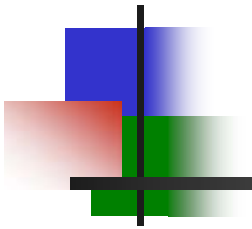
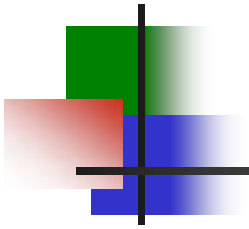


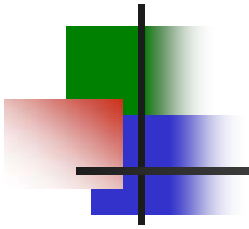
# Kodegenerering del 3: Tilleggsnotat fra AHU
# Samt litt om class-filer og byte-kode
# INF5110 – V2007

Stein Krogdahl,
Ifi UiO



# ASU, kap 9.5: Vi generer kode for én og én basal blokk

- Da er det lett å holde orden på hvilke verdier som er i hvilke registre etc. ned gjennom blokka
- Mellom hver basal blokk sørger vi for:
  - Alle verdier av program-variable ligger ”ute” i den variablens lokasjon i hovedlageret.
  - Vi antar også et TA-koden er laget slik at temporære variable ikke skal bære verdier fra én basal blokk til en annen. Temporære variable er altså døde ved begynnelsen og slutten av hver basal blokk
- Det kan også hende at programvariable er døde ved slutten av en basal blokk.
  - Om vi skal få oversikt over det må vi gjøre *global dataflytanalyse*
  - Men det gjør vi ikke her, og må derfor anta at at alle program-variable er i live ved slutten av en basal blokk.



# ”Neste bruk” og ”i live” innen én basal blokk

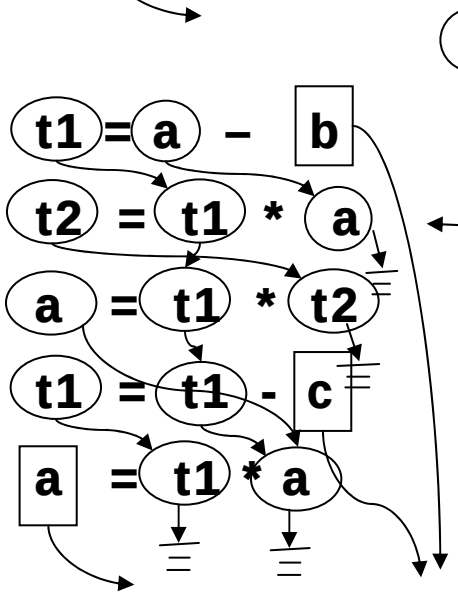
- Før man gjør kodegenerering for en basal blokk er det lurt å skaffe seg oversikt over bruk av variable:
  - En variabel-forekomst har en ”neste-bruk” (derved ”i live”):
    - Den verdien den har blir brukt senere i samme basale blokka.
    - Da kan det være lurt å la den bli værende i et register
  - En variabel-forekomst har ingen ”neste-bruk”, men er ”i live”:
    - Verdien i variabelen blir verken brukt  eller gitt ny verdi senere i blokka
    - Men den kan bli/blir brukt i senere blokker
    - Dette gjelder i vår setting bare program-variable
  - En variabel-forekomst er død.
    - Gjelder temporære variable som ikke blir referert mer i blokka
    - Gjelder alle variable som blir gitt ny verdi lenger ned i blokka, og som ikke brukes før det.

# Eksempel på informasjon om ”neste bruk” og ”i live”

: Angir at den har ”neste bruk” (og hvor, med det brukes ikke av vår algoritme). Disse er ”i live”

: Angir at den er ”i live”, uten noen ”neste bruk”

Angir at den er ”død”




*a er ”død” her siden den får ny verdi innen denne blokka og ikke blir brukt før det*

*t1 er død, siden temporære bare brukes innen samme blokka*

*Altså : I live etter blokka:* ***a,b,c***

***Dvs., programvariablene.***

Kommentarer:

1. Temporære brukes også ofte på tvers av basale blokker (for eksempel etter flytting)
2. Global ”dataflyt-analyse” finner de variable som faktisk er i live etter en basal blokk.

# Algoritme for å finne informasjon om "neste bruk" og "i live"

Vi har en tabell T over alle variable i blokka, der hver variabel kan merkes som:

1. "i live", og har en angitt "neste bruk" i blokka
2. "i live", men uten "neste bruk" i blokka
3. "død" (og dermed ingen "neste bruk")

Initialisering:

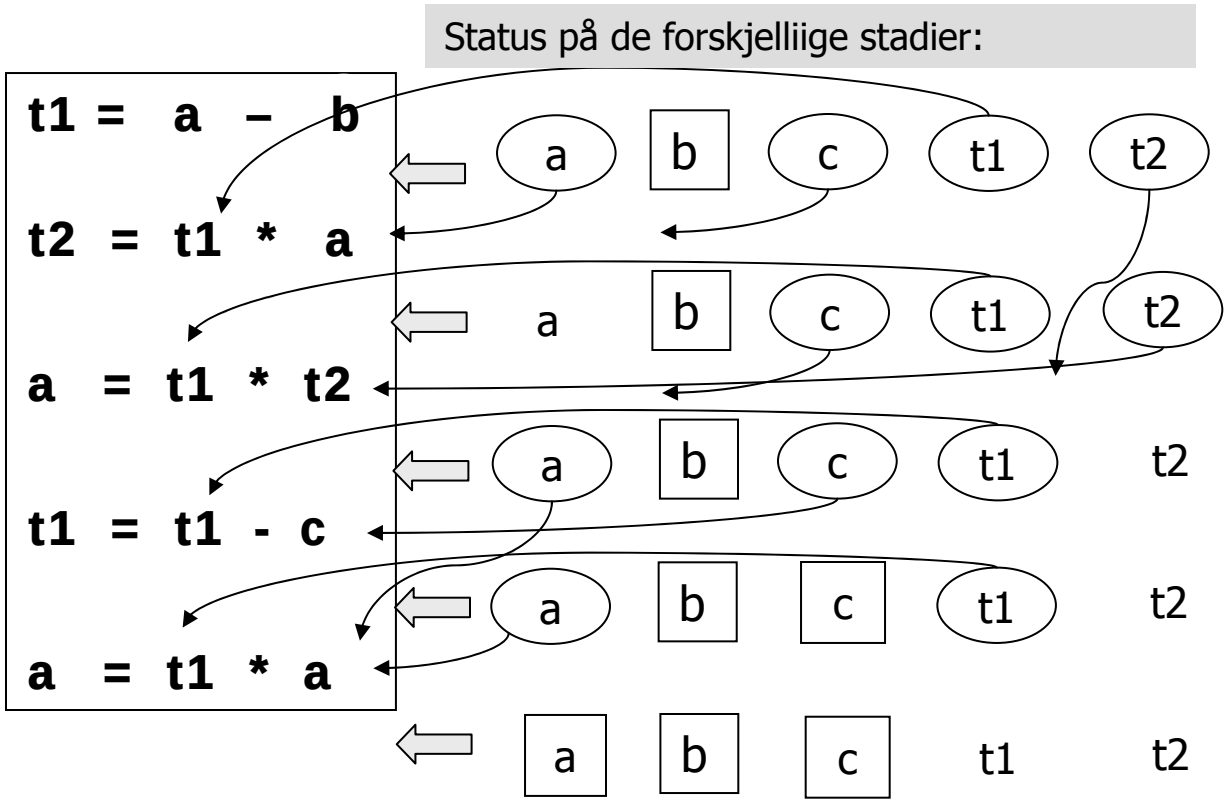
De variablene som er "i live" ved slutten av blokka (program-variable) merkes med 2 i T, resten (de temporære) merkes 3

1. Merk x i S slik x er merket i T
2. Forandre x sitt merke i T til 3
3. Merk y og z i S slik de er merket i T
4. Forandre i T merkene for y og z til 1, med "neste bruk" satt til h.h.v y og z i S.

Må skille mellom 1. og 3. for at `a = a + b;` skal bli riktig
(Trykkfeil som er rettet i det utdelte)

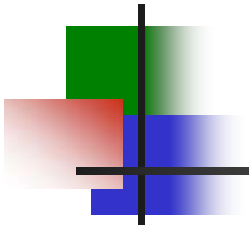
# Algoritme for ”neste bruk” og ”i live”

- Gå bakfra og hold greie på ”status til alle variable:
  (N.B. Trykkfeil i bokas algoritme – rettet i det utdelte)



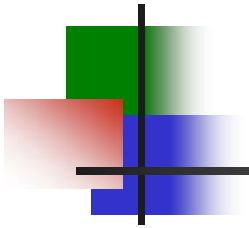

Døde variable er tegnet uten ring rundt.

I siste linje antar at vi at bare progr. variable overlever fra en blokk til en annen.



# Kodegenererings-algoritme

- Enkel algoritme: Lager maskinkode for én og én Basal Blokk
- Algoritmen holder (innefor hver Basale Blokk) beregnede verdier i registre så langt det er mulig (Spesielt viktig om de har ”neste bruk”)
- Når programkontrollen går mellom de Basale Blokkene så ligger samtlige variabel-verdier i sine respektive hukommelses-plasser (antar at temporærer variable ikke ”er i live”)
- Kodegenerering for hver Basal Blokk blir da:
  - Utfør algoritmen for å finne ”neste bruk” og ”i live”
  - Det genereres kode for én og én treadresse-setning av gangen, i tur og orden fra første til siste setning
  - OG husk: Etter siste setning legges verdier fra registre tilbake til sine respektive hukommelses-plasser
- Noen mangler ved algoritmen
  - Variable som kun blir *lest* innenfor en Basal Blokk blir ikke lagt i registre, selv om det er mange referanser til variabelen
  - I enkleste utgave utnytter den ikke på kommutativitet for + og *



# Register- og adresse-deskriptorer

- Kodegenerator-algoritmen bruker deskriptorer for å holde greie på hva som er i registre og i program-variablene:
  - En Register-deskriptor for hvert register holder greie på hva som for tiden er i et register. Ved starten skal alle register-deskriptorer angi at registeret er tomt. Generelt angir register-deskriptoren at registeret er ledig eller at det inneholder verdien til et antall angitte variable.
  - En Adresse-deskriptor holder greie på hvor verdien av en variabel finnes i øyeblikket. Den kan være i ett eller flere registre, og/eller i variabels lager-lokasjon.
    - Disse desriptorene opprettes etter hvert som det blir ”snakk om” variablene. At det ikke er noen adresse-deskriptor for ’x’ betyr:
      - x er programvariabel: Verdien ligger (bare) i variablens lager-lokasjon
      - x er temporær variabel: Variabelen er ikke i bruk
  - Informasjonen er redundant – dvs. vi har begge deskriptor-typene (adresse og register) ”bare” for å få raske oppslag. Kunne greid oss med én av dem.

# Kodegenerering for: **X = Y op Z**

1. Finn et register for å holde resultatet:
   - L = getreg(”X = Y op Z”)  // Helst et sted Y allerede er
2. Sørg for at verdien av Y faktisk er i Y’:
   - Y’ := ”beste lokasjon” der verdien av Y finnes
   - Hvis Y’ ≠ L, generer: **MOV Y’, L**
3. Sjekk adresse-deskriptoren for Z:
   Z’ := ”beste” lokasjon der Z finns  // Helst et register
   - Generer: **OP Z’ , L**
4. For hver av Y og Z: Om den er død og er i et eller register
   Oppdater i så fall register-deskriptoren:
   Registrene inneholder nå ikke lenger Y og/eller Z
5. Oppdaterer adresse-deskriptor for X:
   - X sin adr.deskr. := {L}.
6. Hvis L er et register så oppdater også register-deskr. for L:
   - L sin reg.deskr. := {X}

# Getreg (”X = Y op Z”)

1. Hvis Y ikke er ”i live” etter ”X = Y op Z” og Y er alene i $R_i$:
   - Return($R_i$) **else**
2. Hvis det finnes et tomt register $R_i$ : Return ($R_i$) **else**
3. Hvis X har en ”neste bruk” eller X er lik Z eller operatoren ellers krever et register:
   - Velg et (okkupert) register R
   - Hvis verdien av R ikke ligger i hukommelsen:
     - Generer **MOV R, mem** // mem er lagerlokasjonen for R-verdien
     - Oppdater adresse-deskriptor for **mem**
   - return (R) **else**
4. return (X), altså lever hukommelses-plassen til X (må kanskje opprettes om X er en temp-variabel)

*Opprinnelig verdi av X ødelegges*

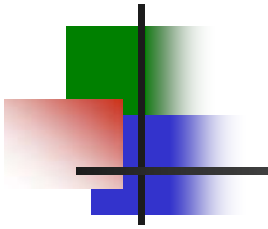
NB: For at X = Y + X skal funke, måtte 3 modifiseres, ellers ville vi fått:

MOV Y X

ADD X X

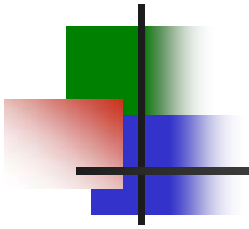
# Eksempel på kode-generering

| Setninger | Generert kode | Reg. deskriptorer | Adr. deskriptorer |
|---|---|---|---|
| | | Alle Reg er ubrukte | |
| t = a - b | MOV a, R0<br>SUB b, R0 | R0 inneholder t | t i R0 |
| u = a – c | MOV a, R1<br>SUB a, R1 | R0 inneholder t<br>R1 inneholder u | t i R0<br>u i R1 |
| v = t + u | ADD R1, R0 | R0 inneholder v<br>R1 inneholder u | v i R0<br>u i R1 |
| d = v + u | ADD R1, R0 | R0 inneholder d | d i R0 og ikke i hukommelsen |
| Avslutning av basal blokk | MOV R0, d | Alle Reg er ubrukte | (Alle prog.variable i hukommelsen) |



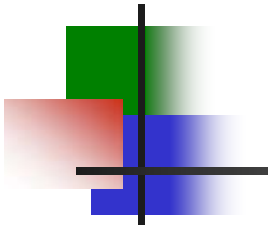
# Litt om Javas class-filer og byte-kode

- Disse formatene ble planlagt fra start som en del av hele Java-ideen
  - Byte-koden gir portabilitet ved at den utføres av en interpretator (som må skrives for hver enkelt maskin, gjerne i C eller C++)
  - Gir, sammen med et standard bibliotek, et enhetlig grensesnitt til operativsystemet, grafikk, osv. fra Java
  - Samme Java-kompilator kan dermed brukes på alle maskiner
  - For effektivitet: Byte-koden blir nå ofte oversatt til maskinkode før utførelse, enten i en egen kompilerings-operasjon, eller som JIT-kompilering som en del av ”loadinga”
- Formatet av class-filene inneholder både
  - den utførbare koden (som byte-kode = sekvenser av byte-instruksjoner),
  - og hele strukturen av klassen, med info om navn, variable, metoder, parametere, typer, etc.
  - Disse to informasjonstypene ligger tradisjonelt på to forskjellige filer: For C og C++, på .c-filer (som oversettes maskinkode) og på .h-filer
- En class-fil leses i to sammenhenger i forbindelse med kompilering/kjøring:
  - Når en annen klasse som referer til denne (f.eks. en subklasse) kompileres: Da ser man mest på strukturen av klassen
  - Når klassen skal loades: Da ser man spesielt på byte-koden for metodene i klassen



# Formatet av Javas class-filer og Byte-kode

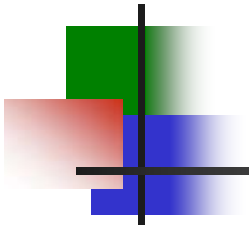
- På hver class-fil er det bare beskrivelse av én klasse eller ett grensesnitt
- class-filene har all informasjon om:
  - Navn på klassen, og på superklassen og implementerte grensesnitt
  - Hvilke variable klassen har, ved navn, type og synlighet
  - Hvilke metoder den har, ved navn, type, synlighet, parametere (med typer), og byte-kode-sekvens
- Om byte-koden spesielt:
  - Byte-koden er laget som P-koden, ved at arbeids-dataene ligger på en stakk under utførelsen
  - Funksjons-delen av instruksjonen er på én byte, altså plass til 256 instruksjoner
  - Byte-instruksjonenes ”adressefelt” (der dette trengs) angis ved fullt navn, type og klasse-tilhørighet
    - Det eneste unntaket fra dette er lokale variable i metoder. Disse angis som relativ-adresse (i byte) i aktiverings-blokken.
  - Det blir mange navn det stadig skal refereres til. Derfor ligger navnene bare én gang hver i et eget ”navne-område”, og de angis andre steder bare ved en indeks inn i dette området
  - Dette området inneholder også alle konstanter i programmet, på tekstlig form



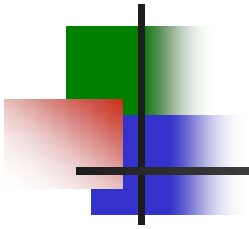
# Hva foregår i en Java Virtual Machine (JVM)

- En JVM kan enten *interpretere* eller *oversette til maskinkode* (JIT, eller vanlig)
- Den består av en *loader*, en *verifikator*, samt av en *interpretator* eller en *oversetter*
- Loaderen starter med å lese inn den angitte class-fila (med main-metoden)
- Leser så etter hvert inn alle class-filer som det referers til fra denne, osv.
- Gjør ”allokering” av variable i klassene, dvs.: bestemme deres relativadresse i objekter av denne klassen. Merk at allokering av en klasser må gjøres før allokering for dens subklasser
- Setter opp en ”descriptor” for hver klasse som vil ligge fast under utførelsen
  - Denne inneholder virtuell-tabellen for klassen, en peker til descriptoren for superklassen, etc.
  - Dersom debugging eller refleksivitet: Inneholder også info om alle variable/metoder
  - Descriptoren kan også ha en peker til et sted der selve Java-koden ligger
  - Alle objekter av en viss klasse har en peker til sin descriptor

# Mer om: Hva foregår i en JVM



- Dersom interpretering:
  - Går gjennom byte-kode-sekvensen og gjør hver av de tekstlige operandene om til relativadresser, og alle klasse-angivelser (f.eks. i casting) om til pekere til klassens descriptor
  - Legger denne sekvensen av byte-instruksjoner med tall-adresser ut i det formatet den effektive interpretatoren vil ha det.
  - Starter opp interpretatoren
- Dersom oversetting:
  - Gjør mye av det samme som ved interpretering, men oversetter altså til den aktuelle maskinkode i stedet.
  - Kan altså gjøres som en vanlig ”forhåndskompilering”, eller en JIT-kompilering (Just-In-Time) i forbindelse med at programmet skal startes opp.
- Kan også gjøre noe midt i mellom:
  - Interpretere først, men etter hvert oversette de metoder som brukes mest.



# Verifikatoren

- Denne kan gå gjennom klassefiler og sjekke at de er konsistente
  - spesielt sjekke at bytekoden er konsistent (se under)
  - og at den ikke gjør noe den ikke har autorisasjon til
  - Dette er spesielt aktuelt for class-filer som hentes inn over nettet

- Når det gjelder Byte-koden:
  - ”Simulerer” hele tiden hva som vil ligge på stakken under utførelsen
  - Sjekker at det som ligger på toppen av stakken hele tiden stemmer typemessig etc. med den instruksjonen som skal utføres
  - Sjekker at når det gjøres hopp så er stakken helt lik der det hoppes fra og der det hoppes til.
  - Sjekker at de operasjonene som gjøres er lovlige (i henhold til autorisasjon)

# Typisk Byte-kode, ferdig til interpretering:

Java-program:

```
outer:
for (int i = 2; i < 1000; i++) {
   for (int j = 2; j < i; j++) {
        if (i % j == 0)
            continue outer;
   }
   System.out.println (i);
}
```