Tentamen
EDAF85 – Realtidssystem (Helsingborg)

2020–08–19, 14.00–19.00

Det är tillåtet att använda Java snabbreferens och miniräknare.
Det går bra att använda både engelska och svenska uttryck för svaren.

Den här tentamen består av två delar: *teori*, frågor 1-6 (18 poäng), och en *programmeringsuppgift*, fråga 7 (12 poäng). För godkänd (betyg 3) krävs sammanlagt ca hälften av alla 30 möjliga poäng samt att det krävs ca en tredjedel av poängen på varje del för sig.

Formelsamling

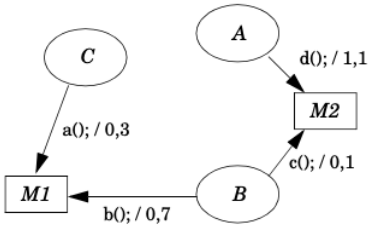
$$\sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{T_i} \leq n(2^{1/n} - 1)$$

$$R_i = C_i + B_i + \sum_{j \in hp(i)} \left\lceil \frac{R_i}{T_j} \right\rceil C_j$$

---

1. Vad är prioritetsinversion? Illustrera med ett litet exempel. Beskriv kortfattat en mekanism som kan användas för att undvika att prioritetsinversion kan uppkomma. *(3p)*

2. Ett realtidssystem (med dynamisk prioritetsbaserad schemaläggning och prioritetsarv) innehåller tre trådar (A, B och C) som kommunicerar med varandra genom att anropa monitoroperationerna a, b, c, och d i monitorerna M1 och M2 och med maximala exekveringstider (i millisekunder) enligt figur. Trådarna anropar en monitoroperation i taget.



Vidare har trådarna värstafallsexekveringstider (C) och periodtider (T) enligt följande tabell.

Tråd	*C (ms)*	*T (ms)*
A	4	25
B	8	40
C	3	10

För att tilldela trådarna prioriteter används principen RMS - Rate monotonic Scheduling.

a) Ange för varje tråd (A, B och C) hur lång tid tråden i värsta fall kan bli blockerad av lägre prioriterade trådar under en och samma körning. *(3p)*

b) Ange för varje tråd (A, B och C) vad deras värstafallsresponstid blir. *(3p)*

3. I ett Javaprogram hittar vi två typer (klasser) av trådar, T1 och T2, som i sina respektive run()-metoder exekverar följande linjära sekvenser av semaforoperationer på de fem mutexsemaforerna A, B, C, D och E (mellanliggande kod som är beroende av semaforerna representeras av funktionsanropen på formen ”useXY();”, där ”XY” avser att semaforerna X och Y måste vara tagna när koden utförs):

T1	**T2**
`A.take();`	`C.take();`
`B.take();`	`B.take();`
`D.take()`	`useBC();`
`useABD();`	`B.give();`
`A.give();`	`A.take();`
`E.take();`	`useAC();`
`useBDE();`	`A.give();`
`E.give();`	`C.give();`
`D.give();`	`...`
`B.give();`	`E.take();`
	`C.take();`
	`useCE();`
	`C.give();`
	`E.give();`

Observera att vi kan ha ett godtyckligt antal instanser av varje trådtyp (klass).

a) Rita en resursallokeringsgraf för systemet. *(2p)*

b) Hur många instanser (trådobjekt) måste det minst finnas av vardera T1 och T2 för att det ska finnas risk för dödläge i systemet? *(1p)*

4. Ordet preemption förekommer i två olika sammanhang i kursen. Dels som beteckning för påtvingad tidsdelning, och del i samband med villkoren för dödläge. Förklara de två olika betydelserna och motivera varför man vill ha eller inte ha respektive egenskap hos sin programexekvering i ett realtidssystem. *(2p)*

5. En javaklass som implementerar komplexa tal har två attribut och fyra metoder enligt följande:

```
class Complex {
   float re;
   float im;
   synchronized void setValue(float re, float im) {
       this.re = re; this.im = im;
   }
   float getRe() { return re; }
   float getIm() { return im; }
   float getAbs() { return Math.sqrt(re*re+im*im); }
}
```

Vad innebär det egentligen att nyckelordet `synchronized` används i deklarationen av metoden `setValue`? Anta att vi har två trådar T1 och T2 som båda har referenser till två objekt av klassen `Complex`, C1 och C2. Svara genom att för varje påstående nedan ange om det är sant eller falskt.

1. När T1 exekverar `C1.setValue(1.0,1.1)` so kommer ett anrop i T2 av `C2.setValue(2.0,2.2)` blockera tills T1 har avslutat anropet av `C1.setValue(1.0,1.1)`.
2. När T1 exekverar `C1.setValue(1.0,1.1)` so kommer ett anrop i T2 av `C1.setValue(2.0,2.2)` blockera tills T1 har avslutat anropet av `C1.setValue(1.0,1.1)`.
3. Eftersom `setValue` är `synchronized` så kan T2 inte exekvera metoden `getAbs` så länge T1 exekverar `setValue`.
4. Eftersom en variabel av typen `float` kan tilldelas/returneras atomärt (dvs utan risk för ett kontextbyte) så kan vi (som en sorts optimering, dock ej rekommenderat, och så som det är gjort i koden ovan) utelämna nyckelordet `synchronized` i deklarationen av `getAbs` utan att förändra realtidskorrektheten hos programmet.

(2p)

6. Förklara kortfattat (med en eller några få meningar) följande begrepp inom schemaläggning för realtidssystem:
   a) Kontextbyte
   b) Statisk schemaläggning
   c) Schemaläggning enligt principen Rate Monotonic Scheduleing
   d) Schemaläggning enligt principen Earliest Deadline First

   (2p)

7. I många sammanhang kan det vara användbart att införa någon typ av övervakning av att trådarna i ett realtidssystem faktiskt utför sina uppgifter i tid. Det kan till exempel användas i debugsyfte för att upptäcka att ett dödläge uppstått, att systemet är överlastat eller att någon tråd kraschat av någon anledning och behöver startas om. En teknik som kan användas och som lämpar sig särskilt bra för periodiska trådar är att införa en så kallad *watchdog*. En sådan kan implementeras i mjukvara[1] genom att låta varje tråd som ska övervakas regelbundet anropa en bestämd metod som ett sätt att signalera att tråden fortfarande lever och fungerar som den ska. Om metoden inte åter anropas inom en given tidsperiod (som kan variera från tråd till tråd) inträffar en timeout och lämplig åtgärd kan vidtas.

   Nedan följer en ofullständig implementation av en klass `LivenessTracker` som implementerar en sådan watchdog. Trådar som ska övervakas anropar regelbundet metoden `reportActivity()` och anger varje gång en maxtid inom vilken den kommer att anropa metoden på nytt. Om den inte gör det inom den specificerade tiden är klassen ansvarig för att anropa metoden `timeoutAlert()` i vilken lämplig åtgärd (beroende på vad vi använder vår watchdog till) kan vidtas.

```
public abstract class LivenessTracker {
  public LivenessTracker() {
    ..
  }

  /** Called by threads to request a timeout after timeout milliseconds unless
      this method is called again. If timeout=0 no timeout will be generated.
  */
  public void reportActivity(long timeout) {
    ...
  }

  /** Automatically called when a timeout occurs for thread t.
      Implement the method in a subclass in order to describe
      what should happen at a timeout event.
  */
  protected abstract void timeoutAlert(Thread t);
}
```

   Varje gång en timeout inträffar ska metoden timeoutAlert anropas. Denna är deklarerad `abstract` vilket betyder att vi måste implementera metoden i en subklass för att beskriva vad som ska hända när timeout sker. Man skulle till exempel kunna tänka sig att logga någon sorts varning eller försöka starta om tråden som inte svarat i tid. För att skapa en LivenessTracker som bara genererar en varningsutskrift på standard output varje gång en timeout inträffar skulle vi som exempel kunna skriva (att implementera subklassen ingår dock *inte* i uppgiften):

```
public class MessageLoggingTracker extends LivenessTracker {
  protected void timeoutAlert(Thread t) {
    System.out.println("Warning! Thread timed out: "+t.toString());
  }
}
```

[1] En watchdog kan även implementeras i hårdvara genom att man har en digital räknare som räknas ned regelbundet varje gång en klockpuls kommer och om den kommer till noll innan räknarens värde återställs av det körande programmet så genereras en resetsignal. På så sätt kan en låst dator automatiskt återstartas om den låst sig.

Implementera klassen `LivenessTracker` ovan enligt följande anvisningar!

1. Använd Javas monitorbegrepp för all synkronisering/signalering som behövs mellan aktuella trådar.
2. Du får lägga till privata attribut/klasser samt privata metoder efter behov.
3. Du får ändra på deklarationen av metoden reportActivity, men den ska fortfarande anropas enligt specifikationen ovan, dvs den ska bara ta en timeouttid som parameter och den ska inte returnera något värde.
4. Behöver du någon extra hjälptråd kan du lämpligen starta denna i klassens konstruktor.
5. Av effektivitetsskäl får du inte starta en ny tråd varje gång en timeout begärts.
6. Innehåller din lösning en tom konstruktor kan du utelämna den.
7. Klassen ska uppföra sig korrekt oavsett om den samtidigt används av noll, en, eller många trådar för bevakning av sina timeouter.
8. Metoden `timeoutAlert` ska anropas utan onödig fördröjning när en timeout inträffar. Lösningen ska därför inte bygga på att med jämna intervall kontrollera om någon timeout inträffar.

Tips:

- I `reportActivity` behöver du säkert veta vilken tråd som anropat metoden. Det kan du få veta genom att anropa funktionen `Thread.currentThread()`.
- I Java får man inte deklarera abstrakta metoder `synchronized`.
- Ett sätt att hålla reda kommande timeouter är att använda en prioritetskö. Dokumentation för klassen `PriorityQueue` samt andra klasser/interface som möjligen kan vara användbara bifogas.

(12p)