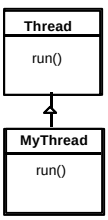
Sprachkonstrukte in Java

Übersicht Threads in Java

- Threads
  - durch Vererbung aus der Thread Class
  - durch ein Runnable Interface
- Lebenszyklus:
  - Start: Initiieren
  - Run: Ablaufen lassen
  - Stop: Terminieren -> durch Terminierung von Run()
- Thread Scheduling:
  - yield: freiwillige Aufgabe des Prozessors
  - getPriority, setPriority: Prioritäten zur programmgesteuerten Auswahl eines Threads
- Wechselseitiger Ausschluß:
  - Synchronized: Lock Mechanismus je Objekt
  - Wait: Warten auf Benachrichtigung
  - Notify, NotifyAll: Versenden einer Benachrichtigung

Threads in Java

Die Thread Class implementiert einen einzelnen sequentiellen Thread. Thread Objekte können zur Laufzeit dynamisch instantiiert und beendet werden.



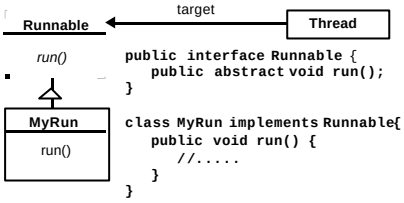
Die Thread Class führt Instruktionen der Methode run() aus. Eine Möglichkeit zur Implementierung eines Threads besteht durch Spezialisierung der Thread Class und Überlagerung der run() Methode.

```
class MyThread extends Thread {
     public void run() {
          //......
     }
}
```

Diese Variante ist nicht sinnvoll: warum ?

Threads in Java

Java erlaubt keine mehrfache Vererbung, daher sinnvollere Alternative: Implementierung eines Interfaces "runnable".

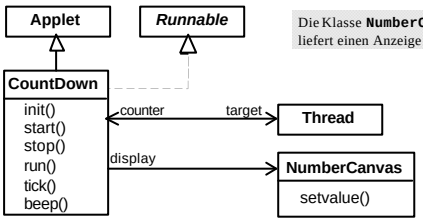



```
public interface Runnable {
   public abstract void run();
}

class MyRun implements Runnable{
   public void run() {
      //.....
   }
}
```

Wie erzeugt MyRun Methode Thread mit eigener run() Methode?
Thread lokalMyRun = new Thread(this) ;

Beispiel: CountDown timer - Klassendiagramm

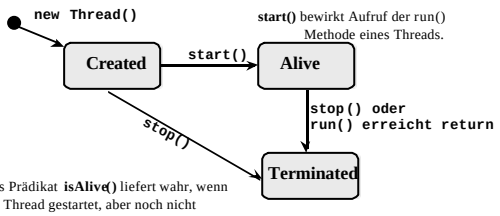


Die Klasse **NumberCanvas** liefert einen Anzeige Canvas.

Die Klasse **CountDown** erbt aus **Applet** und implementiert die **run()** Methode für einen Thread.

(Einfacher) Lebenszyklus eines Threads in Java

Zustandsübergangssystem zur Darstellung des Lebenszyklusses

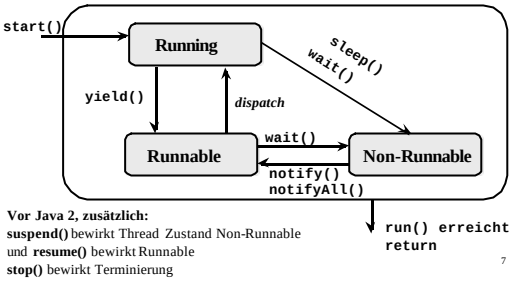


start() bewirkt Aufruf der run() Methode eines Threads.

Das Prädikat **isAlive()** liefert wahr, wenn ein Thread gestartet, aber noch nicht beendet ist. Einmal terminiert, immer terminiert (kein Restart).
Stop() nicht in Java 2 !!!

Thread Zustände eines "lebenden" Java Threads

Nach Start und vor Terminierung ex. unterschiedliche Thread Zustände :



Vor Java 2, zusätzlich:
suspend() bewirkt Thread Zustand Non-Runnable
und **resume()** bewirkt Runnable
stop() bewirkt Terminierung

Initiierung eines Threads
Methode start()

- Achtung nicht mit Applet.start() verwechseln !!!
- MyThread.start() bewirkt das Starten des Threads MyThread, d.h. die run() Methode von MyThread wird aufgerufen.

- Warum daher nicht einfach MyThread.run() ???
  Weitere Schritte erforderlich:
  1) Initialisierung des Threads innerhalb der VM, Integration in Verwaltungsdatenstrukturen für Scheduling, Accounting etc.
  2) Aufruf von run()
  3) Behandlung von Exceptions durch Exception Handler
     - default exception handler, i.e. Methode uncaughtException() der ThreadGroup Class, bewirkt i.w. Ausgabe Stack Trace des throwable objects.
     - durch eigenen exception handler überladbar
- Start() darf je Thread nur einmal aufgerufen werden,
  2. Aufruf liefert IllegalThreadStateExecption falls für Thread isAlive() gilt.

Bearbeitung eines Threads
Methode run()

- Run() ist Hauptanforderung zur Implementierung von Runnable
- Run() ist Hauptfunktion eines Threads
- wenn Run() terminiert (return), terminiert der Thread
- ab Java 2 erfolgt Threadterminierung im wesentlichen auf freiwilliger Basis
  d.h. Thread terminiert
  - wenn Thread seine Berechnungen/Aufgaben abgeschlossen hat
  - wenn anderer Thread Aufforderung für Terminierung mitteilt, dies geschieht durch Setzen von eigenen, lokalen Daten oder geteilten Objekten.
    Voraussetzung: Thread kontrolliert Bedingungsflags selbst

Die Klasse CountDown

```
public class CountDown extends Applet
                       implements Runnable {
  Thread counter; int i;
  final static int N = 10;
  AudioClip beepSound, tickSound;
  NumberCanvas display;

  public void init()  {...}
  public void start() {...}
  public void stop()  {...}
  public void run()   {...}
  private void tick() {...}
  private void beep() {...}
}
```

Die Klasse CountDown - start(), stop() and run()

```
public void start() {
   counter = new Thread(this);
   i = N; counter.start();
 }
 public void stop() {
   counter = null;
 }
 public void run() {
   while(true) {
     if (counter == null) return;
     if (i>0)  { tick(); --i; }
     if (i==0) { beep(); return;}
   }
 }
```

Achtung: Namensgleichheit Thread - Applet bzgl start, stop

Hier: Applet erzeugt bei start() einen Thread und startet diesen.

Thread Konstruktor mit Parameter (this) bewirkt das counter.start() die Methode this.run() aufruft.

Terminierungserkennung über Bedingungen counter == NULL !!!

Terminierung eines Threads
Methode stop(), deprecated in Java 2 !!!

- Achtung: nicht mit Applet.stop() verwechseln !!!
- Bewirkt Terminierung der run() Methode.
  - Stop() bewirkt Erzeugung eines Objektes der ThreadDeath Class und das run() dieses Objekt als Exception wirft
- Methode ist nicht empfehlenswert !!!
- Sinnvoller (wie im vorherigen Beispiel):
  - über Flagabfrage in run() jeweils Terminierungsbedingung testen und ggfs terminieren
  - statt stop(), Flag auf passenden Wert zur Terminierung setzen
- Bei Beendigung von run() wird
  - Thread deaktiviert
  - Aufräumarbeiten durchgeführt
  - isAlive() wird False
  - Reaktivierung ist nicht mehr möglich

Einfluß auf Thread Scheduling
Methode yield()

- MyThread.yield() hält den aktuellen Thread an und erlaubt Bearbeitung eines anderen Threads gleicher Priorität.
  - Yield() ist eine statische Methode, d.h. der aktuell laufende Thread muß nicht zwangsläufig MyThread sein.
  - Thread höherer Priorität kann nicht lauffähig sein, weil dann bereits vorher Unterbrechung erfolgt wäre.
  - Falls kein Thread gleicher Priorität lauffähig ist Wirkung von yield() gleich sleep(0)
  - Falls mehrere Threads gleicher Priorität lauffähig, so ist Auswahl des nächsten bearbeiteten Threads nicht vorherbestimmt, sondern hängt vom Thread-Scheduler der VM ab.
- Yield() taugt i.w. als Hinweis an VM Thread Scheduler potentiell Wechsel vorzunehmen.

Einfluß auf Thread Scheduling
Methoden setPriority(int prio), getPriority()

- Lese- und Schreibmethoden für die Priorität eines Threads
- Der Scheduler wählt aus den bearbeitbaren Threads denjenigen mit der höchsten Priorität für die weitere Bearbeitung aus.
- Scheduling ist unterbrechend (preemptive), berücksichtig Prioritäten.
- Prioritäten werden nur explizit im Programm (also durch den Programmierer) gesetzt, die VM führt keine eigenmächtigen Änderungen zur Laufzeit durch.
- Achtung es gelten Wertebereichsbeschränkungen, auch Thread Group spezifisch.

- Genauere Betrachtung des Scheduling zu einem späteren Zeitpunkt in der Vorlesung.

Warten auf Timeout
Methode sleep()

- Static void sleep(long milliseconds)
- statische Methode der Thread Class
- unterbricht die Bearbeitung des Threads für den angegebenen Zeitraum
  - der Thread wird vom Scheduler in Zustand Non-Runnable versetzt
  - bei Ablauf des Zeitintervalls erfolgt Threadzustandswechsel von Non-Runnable zu Runnable
  - wg Thread Verwaltung und Scheduling ist realer Zeitraum der Unterbrechung größer

- eine feinere Unterscheidung in Nanoseconds wird typischerweise vom Laufzeitsystem, bzw vom unterliegenden Betriebssystem nicht in der geforderten Genauigkeit unterstützt

Beispiel für sleep()

- Warten auf Eintreten einer Bedingung

```
K = 100 ;
...
while (tryCondition() == false) {
  try {
       Thread.sleep( K ) ;
  } catch (Execption e) { }
}
```

- Lösung reduziert Effekt von Busy Waiting, aber wie soll Konstante sinnvoll gewählt werden ?
  - K zu groß, dann wartet Thread unnötig lange
  - K zu klein, dann wird Thread unnötig oft geweckt und bearbeitet
- bessere Lösung durch explizite Benachrichtigung

Lock Mechanismus: synchronized

- Jedes Objekt in Java hat einen „Lock“, eine Semaphore
- Methoden, die durch synchronized gekennzeichnet werden, müssen den Lock vor der Ausführung erhalten, geben nach Ausführung den Lock frei.
- Dadurch wird wechselseitiger Ausschluß bei der Durchführung von Methoden ermöglicht.

Beispiel:

```
public synchronized boolean tryCondition() {
...
}
```

- Besonderheiten:
  - nicht alle Methoden einer Klasse müssen synchronized sein
  - auch Blöcke können als synchronized gekennzeichnet werden
  - Allokation von Locks kann bei mehreren Threads und mehreren Objekten leicht zu Verklemmungen führen (Deadlockgefahr)

Warten auf eine Bedingung, bzw Benachrichtigung Methode wait()

- Bewirkt Warten auf das Eintreten einer Bedingung
- Die Bedingung wird NICHT in wait() geprüft, kein Busy Waiting
- Die Bedingung muß in einer umgebenden Schleife geprüft werden!
- Thread wird durch notify() oder notifyAll() benachrichtigt, aber Achtung, Bedingung muß anschließend neu geprüft werden !!!
- Untervarianten: wait(long timeout) mit zeitlicher Obergrenze
- Nur innerhalb einer synchronized Methode verwenden, weil wait-notify eine Race-Condition beinhalten
- Synchronized sichert exklusiven Zugriff auf Objekt (Lock-Mechanismus)
- Wait() gibt Lock temporär frei, reallokiert Lock bevor es nach notify() zurückkehrt.
- Wait() ist „native method“, gehört zur Klasse Object

Gegenpart zu wait(), Benachrichtigung
Methode notify(), notifyAll()

- Benachrichtigt einen/alle wartenden Threads
- nur innerhalb einer synchronized Methode verwenden
- Gegenstück zu wait()
- Typisches Anwendungsmuster:

```
public synchronized void getBusyFlag() {
  while (tryCondition()==false) {
      try {
        wait() ;
      } catch (Exception e) {}
  } }
```

```
public synchronized void freeBusyFlag() {
...
notify() ;
}
```

Gegenpart zu wait(), Benachrichtigung
Methode notify(), notifyAll()

- Beispiel mit blockweiser Belegung des Locks:
- Randbedingung: wait und notify müssen zum synchronized Objekt gehören
- Sei Variable StringBuffer sb innerhalb der Klasse definiert

```
Public void getLock() {
  ...
  synchronized (sb) {
      try {
        sb.wait() ;
      } catch (Exception e) {}
  }
}
```

```
Public void freeLock() {
  ...
  synchronized (sb) {
      sb.notify() ;
  }
}
```


Race Condition bei wait-notify ohne synchronized

- Race Condition = Ausgang einer Berechnung abhängig von Interleaving in der Bearbeitung von Threads (UNERWÜNSCHT)
- Hier
  - 1. Thread testet Bedingung und entscheidet sich für Wartesituation
  - 2. Thread ändert Bedingungsvariable, Wartesituation entfällt eigentlich
  - 2. Thread ruft notify auf, Signal geht mangels wartenden Threads verloren.
  - 1. Thread ruft die wait() Methode auf
  - Resultat des Szenarios unbefriedigend, weil 1. Thread nicht mehr geweckt wird
- Wenn Testen der Bedingung und Modifikation der Bedingungsvariable, wait, und notify mit synchronized gekapselt werden, sichert wechselseitiger Ausschluß, daß Race Condition nicht auftreten kann.

Methode join(), join(long timeout)

- Bewirkt Warten auf die Terminierung eines Threads, d.h. bis das Attribut isAlive() nicht erfüllt ist.
  - Dies schließt auch die Situation von Threads ein, die noch kein start() erfahren haben!
- Parametrisierte Variante wartet nicht länger als die angegebene Zeitspanne.
- Join kann zur Realisierung einer Barrier Synchronisation genutzt werden, typisches Muster:
  - Master-Thread startet N Worker-Threads zur Durchführung parallel bearbeitbarer Teilaufgaben
  - Master-Thread wartet mit N Join Aufrufen (je Worker 1 Aufruf) auf Terminierung der Worker bevor er selbst mit weiteren Aufgaben fortfährt.

Methode interrupt(), nur Java 2 und folgende

- Statische Methode der Thread und ThreadGroup Class
- sendet Interrupt Signal an den angegebenen Thread
- ein blockierter Thread (join(), sleep(), wait()) ist dadurch nicht mehr blockiert, ggfs wird ein Interrupt Flag gesetzt
- falls der Ziel-Thread eine Methode ausführt, die eine Exception werfen kann, so wird durch den Interrupt Aufruf eine entsprechende Exception verursacht
- anderenfalls kann der Ziel-Thread einen Interrupt anhand interrupted() und isInterrupted() feststellen

- Anwendung z.B. bei Producer/Consumer Pattern, wenn Konsument bei leerem Puffer ein wait() ausführt, aus dem er mittels Interrupt und Exception Handling bei Eintreffen von Nachrichten geweckt wird.
- Achtung: NICHT zur Aufhebung von Blockierungen bei I/O verwenden !!!

Nur wg Vollständigkeit:
Methoden suspend(), resume(), deprecated in Java 2!!!

- Methoden der Thread und ThreadGroup Class
- suspend() bewirkt, dass der Thread vom jeweiligen Zustand zum Suspend Zustand versetzt wird und nicht bearbeitet wird
- resume() bewirkt, dass der Thread vom Suspend Zustand in den vorherigen Zustand (running, ready etc) zurückversetzt wird und ggfs weiterbearbeitet werden kann.

- Methoden sind ebenso wie stop() problematisch, weil dadurch Lock Starvation erreicht werden kann, im Extremfall bis zum Stillstand der VM.
- Suspend() bei Thread, der Lock besitzt, führt dies zwar zur Suspendierung, aber nicht zur Freigabe des Locks !!!
- Resume als Gegenpart ist harmlos, aber ohne Suspend zweckfrei.

Zusammenfassung

- Überblick über Java Sprachunterstützung zur Threadprogrammierung
- Threads durch Vererbung oder Implementierung des Runnable Interfaces
- Methoden zum Initialisieren (start) und Betreiben (run)
- Kommunikation/Synchronisation:
  - wait-notify
  - interrupt- wait,sleep,join
- Scheduling
  - yield
  - getPriority, setPriority
- Im Folgenden
  - Besonderheiten beim Entwurf und Erstellung korrekter Java Programm mit mehreren Threads (Sicherheit, Lebendigkeit, ...)