

# Kontrollstrukturer i MATLAB

## 1 Inledning

Redan vid första laborationen förra läsperioden skrev ni ett `script` som beräknade summan

$$s = \sum_{i=1}^5 i^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2$$

med en programkod som kanske såg ut så här

```
s=0;
for i=1:5
    s=s+i^2;
end
s
```

Nu skall vi lära oss lite mer om kontrollstrukturer som `if`-, `for`- och `while`-satser med vilka vi styr flödet genom programkoden.

## 2 Logiska uttryck och operationer

Vi kommer behöva använda logiska villkor av typen  $x > 5$ . Detta uttryck är sant om ett tal vi betecknar med  $x$  är strängt större än talet 5, annars falskt. Vi skriver detta uttryck i MATLAB som `x>5` helt enkelt. Det logiska värdet sant beskrivs i MATLAB av talet 1 och falskt beskrivs av talet 0.

Relationsoperatorerna `<`, `<=`, `>`, `>=`, `=` och `≠` skrivs i MATLAB med `<`, `<=`, `>`, `>=`, `==` respektive `~=`. Observera dubbla likhetstecken i MATLAB för att beteckna (logisk) likhet, enkelt likhetstecken används ju för tilldelning, dvs. att ge en variabel ett värde.

De logiska operatorerna "och", "eller" samt "negation" skrivs i MATLAB med `&`, `|` respektive `~`.

## 3 Villkorssatser

Det allmänna utseendet på en `if`-sats är någon av följande alternativ

```
if uttryck          if uttryck          if uttryck          if uttryck
  satser            satser              satser              satser
end                else                elseif uttryck     elseif uttryck
                   satser              satser              satser
                   end                else                satser
                                       end
```

där vi kan ha godtyckligt många `elseif` i de två sista alternativen. Med `uttryck` avser vi ett logiskt uttryck av den typen vi nämnde ovan.

**Exempel 1.** Vi har två värden i `a` och `b` och vill att `c` skall ges det största av dessa värden. Detta kan göras med följande kod

```
if a<b
    c=b
else
    c=a
end
```

Om `a<b` är sant, så är värdet i `b` störst och `c` ges värdet i `b`, annars är `a` störst och `c` ges värdet i `a`. MATLAB kommer bara att utföra en av raderna, `c=b` eller `c=a`. Aldrig bägge.

## 4 Repetitionssatser

För att upprepa en grupp av satser flera gånger används `for`-satser eller `while`-satser. Vet vi på förhand hur många gånger upprepningen skall ske, så är normalt en `for`-sats att föredra i annat fall är en `while`-sats lämpligare.

### 4.1 `for`-satser

Det allmänna utseendet på en `for`-sats är

```
for variabel = uttryck
    satser
end
```

Här är `uttryck` en vektor av tal eller ett uttryck som bygger upp en sådan vektor. Successivt kommer `variabel` tilldelas värdena i `uttryck` i tur och ordning och samtidigt kommer alla `satser` ned till `end` att utföras. En gång för varje värde som `variabel` ges.

Allra vanligast är följande enkla variant

```
for variabel = start:steg:slut
    satser
end
```

**Exempel 2.** Följande `for`-sats skriver ut värdena 17, 15, 13, 11, 9, 7, 5 och 3.

```
for i = 17:-2:3
    i
end
```

Vi har redan sett på några summor som vi beräknat med `for`-sats och här kommer några ytterligare exempel.

**Exempel 3.** Vi kan beräkna summan  $s = 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 + 15 + 17$  med en programkod som kan se ut så här:

```

s=0;
for i=3:2:17
    s=s+i;
end
s

```

Vi kan se det som att vi har en låda **s** som vi samlar värden (termer) i. Först ser vi till att lådan från början innehåller 0 med anropet **s=0**.

När **for**-satsen utförs kommer **i** successivt få värdena 3, 5, 7, ..., 17. För varje värde som **i** får kommer **s=s+i** utföras, dvs. vi kommer lägga aktuellt värde på **i** till det vi redan har i lådan **s**.

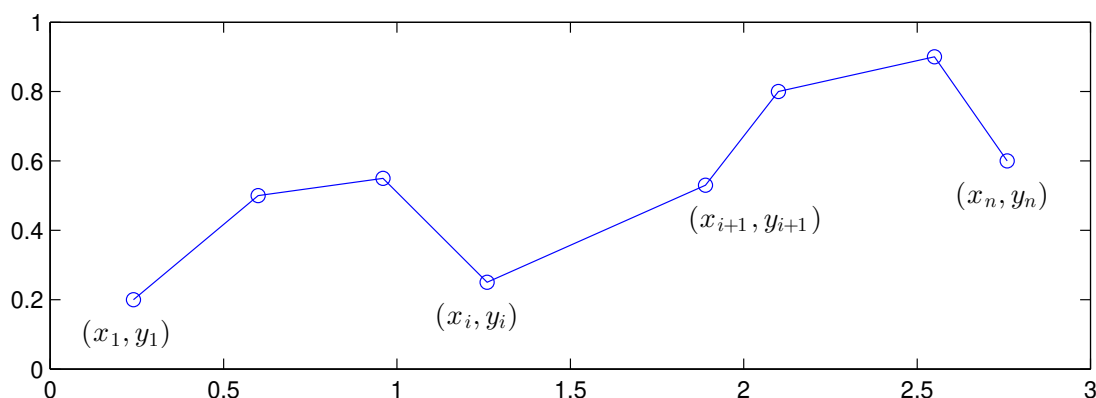
Variabeln **s** får successivt värdena 3 (**s=0 + 3**), 8 (**s=3 + 5**), 15 (**s=8 + 7**), 24, 35, 48, 63, 80 i loopen. Sista värdet, 80, är det som skrivs ut efter loopen.

**Uppgift 1.** Det gäller att

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \dots$$

Använd en **for**-sats och summera de första 1000 termerna. (Termerna i summan kan skrivas  $\frac{(-1)^i}{2i+1}$  för  $i = 0, 1, 2, 3 \dots$ ). Hur många korrekta decimaler i  $\pi$  har du beräknat?

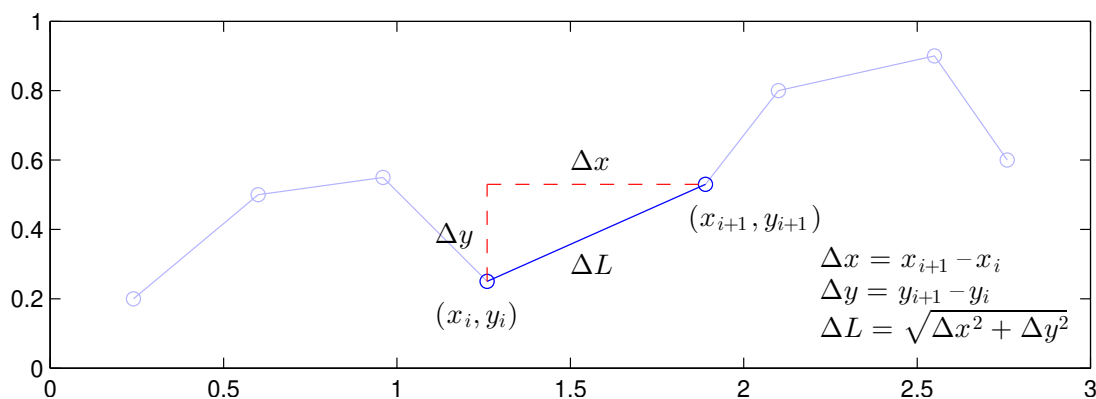
**Exempel 4.** Vi tänker oss att vi har ett polygontåg  $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots, (x_n, y_n)$  som vi ritat en figur av



Vill vi beräkna polygontågets längd kan vi göra det med

$$L = \sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}$$

Denna formel fås genom att använda Pytagoras sats på varje segment i polygontåget.



Antag att koordinaterna samlade i två vektorer  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  och  $\mathbf{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ , då beräknar vi längden enligt

```
>> n=length(x);
>> L=0;
>> for i=1:n-1
    L=L+sqrt((x(i+1)-x(i))^2+(y(i+1)-y(i))^2);
end
>> L
```

**Uppgift 2.** Vi skall skriva en function med namnet `polylen`, för beräkning av längden av ett polygontåg enligt exemplet ovan. (Repetera avsnitt 5 (Egna funktioner) i Laboration 2 (Funktioner och grafitning) från förra läsperioden före du löser den här uppgiften).

(a). Skriv nu funktionen `polylen`, som skall ha strukturen

```
function L = polylen(x,y)
    satser
```

(b). Pröva din funktion på en triangel och en rektangel. Skapa två vektorer  $\mathbf{x}$  och  $\mathbf{y}$  med koordinater för en triangel och beräkna längden av polygontåget (i detta fall omkretsen) med `Omkrets=polylen(x,y)`. Upprepa för en rektangel.

(c). I förra veckans laboration (Tillämpningar av integraler) beräknade du i uppgift 1 längden av grafen av  $f(x) = x \sin(x)$  över intervallet  $0 \leq x \leq 4\pi$ . Approximera längden av grafen med `polylen`. Jämför med värdet du fick när du löste uppgiften förra veckan.

## 4.2 while-satser

En `while`-sats tillåter en grupp av satser att bli repeterade und er kontroll av ett logiskt villkor enligt

```
while uttryck
    satser
end
```

Uttrycket i `while`-satsen är ett logiskt uttryck. Satserna repeteras så länge det logiska uttrycket är sant.

**Exempel 5.** Följande `while`-sats beräknar summan  $s = 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 + 17$ .

```
s=0; i=0;
while i <= 17
    s=s+i;
    i=i+2;
end
s
```

Satserna mellan `while` och `end` upprepas sju gånger, ända tills  $i$  blivit större än 17. I loopen körs först raden `s=s+i` följt av raden `i=i+1`, sedan kontrolleras villkoret `i <= 17`. Om villkoret är sant körs raderna i loopen en gång till sedan kontrolleras villkoret igen. Eftersom  $i$  ökar med 2 för varje varv i loopen blir villkoret `i <= 17` så småning om falskt och loopen bryts.

**Uppgift 3.** Det gäller som bekant att (se Uppgift 1)

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \dots$$

Använd en `while`-sats och beräkna hur många termer man behöver ta med i summan för att approximera  $\pi$  med fem korrekta decimaler.

Bilda successivt delsummor

$$s_n = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \dots + \frac{(-1)^n}{2n+1}$$

för allt större heltal  $n$  och avbryt t.ex. när  $4s_n$  är tillräckligt nära  $\pi$ , dvs. när  $|4s_n - \pi| < 0.5 \cdot 10^{-5}$ .

**Exempel 6.** Man kan beräkna  $\sqrt{c}$  med upprepade additioner och divisioner med iterationsformeln

$$x_{k+1} = \frac{1}{2} \left( x_k + \frac{c}{x_k} \right), \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

där  $x_0 = c$ . Iterationen avbryts då  $d = |x_{k+1} - x_k| < \text{tol}$ , där `tol` är måttet på den noggrannhet vi vill ha i approximationen.

Vi beräknar en approximation av t.ex.  $\sqrt{2}$ . Först ser vi på några steg i iterationen

$x_0 = c$	$x_0 = 2$
$x_1 = \frac{1}{2}(x_0 + \frac{c}{x_0})$	$x_1 = \frac{1}{2}(2 + \frac{2}{2}) = 1.5$
$x_2 = \frac{1}{2}(x_1 + \frac{c}{x_1})$	$x_2 = \frac{1}{2}(1.5 + \frac{2}{1.5}) = 1.4166\dots$
$x_3 = \frac{1}{2}(x_2 + \frac{c}{x_2})$	$x_3 = \frac{1}{2}(1.4166\dots + \frac{2}{1.4166\dots}) = 1.4142\dots$
$\vdots$	$\vdots$

I MATLAB använder vi en `while`-sats. Vi avbryter iterationen när  $|x_{k+1} - x_k| < 10^{-16}$ . ( $10^{-16}$  skrivs `1e-16` i MATLAB).

```
>> c=2;
>> tol=1e-16;
>> x=c;
>> d=1;
>> while d>tol           % så länge d>1e-16 görs följande
    xny=0.5*(x+c/x);
    d=abs(xny-x);
    x=xny;
>> end                   % slutet på while-satsen
>> x
x =
    1.4142
```

I koden ovan har vi använt variablerna `x` och `xny` för  $x_k$  och  $x_{k+1}$ . Före loopen initieras `x` till 2 (`x=c`). I loopen beräknas först  $x_{k+1} = \frac{1}{2}(x_k + \frac{2}{x_k})$  med raden `xny=0.5*(x+c/x)`, sedan skillnaden  $|x_{k+1} - x_k|$  med anropet `d=abs(xny-x)`. På sista raden i loopen uppdateras `x` för att förbereda för nästa varv med anropet `x=xny`.

Vi kan gör en skriptfil av koden ovan, alternativt kan vi göra det som en function, (`min_sqrt.m`)

```
function x=min_sqrt(c)
    tol=1e-16;
    x=c; d=1;
    while d>tol
        xny=0.5*(x+c/x);
        d=abs(xny-x);
        x=xny;
    end
```

Vi använder den så här (för att beräkna  $\sqrt{5}$ )

```
>> x=min_sqrt(5)
x =
    2.2361
```

## 5 Utskriftsformat

Utskriften av beräkningsresultatet i MATLAB görs som standard med fem siffror. Vill vi få fler siffror utskrivna kan vi ge kommandot `format long` innan utskriften. Med `format short` får vi tillbaka den korta varianten.

```
>> format short
>> pi
ans =
    3.1416
```

```
>> format long
>> pi
ans =
    3.141592653589793
```

Med `format short e` respektive `format long e` får vi s.k. scientific notation.

```
>> format short
>> exp(-5)
ans =
    0.0067
```

```
>> format short e
>> exp(-5)
ans =
    6.7379e-03
```

```
>> format long e
>> exp(-5)
ans =
    6.737946999085467e-03
```

Läs gärna lite i hjälptexterna om `format`.

## 6 In- och utmatning

Avslutningsvis ser vi lite på in- och utmatning. Ibland kan man t.ex. vilja ha inmatning till ett script medan det utförs (körs) eller att beräkningsresultat skall skrivas ut med ett visst format, t.ex. ett visst antal decimaler.

Med `input` kan vi mata in ett värde enligt

```
>> antal=input('Ange antal kast: ');  
Ange antal kast: 5
```

När MATLAB kommer till `input`-kommandot så skrivs texten 'Ange antal kast:' ut och programmet väntar på raden tills vi skriver ett svar, ivårt fall 5, variabeln `antal` ges detta värde och programmet fortsätter sedan med nästa kommando. Semikolonet (;) efter `input` gör att vi inte får någon utskrift då `antal` får sitt värde, 5:an vi ser är den vi skrev. (Variabeln får givetvis ha vilket namn som helst, vi valde namnet `antal` i exemplet.)

Vill vi mata in en textsträng med `input` lägger vi till ett 's' och vill vi få en ny rad för vårt svar får vi det med `\n` enligt

```
>> svar=input('Hej, hur mår du?\n','s');  
Hej, hur mår du?  
Bra
```

Om vi inte använder semikolon (;) efter t.ex. en tilldelning så skrivs variabelnamnet ut tillsammans med det värde variabeln fått. Vill vi bara skriva ut värdet av variabeln kan vi använda `disp`. Vi testar på variabeln `svar`

```
>> disp(svar)  
Bra
```

Med `sprintf` och `fprintf` kan vi skriva formaterad text. Vill vi ha utskriften till en textsträng använder vi `sprintf` och vill vi ha den till en textfil använder vi `fprintf`. Som exempel skriver vi ut  $\pi$  med 7 decimaler i Command Window enligt

```
>> disp(sprintf('Pi =%10.7f',pi))  
Pi = 3.1415927
```

Formatkoderna ser ut som i programspråken C och Java, men det är inget vi behöver lära oss nu. Vid behov söker man i hjälptexterna.

Om man vill läsa in koordinater med musen kan man använda `ginput`. Vi kan placera ut text i ett koordinatsystem med kommandona `text` och `gtext`. Med `text` får vi ge koordinater för var texten skall placeras och med `gtext` använder du musen för att peka på önskad plats. Vi ser på detta med hjälp av ett exempel.

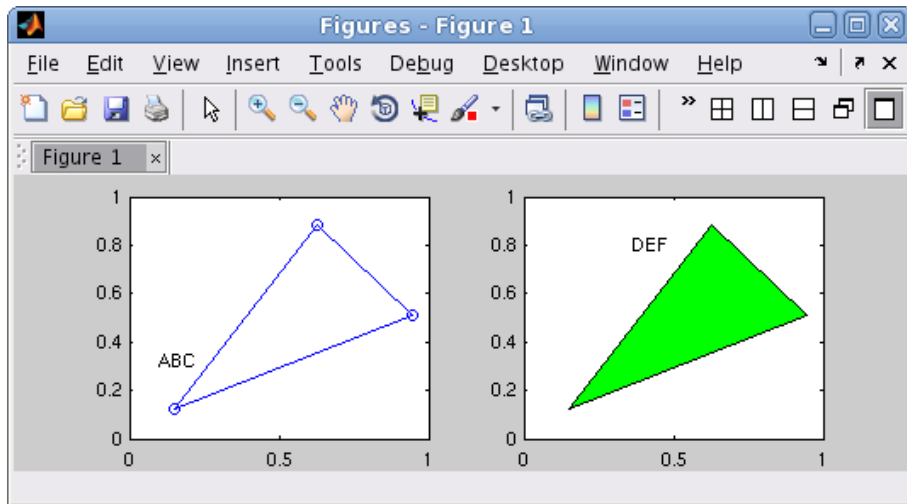
**Exempel 7.** I en tidigare laboration ([Laboration 2 i första läsperioden, Funktioner och grafritning i MATLAB avsnitt 6, Kurvritning](#)) ritade vi en triangel genom att ge koordinaterna med siffervärden:

```
>> x=[0.1 0.8 0.9 0.1];  
>> y=[0.2 0.1 0.7 0.2];  
>> subplot(1,2,1)  
>> plot(x,y,'-o'), axis([0 1 0 0.8]);  
>> subplot(1,2,2)  
>> fill(x,y,'g'), axis([0 1 0 0.8])
```

Ibland är det smidigare att använda `ginput`, vi pekar på punkter i koordinatsystemet och trycker på en musknapp.

```
>> clf
>> subplot(1,2,1)
>> [x,y]=ginput(3);           % Triangelns 3 hörn, x och y blir kolonner
>> x=[x; x(1)];              % Vi sluter polygontåget, så alla sidor ritas
>> y=[y; y(1)];
>> plot(x,y,'-o')
>> axis([0 1 0 1])
>> text(0.1,0.3,'ABC')      % Koordinatplacerad text på grafen

>> subplot(1,2,2)
>> fill(x,y,'g')
>> axis([0 1 0 1])
>> gtext('DEF')             % Med markören placerad text på grafen
```



Att vi sluter polygontåget innan vi ritar upp beror på att vi vill att triangelns alla sidor skall ritas, men vi vill inte behöva försöka markera det första hörnet en gång till.

Med `[x; x(1)]` bildar vi en vektor med alla ursprungliga  $x$ -koordinater ( $x$ ) först och till dessa lägger vi första  $x$ -koordinaten ( $x(1)$ ) en gång till (vi sluter). Hakparanterna (`[ ]`) används för att bygga upp den nya (större) vektorn. Sedan får `x` detta värde. På motsvarande sätt gör vi sedan i  $y$ -led.

**Uppgift 4.** Mata in punkter med `ginput` så att du får ett polygontåg som du sedan sluter. Du skall inte bestämma antal punkter i förväg, men det skall vara fler punkter än i en triangel. Färglägg sedan området som innesluts med någon färg. Gå till **Help** och läs i hjälptexten för `ginput` så du kan ta reda på hur man läsa in koordinater för flera punkter, utan att i förväg behöva bestämma hur många.

**Exempel 6.** (*Frivilligt.*) Vi vill rita ett polygontåg genom att markera punkter med `ginput` och succesivt rita upp linjer som förbinder på varandra följande punkter. Vi håller på att markera nya punkter och rita linjer så länge vi trycker på vänster musknapp, annars avbryter vi. Sedan fyller vi området med grön färg. Vi gör lämpligen en skriptfil.



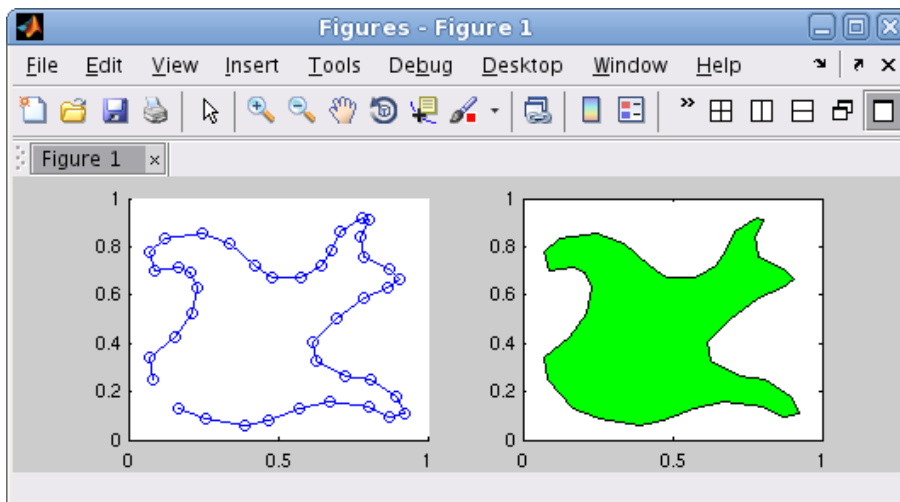
```

clf
subplot(1,2,1)
axis([0 1 0 1]), hold on      % Skapar ritområde
[x,y]=ginput(1);              % Första punkten läses in ...
plot(x,y,'o')                  % ... och ritas ut
while 1                         % För evigt, 1 står ju för sant
    [xi,yi,knapp]=ginput(1);   % Ny punkt, knapp är den musknapp som trycktes på
    if knapp~=1                % Om knapp inte vänster musknapp ...
        break                  % ... så avbryts whilesatsen
    end
    x=[x; xi]; y=[y; yi];      % Nya punktens koordinater till tidigare
    plot(x(end-1:end),y(end-1:end),'o-')
end                             % Rita från näst sista punkten till den sista
hold off
x=[x; x(1)]; y=[y; y(1)];      % Vi sluter polygontåget, så alla sidor ritas

subplot(1,2,2)
fill(x,y,'g')
axis([0 1 0 1])

```

Här ser vi resultatet



Läs i hjälptexten för `ginput` så att du förstår hur `[xi,yi,knapp]=ginput(1)` fungerar.

Lägg märke till att vi sparar alla koordinater så att vi kan göra annat med polygontåget, t.ex. beräkna dess längd.

**Uppgift 5.** (*Frivilligt.*) Skriv ett program som roterar ett polygontåg runt  $x$ -axeln. Läs in punkterna i polygontåget med `ginput` och använd funktionen `rotationsyta` som finns på kurshemsidan för att rita upp rotationsytan.

