

Maskinorienterad Programmering 2012/2013

Assemblerprogrammering för MC68HCS12

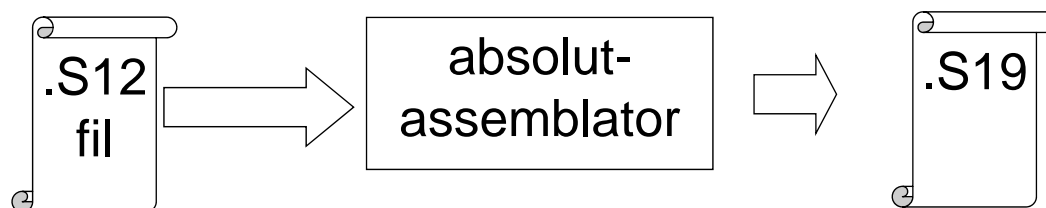
Ur innehållet:

- Assemblatorn, assemblerspråk
- Ordlängder och datatyper
- Tilldelningar, binära operationer
- Registerspill, permanenta och tillfälliga variabler
- Programkonstruktioner i assemblerspråk
- Subrutiners parametrar och returvärden
- Kodningsexempel och exekveringstidsanalys

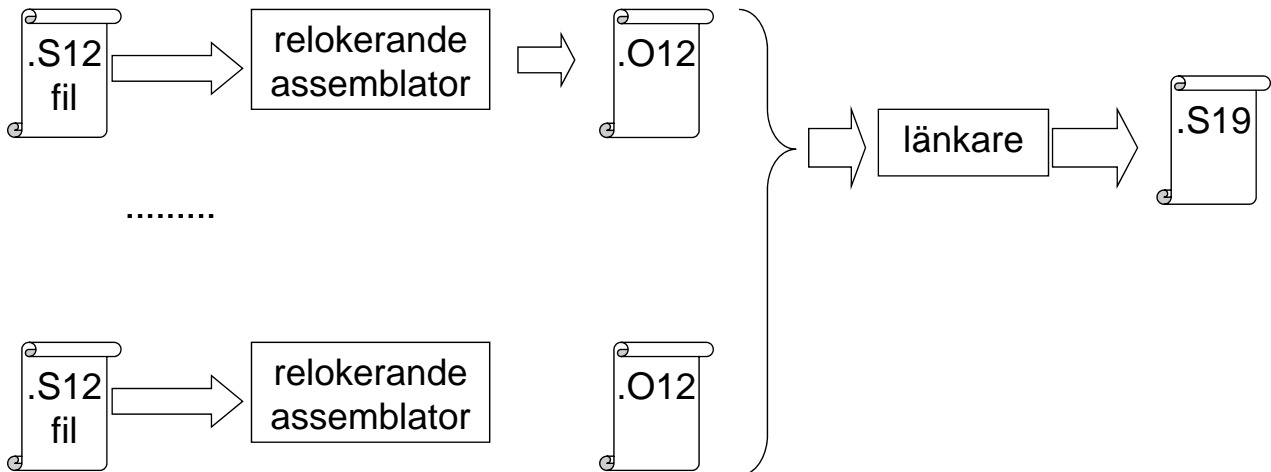
Absolut assemblering

All källtext assembleras samtidigt och alla referenser löses upp omedelbart.

Resultatet är en "bild" av program/minne färdig att överföras till måldatorn.

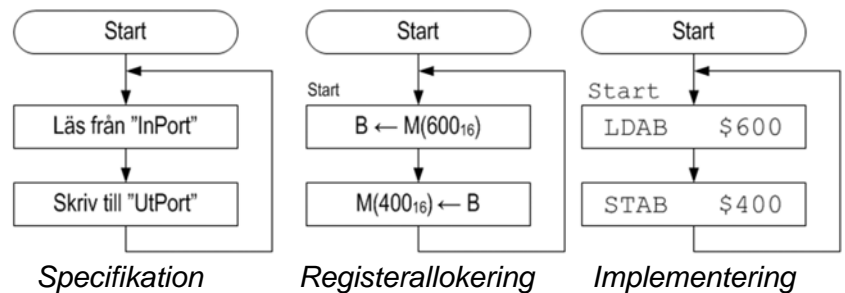


Relokerande assemblerator



Källtexter assembleras till ett "objektformat" med symbolisk representation av adresser.
Vid "länkningen" ersätts den symboliska informationen med absoluta adresser

Assembler-programmets struktur; exempel



```

; Programmet läser från en inport och kopierar till en utport
InPort    EQU    $600
OutPort   EQU    $400
          ORG    $1000

Start:
          LDAB   InPort    ; Läs från inporten...
          STAB   OutPort   ; Skriv till utporten
          BRA    Start     ; Börja om...
    
```

Symbolfält, blankt eller kommentar	Instruktion (mnemonic) eller assembler-direktiv	Operand(er) till instruktion eller argument till direktiv	Eventuell kommentarstext
--	---	---	--------------------------

Fälten separeras med blanktecken, dvs "tabulatur" eller "mellanslag".

Assemblerspråkets element

ALLA textsträngar är "context"-beroende

"**Mnemonic**", ett ord som om det förekommer i instruktionsfältet tolkas som en assemblerinstruktion ur processorns instruktionsuppsättning. Mot varje sådan mnemonic svarar som regel EN maskininstruktion.

"**Assemblerdirektiv**" ("Pseudoinstruktion"), ett direktiv till assemblern.

Symboler, textsträng som börjar med bokstav eller _. Ska bara förekomma i symbol- eller operand- fälten

Direktiv och mnemonics är inte "reserverade" ord i vanlig bemärkelse utan kan till exempel också användas som symbolnamn

Ett (dåligt) exempel...

```
          ORG      $1000
BRA      LDAA     ADDA
          ADDB     LDAA
          BRA      BRA
RMB      EQU      1
EQU      EQU      2
ADDA     EQU      EQU
LDAA     RMB      RMB
```

Syntaktiskt korrekt men
extremt svårläst på grund
utav illa valda
symbolnamn...

Ett bra exempel...

```

                ORG    $1000
main:          JSR    init
main_loop:    JSR    read
                JSR    ...
                ---
                BRA    main_loop

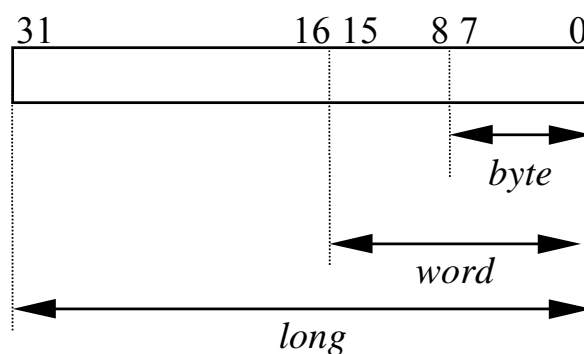
init:         ---
init_0:       RTS

read:         ---
read_loop:
read_exit:    RTS
    
```

Symbolnamnen väljs så att sammanblandning undviks. Undvik också generella symbolnamn som exempelvis LOOP

CPU12, ordlängder och datatyper

7	A	0-7	B	0	8-bitars ackumulatorer A och B eller
15	D	0			
15	X	0			Index register X
15	Y	0			Index register Y
15	SP	0			Stackpekare SP
15	PC	0			Programräknare PC
S X H I N Z V C					Statusregister CCR

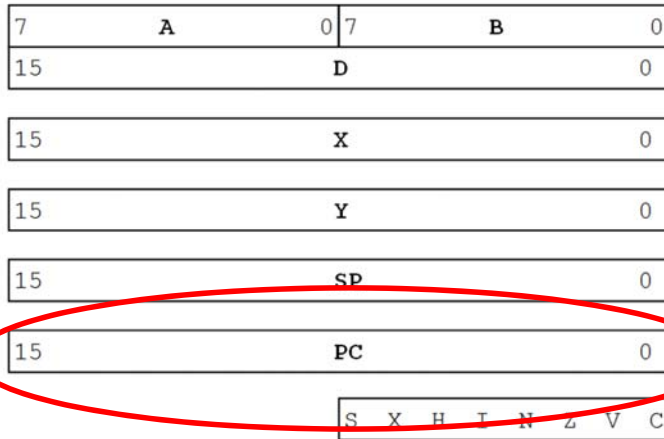


```

char    c;    /* 8-bitars datatyp, storlek byte */
short   s;    /* 16-bitars datatyp, storlek word */
long    l;    /* 32-bitars datatyp, storlek long */
int     i;    /* 16-bitars datatyp, storlek word */
    
```

Lämpliga arbetsregister för **short** och **int** är D och för **char** B
32 bitars datatyper ryms ej i något enstaka CPU12-register.

```
char *cptr;      /* pekar på 8-bitars datatyp */
short *sptr;    /* pekar på 16-bitars datatyp */
int *iptr;      /* pekar på 32-bitars datatyp */
```



8-bitars ackumulatörer A och B

eller

ALLA pekartyper är 16 bitar
Lämpliga arbetsregister är x eller y

Index register X

Index register Y

Stackpekare SP

Programräknare PC

Statusregister CCR

Tilldelningar

Assemblerspråk:

kan kodas på flera olika sätt, exempelvis:

Pseudo språk:

```
char variable;
variable = 1;
.....
```

```
short variable
variable = 1;
```

```
variable      RMB      1
1) MOVB      #1,variable
```

```
2) LDAB      #1
   STAB      variable
```

```
3) LDAA      #1
   STAA      variable
```

.....

```
variable      RMB      2
1) MOVW      #1,variable
```

```
2) LDD      #1
   STD      variable
```

Addition av 8-bitars tal

Pseudo språk:

```
char  ca,cb,cc;
    ...
ca = cb + cc;
```

Assemblerspråk:

```
ca    RMB    1
cb    RMB    1
cc    RMB    1
    ...
LDAB  cb     ; operand 1
ADDB  cc     ; adderas
STAB  ca     ; skriv i minnet
```

Addition av 16-bitars tal

Pseudo språk:

```
short sa,sb,sc;
    ...
sa = sb + sc;
```

Assemblerspråk:

```
sa    RMB    2
sb    RMB    2
sc    RMB    2
    ...
LDD   sb     ; operand 1
ADDD  sc     ; adderas
STD   sa     ; skriv i minnet
```

Addition av 32-bitars tal

Assemblerspråk:

```

la    RMB    4
lb    RMB    4
lc    RMB    4
...
LDD   lb+2   ; minst signifikanta "word" av b
ADDD  lc+2   ; adderas till minst signifikanta "word" av c
STD   la+2   ; tilldela, minst signifikanta "word"
LDD   lb     ; mest signifikanta "word" av b
ADCB  lc+1   ; adderas till låg byte av mest signifikanta
        ; "word" av c
ADCA  lc     ; adderas till hög byte av mest signifikanta
        ; "word" av c
STD   la     ; tilldela, mest signifikanta "word"
    
```

Pseudo språk:

```

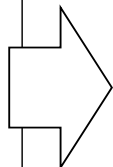
long la, lb, lc;
...
la = lb + lc;
    
```

Kodförbättringar, framför allt för *byte*-operationer

Pseudo språk:

```

char ca, cb;
...
ca = ca + 1;
    
```



Assemblerspråk:

```

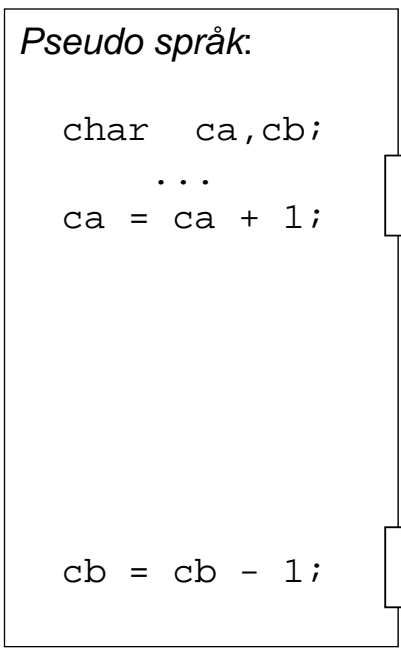
ca    RMB    1
cb    RMB    1
...
LDAB  ca
ADDB  #1
STAB  ca

eller

INC   ca

...

DEC   cb
    
```



Registerspill

Delresultat kan sparas på stacken vid evaluering av uttryck där processorns register inte räcker till...

EXEMPEL

```
unsigned short int _a, _b, _c, _d;
```

Evaluera: $(_a * _b) + (_c * _d)$;

Lösning: För 16 bitars multiplikation använder vi EMUL-instruktionen.

Denna förutsätter att operanderna finns i D respektive Y-registren.

```
LDD    _a
LDY    _b
EMUL           ; första parentesen evaluerad
PSHD           ; placera delresultat på stacken
LDD    _c
LDY    _d
EMUL           ; andra parentesen evaluerad
ADDD   0,SP    ; addera med första delresultatet
LEAS   2,SP    ; återställ stackpekaren
```

Efter instruktionssekvensen finns hela uttryckets värde i register D, stackpekaren har återställts till det värde den hade före instruktionssekvensen.

Permanenta och tillfälliga variabler

Pseudo språk:

```
char gc;

Sub_0
{
    char lc;

    lc = 5;
}
```

Assemblerspråk:

```
_gc:   RMB    1

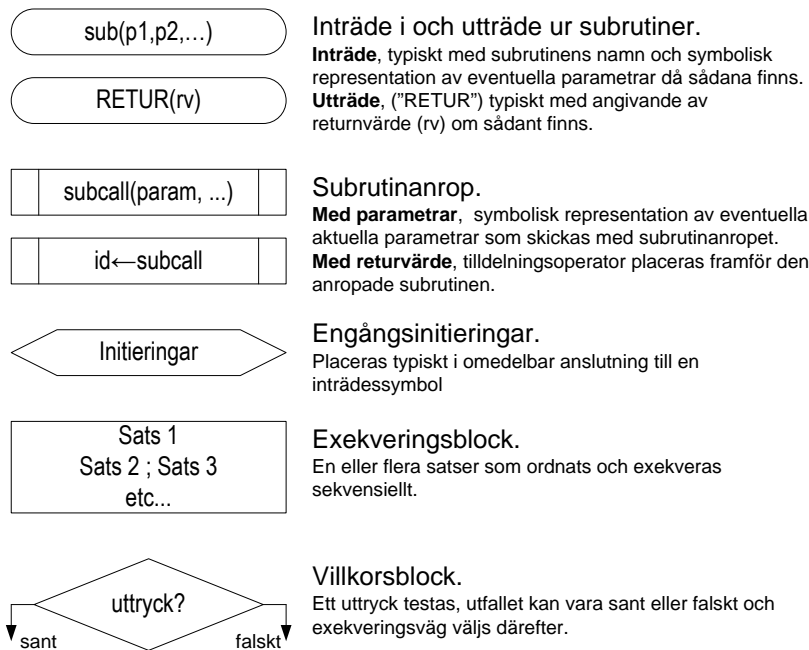
Sub_0:
        LEAS  -1,SP
        LDAB  #5
        STAB  0,SP

        LEAS  1,SP
        RTS
```

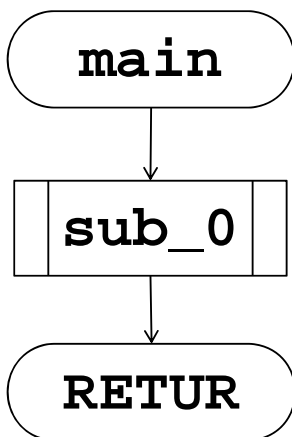
I subrutinen refereras variabeln lc som 0,SP.

Som en direkt följd är variabeln `gc` "synlig" hela tiden, i hela programmet medan variabeln `lc` endast är synlig (existerar) i subrutinen "Sub_0".

Flödesdiagram för programstrukturer



Programmering i assemblerspråk, programstrukturer



```

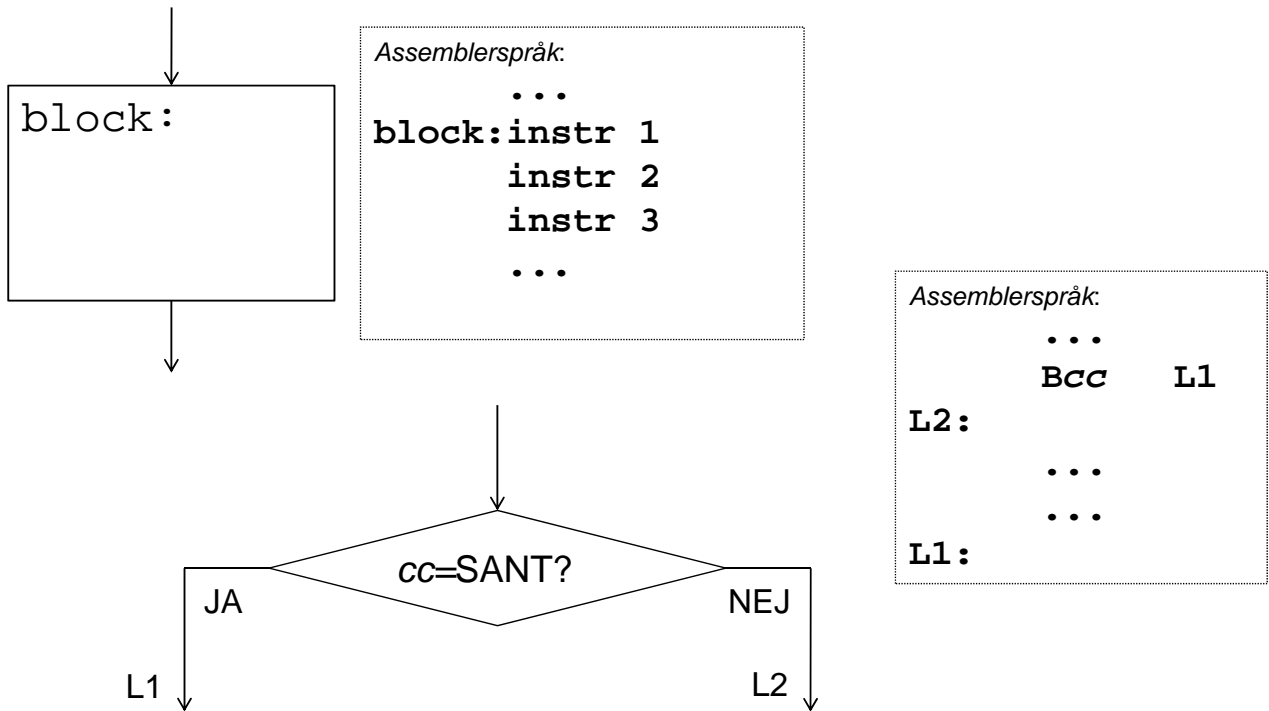
Pseudospråk:
main
{
    sub_0();
}
    
```

```

Assemblerspråk:
main:
    JSR    sub_0

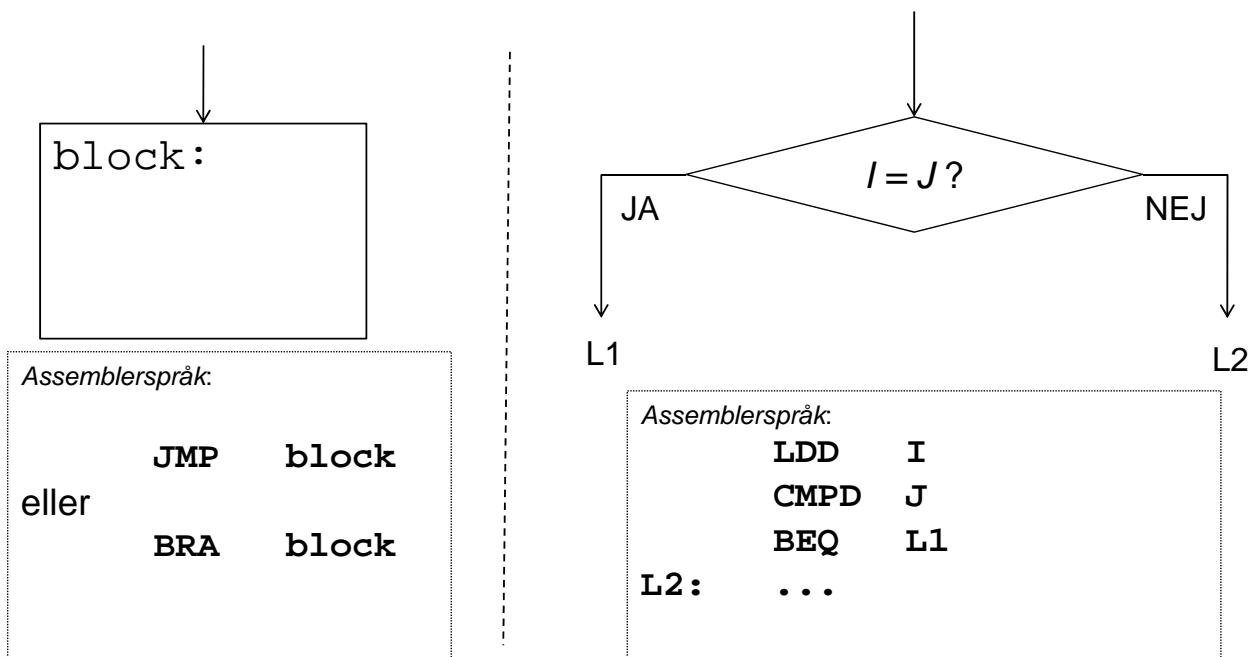
    RTS
    
```

Sekvensiellt/villkorligt programflöde



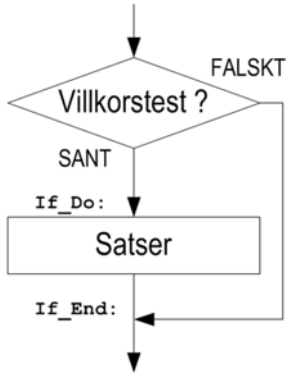
Programflödeskontroll

Ovillkorlig och villkorlig programflödesändring

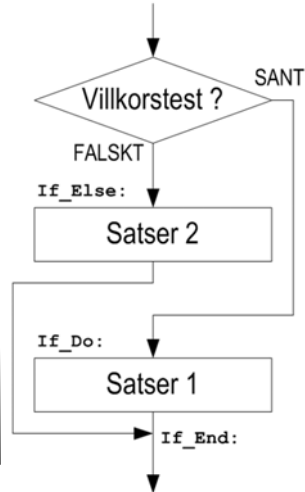


Kontrollstrukturer

```
if( villkor )
{
  Satser
}
```



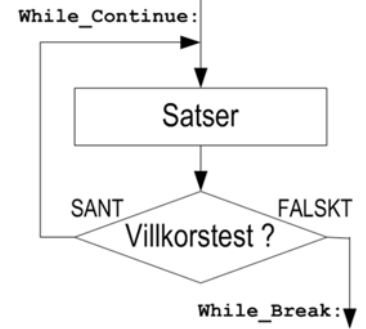
```
if( villkor ){
  Satser1
}else{
  Satser2
}
```



```
while( villkor )
{
  Satser
}
```



```
do{
  Satser
}while( villkor );
```



If (...) {...}



```
if (DipSwitch != 0)
  HexDisp = Dipswitch;
```

”Rättfram” kodning:

```
DipSwitch EQU $600
HexDisp EQU $400
...
TST DipSwitch
BNE If_Do
BRA If_End

If_Do: LDAB DipSwitch
      STAB HexDisp
If_End:
```

BNE	”Hopp” om ICKE zero	Z=0
BEQ	”Hopp” om zero	Z=1

If (...) {...}



```
if (DipSwitch != 0)
    HexDisp = Dipswitch;
```

Användning av komplementärt villkor leder till bättre kodning:

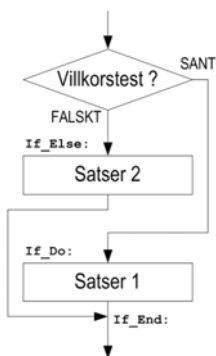
```
DipSwitch    EQU    $600
HexDisp      EQU    $400

...
TST    DipSwitch
BEQ  If_End
```

```
If_Do:      LDAB    DipSwitch
            STAB    HexDisp
If_End:
```

BNE	“Hopp” om ICKE zero	Z=0
BEQ	“Hopp” om zero	Z=1

If (...) {...} else { ...}



```
if (DipSwitch >= 5)
    HexDisp = 1;
else
    HexDisp = 0;
```

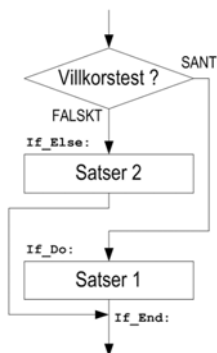
```
DipSwitch    EQU    $600
HexDisp      EQU    $400

...
LDAB    DipSwitch
...
CMPB    #5
BHS  If_Do
If_Else: LDAB    #0
        STAB    HexDisp
        BRA    If_End

If_Do:   LDAB    #1
        STAB    HexDisp
If_End:  ...
```

Jämförelser av tal utan tecken		
BHS	Villkor: R ≥ M	C=0
BLO	Villkor: R < M	C=1

If (...) {...} else { ...}



```

if (DipSwitch >= 5)
    HexDisp = 1;
else
    HexDisp = 0;
    
```

```

DipSwitch    EQU    $600
HexDisp      EQU    $400

...
LDAB    DipSwitch
...
CMPB    #5
BLO   If_Else

If_Do:
LDAB    #1
STAB    HexDisp
BRA     If_End

If_Else:
LDAB    #0
STAB    HexDisp

If_End:
...
    
```

Jämförelser av tal utan tecken

BHS	Villkor: $R \geq M$	C=0
BLO	Villkor: $R < M$	C=1

while (...) {...}

Vid kodning av "while"-iteration används det komplementära villkoret



```

while (DipSwitch != 0)
    HexDisp = 1;
HexDisp = 0;
    
```

```

DipSwitch    EQU    $600
HexDisp      EQU    $400

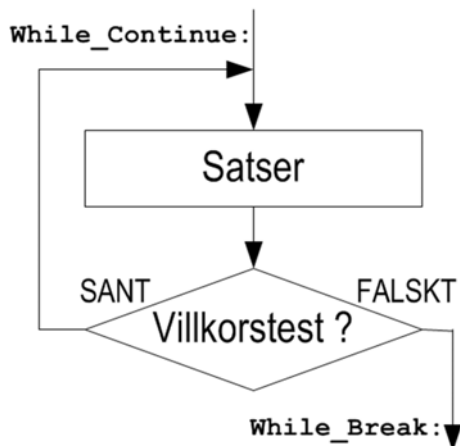
...

While_Continue:
    LDAB    DipSwitch
    CMPB    #0
    BEQ   While_Break
    LDAB    #1
    STAB    HexDisp
    BRA     While_Continue

While_Break:
    LDAB    #0
    STAB    HexDisp
    
```

do {...} while (...)

Vid kodning av "do-while"-iteration används uttryckets villkor



```

DipSwitch    EQU    $600
HexDisp      EQU    $400
...
While_Continue:
                CLR    HexDisp
...
                LDAB  DipSwitch
                CMPB  #0
                BNE   While_Continue
While_Break:
...
    
```

```

do
{
    HexDisp = 0;
}while (DipSwitch != 0);
    
```

Sammanfattning, villkorlig programflödeskontroll

C-operator	Betydelse	Datotyp	Instruktion
==	Lika med	signed/unsigned	BEQ
!=	Skild från	signed/unsigned	BNE
<	Mindre än	signed	BLT
		unsigned	BCS
<=	Mindre än eller lika	signed	BLE
		unsigned	BLS
>	Större än	signed	BGT
		unsigned	BHI
>=	Större än eller lika	signed	BGE
		unsigned	BCC

Parameteröverföring till, och returvärden från subrutiner

Parametrar

- "In Line"
 - mycket ovanligt
- Via register
 - enkla datatyper, snabbt, effektivt och enkelt
- Via stacken
 - generellt

Returvärden

- Via register
 - för enkla datatyper som ryms i processorns register
- Via stacken
 - sammansatta datatyper (poster och fält)

Parameteröverföring "In Line"

EXEMPEL:

"In line" parameteröverföring, värdet 10 ska överföras till en subrutin:

```
BSR    dummyfunc
FCB    10 ← "in line parameter"
...
```

```
dummyfunc :
    LDAB    [0,SP]    ; parameter->B
    LDX     0,SP      ; återhoppadress->X
    INX     ; modifiera ..
    STX     0,SP      ; .. tillbaka till stack
    . . .
    . . .
    . . .
    RTS
```

Parameteröverföring via register

Antag att vi alltid använder register D, X (i denna ordning) för parametrar som skickas till subrutinen "Sub_0".

Då kan funktionsanropet

```
Sub_0(la,lb);
```

översätts till:

```
LDD la
```

```
LDX lb
```

```
BSR Sub_0
```

Då vi kodar subrutinen "Sub_0" vet vi (på grund av våra regler) att den första parametern finns i D, och den andra i X.

Metoden är enkel och ger bra prestanda men är begränsad i antal parametrar som kan överföras.

Tänkbar komplikation:

"Registerspill" i den anropade subrutinen?

Skapa "lokala variabler" – använd stacken för temporär lagring

```
; Sub_0(la,lb);
```

```
Sub_0:
```

```
; parametrar finns i register,  
; spara dessa på stacken (behöver registren)
```

```
STD 2,-SP ;(Push D)
```

```
STX 2,-SP ;(Push X)
```

```
---- här används registren
```

```
---- för andra syften
```

```
; återställ parametrar från stacken
```

```
LDD 2,SP
```

```
LDX 0,SP
```

```
---
```

```
---
```

```
LEAS 4,SP ; återställ stackpekare
```

```
RTS
```

Låt oss anta att SP har värdet 3000 vid inträdet i subrutinen

Adress	Innehåll	SP före	SP efter
3000		◀	
2FFF	D.lsb		
2FFE	D.msb		
2FFD	X.lsb		
2FFC	X.msb		◀
2FFB			

Parameteröverföring via stacken

Antag att listan av parametrar som skickas till en subrutin behandlas från höger till vänster. Då kan funktionsanropet:

```
Sub_0(1a, 1b);
```

översätts till:

```
LDD    1b
PSHD   ; (STD 2, -SP)
LDD    1a
PSHD
BSR    Sub_0
LEAS   4, SP
```

Stackens utseende		
Innehåll	Kommentar	Adressering via SP i subrutinen
1b.lsb	Parameter 1b	4, SP
1b.msb		
1a.lsb	Parameter 1a	2, SP
1a.msb		
PC.lsb	Återhopsadress, placeras här vid BSR	0, SP
PC.msb		

```
Sub_0:
    . .
    LDD    2, SP
; parameter 1a till register D
    . .
    LDD    4, SP
; parameter 1b till register D
    . .
    LDD    6, SP
; parameter 1c till register D
```

Returvärden via register

Register väljs, beroende på returvärdets typ (storlek).

En regel (konvention) bestäms och följs därefter vid kodning av alla subrutiner

EXEMPEL:

Storlek	Benämning	C-typ	Register
8 bitar	byte	char	B
16 bitar	word	short int	D
32 bitar	long	long int	Y/D

Returvärden via stack

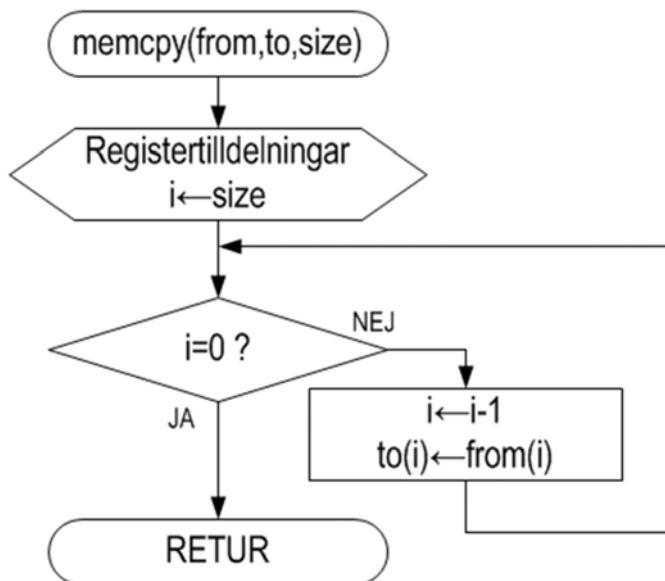
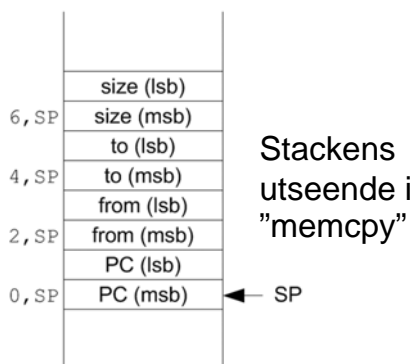
Krävs typiskt då en subrutin ska returnera en komplett post, eller ett helt fält. Detta är avsevärt mer komplicerat och det finns flera olika metoder.

Exempelvis kan den anropande subrutinen reservera utrymme på stacken och skicka en pekare till detta utrymme som en *icke synlig* parameter. gcc och xcc gör på detta vis men man måste alltid konsultera dokumentationen för den använda kompilatorn.

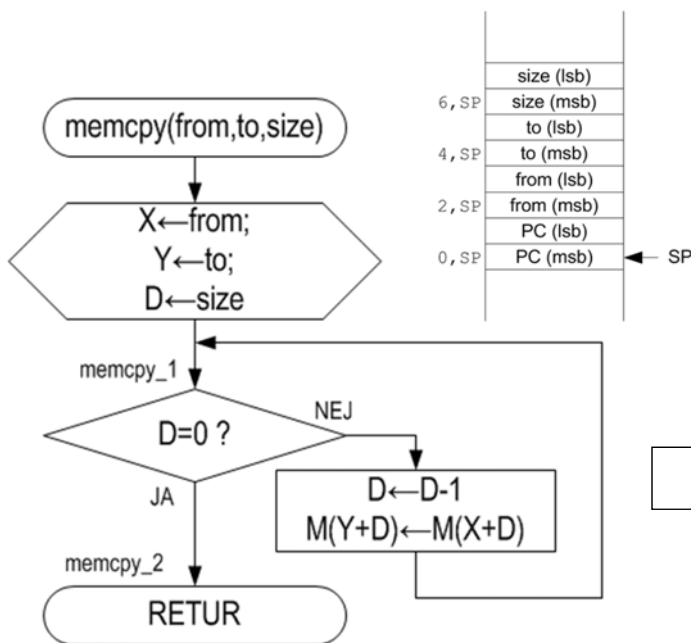
Kodningsexempel: subrutinen "memcpy(from , to, size)"

Exempel på anrop (formellt):

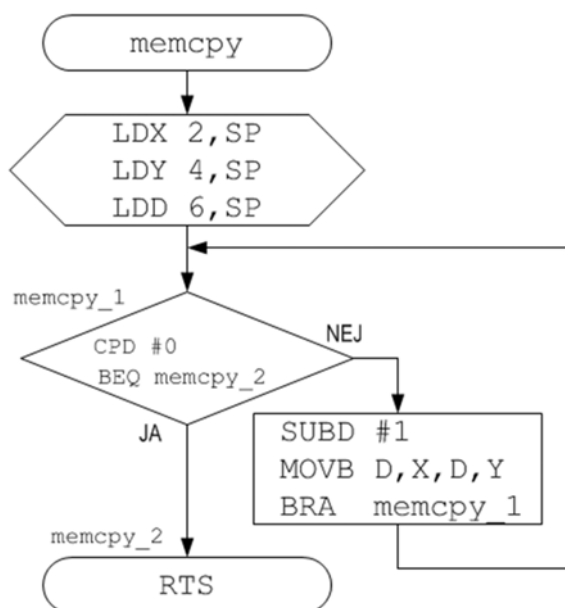
```
PUSH size
PUSH to
PUSH from
JSR memcpy
LEAS 6, SP
```



forts."memcpy(from , to, size)"

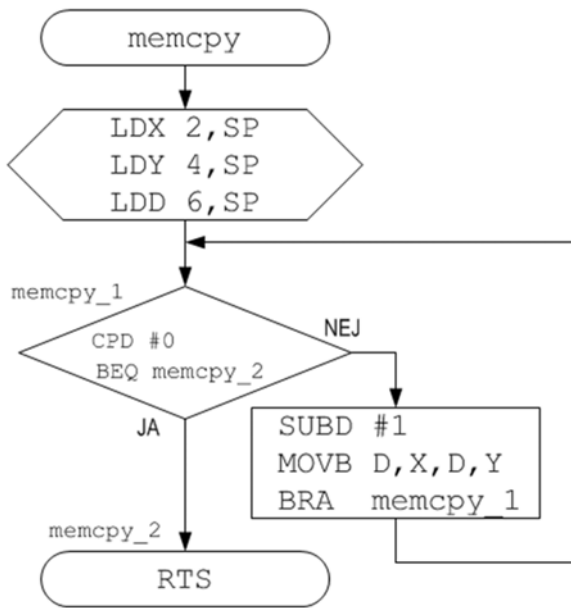


Efter registerallokering...



Efter implementering...

forts.”memcpy(from , to, size)”



```

memcpy.s12
;
;      memcpy.s12
;
memcpy: LDX    2, SP
        LDY    4, SP
        LDD    6, SP

memcpy_1: CPD    #0
          BEQ   memcpy_2

          MOVB  D, X, D, Y
          BRA  memcpy_1

memcpy_2: RTS
    
```

Efter linearisering...

Kodningsexempel, fördröjning:
subrutinen "Delay(count)"

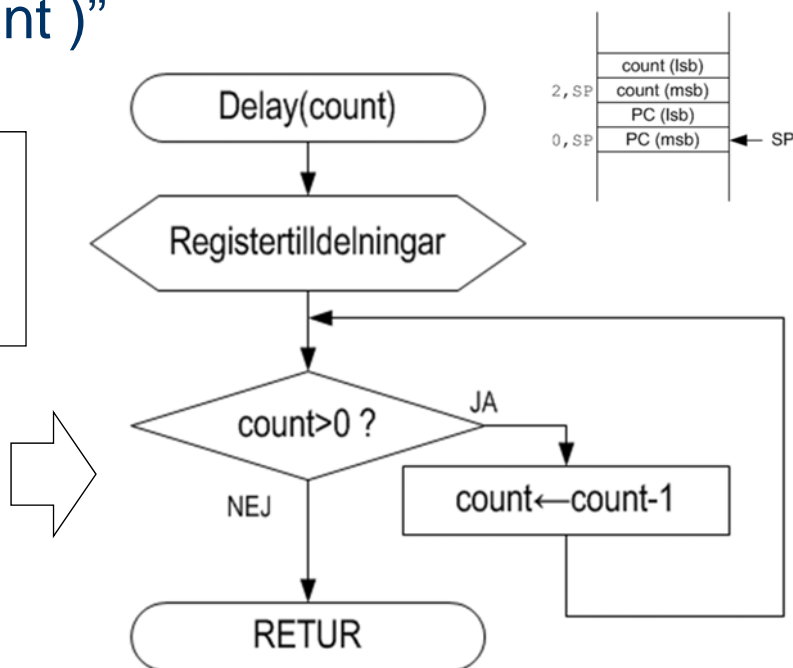
```

Delay( unsigned int count )
{
    while (count > 0)
        count = count - 1;
}
    
```

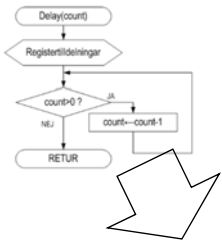
Exempel på anrop :

```

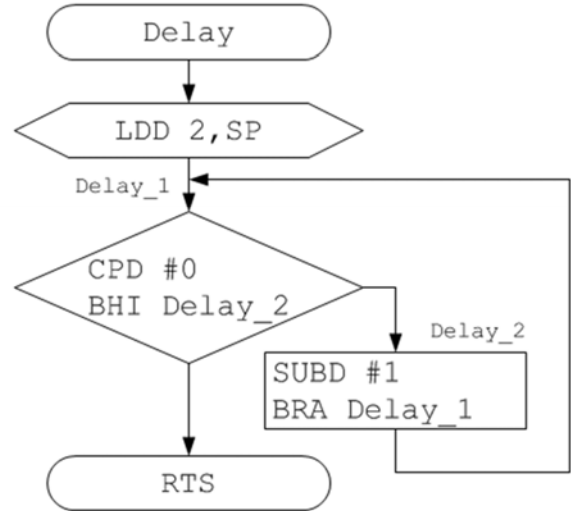
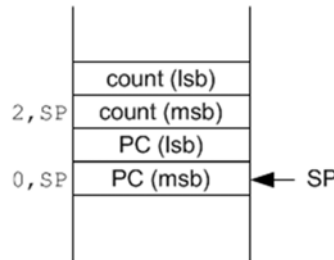
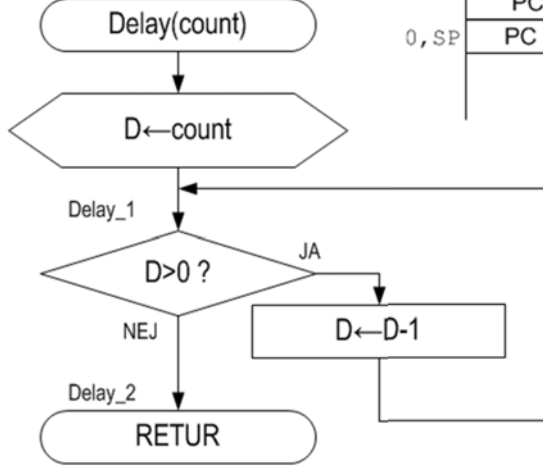
LDD    #8000
PSHD
JSR    Delay
LEAS  2, SP
    
```



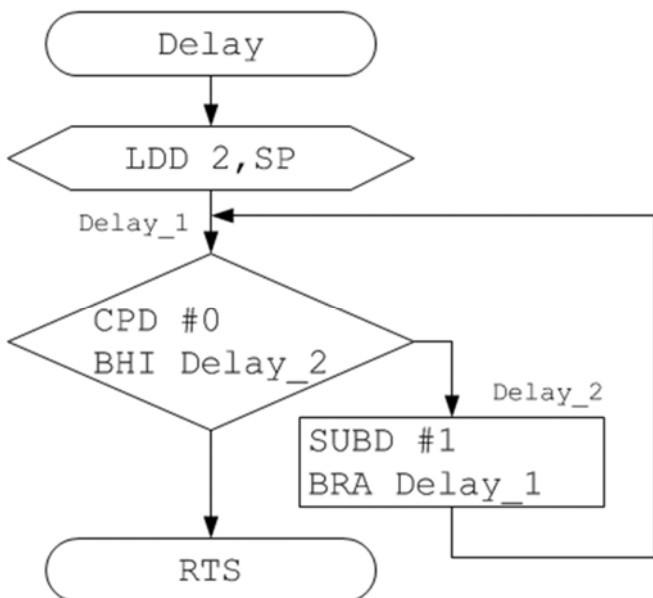
forts."Delay(count)"



>	Större än	signed	BGT
		unsigned	BHI



forts."Delay(count)"



```

Delay.s12
;      Delay.s12
;
Delay:  LDD    2, SP
Delay_1: CPD    #0
        BHI    Delay_2
        RTS
Delay_2: SUBD   #1
        BRA    Delay_1
    
```

ET ("execution time") statisk analys: Bestäm subrutinens fördröjning i realtid

```

Delay.s12
;
;      Delay.s12
;
Delay:  LDD      2,SP
Delay_1: CPD      #0
        BHI      Delay_2
        RTS
Delay_2: SUBD     #1
        BRA      Delay_1
    
```

instruktion	antal ggr.
LDD	1
CPD	count+1
BHI	count ("taken")
BHI	1 ("not taken")
SUBD	count
BRA	count
RTS	1

$$\begin{aligned}
 &= \text{LDD (1)} \\
 &+ \text{CPD (count+1)} \\
 &+ \text{BHI}_T \text{ (count)} \\
 &+ \text{BHI}_{NT} \text{ (1)} \\
 &+ \text{SUBD (count)} \\
 &+ \text{BRA (count)} \\
 &+ \text{RTS (1)} \\
 &= ?
 \end{aligned}$$

Antal cykler

$$\begin{aligned}
 &= \text{LDD (1)} \\
 &+ \text{CPD (count+1)} \\
 &+ \text{BHI}_T \text{ (count)} \\
 &+ \text{BHI}_{NT} \text{ (1)} \\
 &+ \text{SUBD (count)} \\
 &+ \text{BRA (count)} \\
 &+ \text{RTS (1)} \\
 &= ?
 \end{aligned}$$

Antalet cykler för respektive instruktion fås ur handboken

instruktion	# cykler
LDD n,SP	3
CPD #	2
SUBD #	2
BHI	3/1
RTS	5
BRA	3

Source Form	Address Mode	Object Code	HCS12	M68HC12
SUBD #opr16i	IMM	88 33 kk	PO	OP
SUBD opr8a	DIR	98 dd	RPE	RFP
SUBD opr16a	EXT	B8 hh ll	RPO	ROP
SUBD oprx0,xysp	IDX	A3 xb	RPE	RFP
SUBD oprx9,xysp	IDX1	A3 xb ff	RPO	RPO
SUBD oprx16,xysp	IDX2	A3 xb ee ff	FRPP	FRPP
SUBD [D,xysp]	[D,IDX]	A3 xb	FIERPPE	FIERPPE
SUBD [opr16,xysp]	[IDX2]	A3 xb ee ff	FIERPPE	FIERPPE

Source Form	Address Mode	Object Code	HCS12	M68HC12
BHI rel8	REL	22 rr	PPP/P ⁽¹⁾	PPP/P ⁽¹⁾

1. PPP/P indicates this instruction takes three cycles to refill the instruction queue if the branch is taken and one program fetch cycle if the branch is not taken.

Source Form	Address Mode	Object Code	HCS12	M68HC12
RTS	INH	3D	UFFFF	UFFFF

$$\begin{aligned}
 &= (\text{LDD}) \mathbf{3} (1) \\
 &+ (\text{CPD}) \mathbf{2} (\text{count}+1) \\
 &+ (\text{BHI}_{\text{taken}}) \mathbf{3} (\text{count}) \\
 &+ (\text{BHI}_{\text{not taken}}) \mathbf{1} (1) \\
 &+ (\text{SUBD}) \mathbf{2} (\text{count}) \\
 &+ (\text{BRA}) \mathbf{3} (\text{count}) \\
 &+ (\text{RTS}) \mathbf{5} (1) \\
 &= \mathbf{10} \times \text{count} + \mathbf{11}
 \end{aligned}$$

Subrutinens exekveringstid:

$$ET(\text{"Delay"}) = (11 + 10 \times \text{count}) \times \text{cykeltid}$$

```
Delay( unsigned int count )
{
  while (count > 0)
    count = count - 1;
}
```

Vi kan nu bestämma minimala och maximala fördröjningar vid olika klockfrekvenser (cykeltider)

	Frekvens/ cykeltid	Min. ('count' = 0) 11 cykler	Max. ('count' = \$FFFF) 655361 cykler
MC12 →	4 MHz/250 ns.	2,75 μs	164 ms
	8 MHz/125 ns.	1,375 μs	82 ms
	16 MHz/62,5 ns.	687,5 ns	41 ms
	25 MHz/40 ns.	440 ns	26 ms

Exempel: Bestäm 'count' för 10 ms fördröjning i ett MC12-system

	Frekvens/ cykeltid	Min. ('count' = 1) 11 cykler	Max. ('count' = \$FFFF) 655361 cykler
MC12 →	8 MHz/125 ns.	1,375 μs	82 ms

Lösning:

$$10 \text{ ms} = (11 + 10 \times \text{count}) \times 125 \text{ ns}$$

$$10 = (11 + 10 \times \text{count}) \times 125 \cdot 10^{-6}$$

$$(10 \times 10^6) / 125 = (11 + 10 \times \text{count})$$

$$((10^7 / 125) - 11) / 10 = \text{count}$$

$$\text{count} = 7998,9 \approx 8000$$

SI-enheter:

$$\text{ms} = \text{s} \times 10^{-3}$$

$$\text{ns} = \text{s} \times 10^{-9}$$

Uppskatta motsvarande fördröjning i ETERM/XCC simulatorn

... Tar ca 10 sekunder