

## Задача №2

### Дядо Коледа

(70 точки)

*Адаптация по*

<http://www.csl.mtu.edu/cs4411/www/PROG/PG2/prog2.html>

#### **Дядо Коледа, джуджетата и елените**

Дядо Коледа спи в своята работилница на Северния полюс. Той може да бъде събуден само от своите елени, когато всичките се върнат от едногодишната си ваканция по плажовете на южните тропици, или от някое от своите джуджета, което има трудности при изработването на играчки.

Ако само едно джудже има проблем, то това не е достатъчно сериозен проблем, за да може то да събуди Дядо Коледа (в противен случай Дядо Коледа никога никога не би успял да заспи). Поради това джуджета ходят при Дядо Коледа на групи от по три джуджета. Ако при Дядо Коледа има група от три джуджета, то всички останали джуджета, които имат проблеми трябва да изчакат, докато Дядо Коледа реши проблемите и на трите джуджета и те се върнат обратно в работилницата.

Ако Дядо Коледа се събуди и види, че го чакат група от три джуджета и всичките елени, Дядо Коледа решава, че джуджетата могат да изчакат, защото е по-важно шейната да се подготви колкото е възможно по-скоро. Предполага се, че елените не желаят да напускат тропика и остават там до последния възможен момент. Те дори биха предпочели изобщо да не се връщат, но тъй като Дядо Коледа плаща сметките им в тропиците през годината, не могат да му откажат да си свършат работата. Всичко това е в състояние да обясни и бързината, с която елените раздават подаръци — те просто нямат търпение да се върнат на тропическите плажове. Наказанието за последния пристигнал елен, е че той трябва да отиде и да вземе Дядо Коледа, докато останалите елени стоят и чакат в добре затоплена хижа преди да бъдат впрегнати в шейната.

Ето някои особености. Всяко джудже, което има проблем, изчаква да се появят още две джуджета с проблеми за да събуди Дядо Коледа. Групата от три джуджета представя техните проблеми пред Дядо Коледа и чакат докато получат отговор. След това се връщат в работилницата и продължават да работят, докато не възникне нов проблем.

Всеки елен се препича на слънце за известно време, след което се връща на Северния полюс. Когато всички елени се върнат, последния пристигнал на Северния полюс събужда Дядо Коледа и всички чакат да бъдат впрегнати в шейната. След това елените заедно с Дядо Коледа отлитат да доставят подаръци. Когато разнасянето на подаръци приключи, елените се връщат по тропическите плажове.

Дядо Коледа си почива докато се случи някое от следните две неща:

1. Всички елени се завърнат на Северния полюс;
2. Събере се група от три джуджетата, които имат проблем с играчките.

В първия случай Дядо Коледа извиква всички останали елени и впряга елените в шейната и всички отлитат да раздават подаръци за известно време. След като се върнат Дядо Коледа освобождава елените.

Във втория случай Дядо Коледа пуска джуджетата при него и решава проблемите и на трите джуджета. След като реши проблемите на джуджетата, Дядо Коледа освобождава джуджетата и си ляга да спи.

Както всички Дядо Коледа също има нужда от почивка. Поради това Дядо Коледа е взел решение, че след като раздаде подаръците известен брой пъти (да речем 10 пъти), той ще остави всички джуджетата и елени и ще се пенсионира.

## Джуджетата

Всяко джудже е работи по следния сценарий:

```
while (1) {
    delay(); // прави играчки
    askQuestion(...); // среща проблем
    delay(); // проблемът е решен; почивка
}
```

`askQuestion()` е метод. Когато едно джудже има въпрос към Дядо Коледа, то вика този метод. Метода `askQuestion()` блокира докато не се сформира група от три джуджетата. Методът завършва работата си, когато въпросът на джуджето е получил отговор от Дядо Коледа.

## Елените

Следния фрагмент демонстрира сценария, по който се изпълнява нишката на един елен.

```
while (1) {
    delay(); // на плажа
    reindeerBack(...); // връщане при Дядо Коледа
    waitOthers(...); // чака останалите елени
    // последния елен събужда Дядо Коледа
    waitSleigh(...); // чака да бъде впрегнат
    flyOff(...); // отлита да доставя подаръци
    // Дядо Коледа тръгва с всички елени
    delay(); // подготовка за ваканция
}
```

`reindeerBack()`, `waitOthers()`, `waitSleigh()` и `flyOff()` са методи на класа `Reindeer`. Елените се връщат един по един на северния полюс. Когато еленът се върне, той извиква метода `reindeerBack()` за да регистрира това събитие. След това той извиква метода `waitOthers()` за да изчака останалите елени. Имайте предвид, че последния елен, който се завърне трябва да събуди Дядо Коледа. След като методът `waitOthers()` завърши, всички елени започват да действат като група. Всички елени извикват метода `waitSleigh()`, изчаквайки да бъдат впрегнати в шейната. След като тази стъпка завърши всички елени отлитат като обща група за да раздават подаръци.

## Дядо Коледа

Нишката на Дядо Коледа изглежда по следния начин:

```
while (не се пенсионира) {
    sleep(...); // Сън
    // Събуден от джуджетата или от
    // последния елен
}
```

защо е събуден?

```
if (ако всички елени са се върнали) {
    // разнасянето на подаръци е с по-висок
    // приоритет

    // събира всички елени
    // впряга ги в шейната
    // отлитат да раздават подаръци

    delay(); // Дядо Коледа раздава подаръци

    // пуска елените във ваканция
}
if (джуджетата имат въпрос) {
    // трябва да има група от 3 джуджетата
    delay(); // Отговаря на въпросите
    // Разрешава проблемите на джуджетата
    // и ги освобождава
}
}
```

Първо Дядо Коледа спи като извиква метода **sleep()**, което означава че неговата нишка е блокирана докато три джуджетата не зададат въпрос (не извикат метода **askQuestion()**), или не се върне последния елен за да го събуди. Ако Дядо Коледа е събуден от последния върнал се елен, той събужда всички чакащи елени. Дядо Коледа изчаква всички елени да се съберат и ги впряга в шейната. След като всички елени са впрегнати в шейната Дядо Коледа и елените отлита да раздават подаръци.

От друга страна, ако Дядо Коледа е събуден от джуджетата, на него му отнема известно време за да реши проблемите на джуджетата и да освободи чакащите го джуджетата.

Вашето решение трябва да обработва правилно следните важни ситуации:

- Необходими са точно три джуджетата за да оформят група, която да събуди Дядо Коледа и да му задава въпроси.
- Докато Дядо Коледа не реши проблемите на събудилите го джуджетата и не ги освободи, другите джуджета не мога да задават въпроси.
- Дядо Коледа отговаря на въпроси само когато не е заспал.
- Когато Дядо Коледа е събуден от елен, то това трябва да бъде последния елен който се връща от ваканция. Само последния елен може да събуди Дядо Коледа.
- Дядо Коледа винаги обръща внимание първо на елените.
- Докато Дядо Коледа впряга шейната и раздава подаръци, всички елени трябва да са със него.

## Задача

Трябва да се напише програма на C++, която да симулира действията на Дядо Коледа, елените и джуджетата. За синхронизация програмата трябва да използва само обекти от класовете **Mutex**, **Semaphore** и **Condition**.

## Вход

Входът на програмата се състои от три числа — броят джуджетата **e**, броят на елените на Дядо Коледа **r** и броят на разнасянето на подаръци **t**, след който Дядо Коледа се пенсионира. Програмата се извиква по следния начин:

```
prog2 e r t
```

Така например извикването на програмата с реда:

```
prog2 7 9 8
```

означава, че Дядо Коледа има 7 джуджетата и 9 елена и че след като раздаде подаръците 8 пъти Дядо Коледа ще се пенсионира. Всички аргументи от командния ред трябва да са положителни, като броя на джуджетата трябва да е по-голям или равен на 3.

## Изход

Вашата програма трябва да генерира изход, който е **подобен** на следния:

```
Santa thread starts
.....
Reindeer 3 starts
.....
Elf 6 starts.
.....
Reindeer 1 returns
Elf 2 has a problem
Elf 5 has a problem
Elf 1 has a problem
Reindeer 3 returns
Elves 1, 2, 5 wake up the Santa
Santa is helping elves
Elf 7 has a problem
Reindeer 2 returns
Santa answers the question posted by elves 1, 2, 5
Elves 1, 2, 5 return to work
.....
The last reindeer 5 wakes up Santa
Santa is preparing sleighs
Elf 4 has a problem
.....
The team flies off (1)!
Elf 2 has a problem
.....
After (XX) deliveries, Santa retires and is on vacation!
```

Поради динамичното поведение на многонишковите програми, не се очаква вашата програма да генерира изход, който напълно да съвпада с предходния.

При форматирането на изхода е необходимо да се спазват следните изисквания:

- Всички съобщения от нишката на Дядо Коледа трябва да започват от първа колона, всички съобщения генерирани от нишките на елените трябва да започват от пета колона, и всички съобщения от нишките на джуджетата трябва да започват от десета колона.
- Изходът по-долу демонстрира случай, при който джуджетата 2, 5 и 1 имат проблем и формират група. Те събуждат Дядо Коледа. След това Дядо Коледа отговаря на техните въпроси и ги освобождава. Джуджетата се връщат на работа, а Дядо Коледа заспива отново.

```
Elf 2 has a problem
Elf 5 has a problem
Elf 1 has a problem
.....
Elves 1, 2, 5 wake up the Santa
.....
Santa answers the question posted by elves 1, 2, 5
.....
Elves 1, 2, 5 return to work
```

- Следващият фрагмент илюстрира взаимодействието между елените и Дядо Коледа. Елените се връща един по един. Последния върнал се (в случая елен номер 5), събужда Дядо Коледа. Тогава Дядо Коледа приготвя шейната. След което всички отлита да раздават подаръци. Числото в скобите е броя раздавания на подаръци до момента.

```
Reindeer 1 returns
.....
Reindeer 3 returns
.....
Reindeer 2 returns
.....
The last reindeer 5 wakes up Santa
.....
Santa is preparing sleighs
.....
The team flies off (1)!
```

- След задания брой раздавания на подаръци Дядо Коледа се пенсионира.

**After (XX) deliveries, Santa retires and is on vacation!**