**Midterm**

**Inštrukcie**

Oznam: pondelok, 30.11., 14:00-24:00

- odovzdávate elektronicky, tak ako iné zostavy,
- viditelne označte riešenia jednotlivých príkladov (filename/folder), nedávajte riešenia rôznych príkladov do jedného súboru/adresára,
- povolené sú akékoľvek pomôcky, knihy, printouts, prednášky, odovzdané úlohy, laptopy, USB, github, SO... okrem priateľa na telefóne

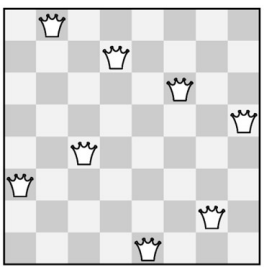
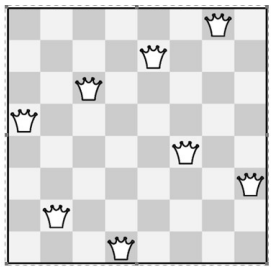
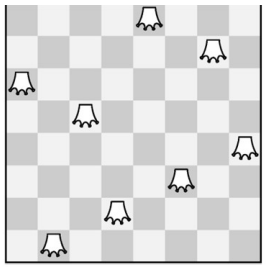
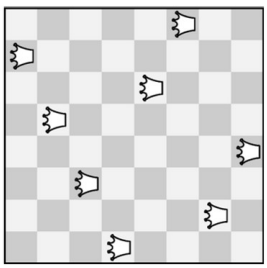
Obsah: konkurentné/funkcionálne

Midterm obsahuje 5 príkladov s bodmi 5+6+6+6+7=30 bodov, čo je s veľkou rezervou viac ako 20 sľúbených.

Čo uhráte, to máte, žiadne škálovanie bodov *(2/3) nebude.

Máte k dispo template súborov, do ktorých dopisujete.

**1. MID20 - Queens**

Riešenie problému 8-dám reprezentujeme ako permutáciu riadkov, v ktorých sa jednotlivé dámy nachádzajú, teda permutáciu čísel 0..7. V tomto príklade budete zisťovať, ktoré riešenia sú **symetricky rovnaké**. Všetko ilustrujeme na zobrazenom riešení [5,0,4,1,7,2,6,3] (1.obr.). Jednotlivé indexy zodpovedajú riadkom, v ktorých sa dámy nachádzajú. Následujúce obrázky 2, 3, 4 zobrazujú symetriu horizontálnu, vertikálnu a diagonálnu. V následujúcich funkciách dostanete riešenie problému N-dám, kde **N nie je konštanta 8**, ale dĺžka zoznamu.

- **[2 body]** Definujte funkcie **symHoriz, symVertik::[Int]->[Int],** ktoré vrátia horizontálne a vertikálne symetrické riešenie, teda pre vstup [5,0,4,1,7,2,6,3] vrátia [3,6,2,7,1,4,0,5] (2.obr.) a [2,7,3,6,0,5,1,4] (3.obr.).

- **[2 body]** Definujte funkciu **symDiag::[Int]->[Int]**, ktorá vráti diagonálne symetrické riešenie, teda [1,3,5,7,2,0,6,4] (4.obr.). Ktorú z dvoch uhlopriečok si vyberiete je na vás.
- **[1 bod]** Definujte funkcie **sym90, sym180** a **sym270::[Int]->[Int]**, ktoré vrátia riešenie otočené o 90, 180 a 270 stupňov v niektorom smere, teda [4,6,0,2,7,5,3,1], [4,1,5,0,6,3,7,2], [6,4,2,0,5,7,1,3], v našom príklade je to v smere hodinových ručičiek. **Hint:** tu už moc neprogramujte, skúste to vyskladať z funkcií z prvých dvoch bodov úlohy, heslo k úspechu je skladanie symetrií.
- **[1 bod]** Definujte funkciu **symetrické::[Int]->[Int]->Bool**, ktoré o dvoch riešeniach problému N dám rozhodne, či sú nejako symetrické, a použite to, čo ste doposiaľ vytvorili.

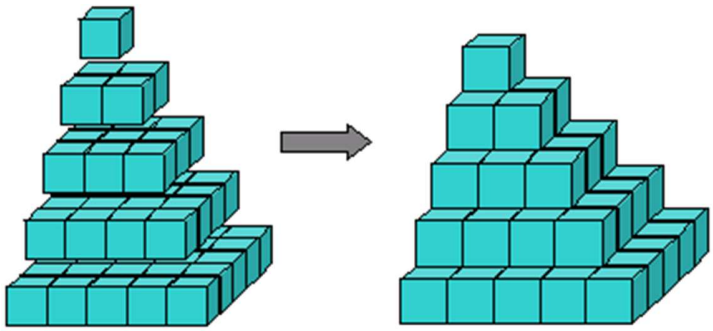
---

Body: 6
Autor: Peter Borovanský

---

## 2. MID20 - Pyra

Predstavte si pyramídu na obrázku. Jej n-té poschodie je štvorec n x n kociek jednotkového rozmeru.



**Úlohy:**

**[1 bod]** Definujte funkciu **objem::Int->Integer,** ktorá vypočíta objem (počet kociek) takejto n-poschodovej pyramídy. Zistite a v riešení uveďte, koľko kociek treba na postavenie 1.000 a 1.000.000 poschodovej pyramídy.

**[1 bod]** Definujte nekonečný zoznam pyramídových čísel **pyramidy::[Integer],** ktorý začína [1,5,14, 30 …].

**[1 bod]** Definujte predikát **jePyramidove::Integer->Bool**, ktorý zistí, či nejaké číslo je pyramídové, teda, že existuje pyramída s toľkátimi kockami. Zistite, ktoré z čísel sú pyramídové 627874, 31762480260, 163732360985951, 13768792391566039, 321139443385562398762433961 a uveďte to v riešení.

**[1 bod]** Definujte funkciu **povrch::Int->Integer,** ktorá vypočíta, koľko farby potrebujete na namaľovanie povrchu takejto n-poschodovej pyramídy, ak plocha steny kocky je 1. Myslí sa tým všetky steny, plochy a plôšky, aj zo spodu. Zistite a v riešení uveďte, povrch 1.000 a 1.000.000 poschodovej pyramídy.

**[1 bod]** Definujte funkciu **lepidlo::Int->Integer,** ktorá vypočíta koľko lepidla/cementu potrebujete na zostavenie takejto pyramídy, za predpokladu, že na spojenie dvoch kociek jednou stenou potrebujete jeden diel lepidla. Takže na pyramídu s jedným poschodím nepotrebujete nič, na dvojposchodovú pyramídu potrebujete 4+1=5 jednotiek lepidla, na trojposchodovú pyramídu potrebujete 12+4+4+1=21 jednotiek lepidla.

**Hint:** fromIntegral je konverzia Int -> Integer a jej objavenie nie je pointou úlohy.

**Bonus [1 bod]:** ak aspoň dve funkcie z troch: objem/povrch/lepidlo budú explicitné vzorce, teda žiaden sum, cyklus, fold, či rekurzia, patrí vám bonus. Príklad explicitného vzorca je n*(n-1) `div` 2.

---

Body: 5
Autor: Peter Borovanský

---

## 3. MID20 - fold

**V každej časti úlohy si stačí vybrať jednu z verzií foldr alebo foldl, podľa vašich preferencií.**

Máte naprogramovať ekvivalenty štandardných funkcií, ktoré dobre poznáte z Haskellu, ale len použitím foldl/foldr. Môžete si definovať vlastné pomocné funkcie. Zo štandardných funkcií môžete použiť len elementárne, ako head, tail, length, prípadne nejasností sa spýtajte. **Nepoužívajte rekurziu ani list-comprehension**, veď foldl/foldr schémy sú o tom, že rekurziu viete nahradiť...

1. **[1 bod]** Do definície funkcie **elem'::Eq(t)=>t->[t]->Bool** doplňte výrazy za symboly **?**, aby funkcia fungovala rovnako ako **elem**, teda vrátila **True**, ak sa prvok nachádza v zozname, inak **False**. Môžete porovnávať len hodnoty typu **t**.

**elem' x xs = ? foldr ? ? xs**,  **elem' x xs = ? foldl ? ? xs.**

2. **[2 body]** Do definície funkcie **nub'::Eq t =>[t]->[t]** doplňte výrazy za symboly **?**, aby funkcia fungovala rovnako jako nub, teda vrátila množinu prvkov pôvodného zoznamu, na poradí prvkov nezáleží. A tiež zložitosť výsledného riešenia nemusí byť n*log n.

**nub' xs = ? foldr ? ? xs**,  **nub' xs ys = ? foldl ? ? xs.**

3. **[3 body]** Do definície funkcie **sort'::Ord t =>[t]->[t]** doplňte výrazy za symboly **?**, aby funkcia fungovala rovnako ako sort, teda vrátila utriedený vstupný zoznam. Na zložitosti vami vybraného triediaceho algoritmu nezáleží, kľudne aj BubbleSort, ale s foldami, bez rekurzie.

**sort' xs = ? foldr ? ? ?,** **sort' xs ys = ? foldl ? ? ?.**

---

Body: 6
Autor: Peter Borovanský

---

## 4. MID20 - Search

Nech celočíselná funkcia má vlastnosť, že pre ľubovoľné x, y platí:

- f x y < f x (y+1)
- f x y < f (x+1) y

Vlastne, keby ste si vypísali jej hodnoty do 2D tabuľky, tak hodnoty v každom riadku rastú, aj hodnoty v každom stĺpci rastú. Vašou úlohou je nájsť pre daný kľúč key také 0<= i, j <= limit key , že f i j = key.

Príklad, ktorý použijeme v testovaní je funkcia f i j = i^3 + j^3. Zamyslite sa, že triviálne spĺňa vlastnosť. Pre túto funkciu zrejme stačí testovať po limit(key) = $\sqrt[3]{key}$, teda tretiu odmocninu z key. Ich definície sú vám k dispozícii:

```
sumcubes :: Integer -> Integer -> Integer
sumcubes i j = i^3 + j^3
cbrt :: Integer -> Integer
cbrt x = round (fromIntegral x** (1/3))
```

Samozrejme, naivné riešenie je prehľadať celú tabuľku, teda dvojitý cyklus. To môžete zapísať takto...

```
for(int i=0; i <= limit(key); i++)
   for(int j=0; j <= limit(key); j++)
     if (f(i,j) == key) return true;
return false;
```

**[1 bod]** Prepíšte toto naivné riešenie do Haskellu ako funkciu:

```
lookfor :: (Eq t) => t -> (Integer -> Integer -> t) -> (t -> Integer) -> Bool
lookfor key f limit = ...
```

Nájdite odpovede pre:

- `lookfor 1729 sumcubes cbrt`
- `lookfor 2020 sumcubes cbrt`
- `lookfor 87539319 sumcubes cbrt`
- `lookfor 6963472309248 sumcubes cbrt`

Toto riešenie je pomalé, kvadratické, a NIJAKO nevyužíva vlastnosť funkcie, že jej hodnoty ostro rastú v oboch vstupných parametroch. V tomto linku, časti "Search operation in Young tableau" si naštudujte, ako sa to robí vo vašom preferovanom jazyku. Krátko zhrunuté, začnete na indexoch (i,j)=(0, limit key) a opakujete:

- ak ste s indexami (i,j) mimo 0..limit key, končíte, nenašli ste a nenachádza sa,
- ak je hodnota menšia ako key, urobíte i++, a cyklíte sa,
- ak je hodnota väčšia ako key, urobíte j--, a cyklíte sa,
- ak je hodnota KEY, končíte, našli ste key.

Prečo to funguje, je na zamyslenie, nakreslite si štvorcové pole s danou vlastnosťou, vyskúšajte a pochopíte. Zložitosť tohoto algoritmu nie je kvadratická, ale lineárna od limit key.

**[2 body]** Implementujte tento spôsob hľadania a definujte

```
linearlookfor :: (Ord t) => t -> (Integer -> Integer -> t) -> (t -> Integer)
-> Bool
linearlookfor key f limit = ...
```

Nájdite odpoveď pre:

- `linearlookfor 1729 sumcubes cbrt`
- `linearlookfor 2020 sumcubes cbrt`
- `linearlookfor 87539319 sumcubes cbrt`
- `linearlookfor 6963472309248 sumcubes cbrt`

**[3 body]** Modifikujte predchádzajúci kód, tak aby vrátil všetky dvojice indexov i,j, že f i j = key. Opäť, kvadratické riešenie je nezaujímavé, inšpirujte sa lineárnym algoritmom, a trochu ho upravte tak, aby ste dostali:

```
allPairs :: (Ord t) => t -> (Integer -> Integer -> t) -> (t -> Integer) ->
[(Integer, Integer)]
allPairs key f limit = ...
```

Nájdite odpoveď pre:

- `allPairs 1729 sumcubes cbrt`
- `allPairs 2020 sumcubes cbrt`
- `allPairs 87539319 sumcubes cbrt`
- `allPairs 6963472309248 sumcubes cbrt`
- `allPairs 48988659276962496 sumcubes cbrt`
- `allPairs 24153319581254312065344 sumcubes cbrt`

Pozn.: To, čo ste programovali, sú Youngove tablá s aplikáciou na TaxiCab čísla. Oplatí sa pozrieť si film **The Man Who Knew Infinity** o indickom matematikovi Srinivasa Ramanujan.

https://www.techiedelight.com/young-tableau-insert-search-extract-min-delete-replace/#Search

https://en.wikipedia.org/wiki/Taxicab_number

https://oeis.org/A011541/list

---

Body: 6
Autor: Peter Borovanský

---

## 5. MID20 - GO

**[1bod] A)** Čo vypíše tento program, napíšte jeho výstup:

```
func main() {
   fmt.Println("Start")
   go func () {
      fmt.Println("begin")
      time.Sleep(1000)
      fmt.Println("end")
   }()
   fmt.Println("Stop")
}
```

---

**[1bod] B)** Čo vypíše tento program, napíšte miesto UTC času stačí sekunda behu:

```
func main() {
   fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tStart")
   go func () {
      fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tbegin1")
      time.Sleep(1*time.Second)
      fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tend1")
   }()
   go func () {
      fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tbegin2")
      time.Sleep(2*time.Second)
      fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tend2")
   }()
   time.Sleep(3*time.Second)
   fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tStop")

}
```

---

**[1bod] C)** Čo vypíše tento program, napíšte v vpravo, miesto UTC času stačí sekunda behu:

```
func main() {
   fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tStart")
   go func () {
      for i := 1; i < 30; i++ {
         time.Sleep(1*time.Second)
         fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Printf("\ttick%v\n",i)
      }
   }()
   time.Sleep(10*time.Second)
   fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tStop")

}
```

---

**[1bod] D)** Bude sa vo výpise tohoto programu **zaručene striedať tick a tack**? Nejako to zdôvodnite.

---

**[1bod] E)** Ak nie, tak ho opravte tak, aby sa zaručene striedali.

Ak áno, netreba nič (ak ste správne odpovedali na predošlú otázku, aj zdôvodnili).

```
func main() {
   rand.Seed(time.Now().UnixNano())
   fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tStart")
   ch := make(chan bool)
   go func () {
      for _ = range ch {
         fmt.Print("tick")
         ch <- true
         time.Sleep(time.Duration(rand.Intn(5))*time.Millisecond)
      }
   }()
   go func () {
      for _ = range ch {
         fmt.Print("tack")
         ch <- false
         time.Sleep(time.Duration(rand.Intn(5))*time.Millisecond)
      }

   }()

   ch <- true
   time.Sleep(30*time.Second)
   fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tStop")

}
```

---

**[1bod] G)** Bude sa vo výpise tohoto programu **zaručene striedať tick, tack a tuck** ? Nejako to zdôvodnite. Jediný rozdiel oproti programu z minulej strany, že pribudla ďalšia takmer identická go rutina, ktorá robí tuck. Nič viac.

---

**[1bod] H)** Ak nie, tak ho opravte tak, aby sa zaručene striedali v abecednom poradí (tack-tick-tuck).

Ak áno, netreba nič.

```
func main() {
   rand.Seed(time.Now().UnixNano())
   fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tStart")
   ch := make(chan bool)
   go func () {
      for _ = range ch {
         fmt.Print("tick")
         ch <- true
         time.Sleep(time.Duration(rand.Intn(5))*time.Millisecond)
      }
   }()
   go func () {
      for _ = range ch {
         fmt.Print("tack")
         ch <- false
         time.Sleep(time.Duration(rand.Intn(5))*time.Millisecond)
      }

   }()
   go func () {
      for _ = range ch {
         fmt.Print("tuck")
         ch <- false
         time.Sleep(time.Duration(rand.Intn(5))*time.Millisecond)
      }
   }()
   ch <- true
   time.Sleep(30*time.Second)
   fmt.Print(time.Now().UTC()); fmt.Println("\tStop")

}
```

---

---

Body: 7
Autor: Peter Borovanský