komentarzy zawierających testy.
4. rozwiązania skrajnie nieefektywne będą karane; przy porządnym rozwiązaniu testy (`TestAll`) przechodzą w ok 2s. Rozwiązanie, gdzie będzie to trwało ponad minutę uznamy za nieefektywne.

## Ocenianie

Zadanie będzie oceniane nie tylko pod kątem poprawności, ale również czytelności kodu i wykorzystania poznanych mechanizmów języka.

Zadanie MUSI być rozwiązane samodzielnie. Wszelkie zapożyczenia muszą być wyraźnie zaznaczone z podaniem źródła.

Zabronione jest oglądanie cudzych rozwiązań, jak również wszelkie formy udostępniania własnego rozwiązania innym osobom.

Rozwiązania niesamodzielne będą oceniane na 0p. W wypadku stwierdzenia istotnego podobieństwa dwóch (lub większej liczby) rozwiązań, wszystkie będą oceniane na 0p. Dlatego należy zadbać o utrzymanie prywatności swojego kodu.

## Rozwiązania częściowe

Warunkiem uzyskania punktów za rozwiązanie częściowe (nie obejmujące całego zakresu zadania, bądź nie przechodzące wszystkich wymaganych testów) jest wyraźne opisanie zrealizowanego zakresu w komentarzu na początku oddawanego pliku.

Rozwiązaniom częściowym przyznana zostanie znacznie mniejsza liczba punktów niż rozwiązaniom pełnym (zasadniczo **najwyżej** 50%). Wyjątkiem są rozwiązania, w których brakuje tylko części D (wtedy można liczyć na maks. 80%).