Maskinnära programmering

- exempelsamling

Institutionen för Data och Informationsteknik
Chalmers tekniska högskola
Göteborg VT-2014

Maskinnära programmering - exempelsamling

Roger Johansson, Jan Skansholm, Lars-Eric Arebrink och Rolf Snedsböl

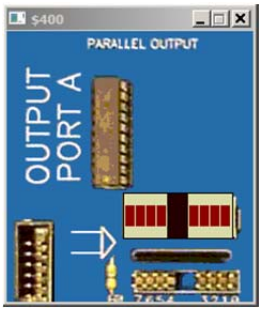
Innehåll

Exempel är anpassade för *ETERM6 för MC12* respektive *XCC12 för MC12*.

Versioner:
18 januari 2011
17 februari 2011, lagt till ytterligare uppgifter i avsnitt 2, lagt till avsnitt 4
2012, lagt till ytterligare uppgifter i avsnitt 2
6 mars 2013, rättat smärre fel och typografi.
10 december 2013, lagt till nya uppgifter, nytt typsnitt

1 *Grundläggande assemblerprogrammering*

1.1 En ramp med ljusdioder, enligt figuren till höger, är ansluten till adress $400 på ett MC12-system.

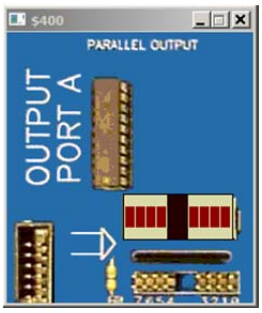


a) Skriv en subrutin "BLINK" som får samtliga dioder att blinka genom att kontinuerligt tända och släcka dom. Kontrollera funktionen genom att stega igenom subrutinen instruktionsvis.

b) Utforma, som en ny subrutin "BLINKDELAY", en fördröjning så att dioderna blinkar även då programmet exekveras normalt.

c) Beskriv lösningen från b) i form av en flödesplan.

1.2 En ramp med ljusdioder, enligt figuren till höger, är ansluten till adress $400 på ett MC12-system.

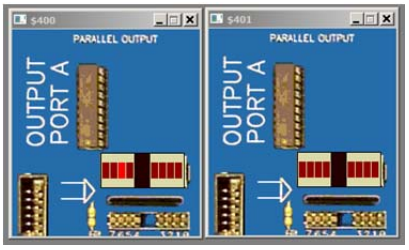


a) Skriv en subrutin "RLJUSH" som får dioderna att bete sig som ett "rinnande ljus" där dioderna tänds upp en och en från vänster till höger. Kontrollera funktionen genom att stega igenom subrutinen instruktionsvis.

b) Använd subrutinen "BLINKDELAY", så att man tydligt kan se det rinnande ljuset även då programmet exekveras normalt.

c) Beskriv lösningen från b) i form av en flödesplan.

1.3 Två ramper med ljusdioder, enligt figuren till höger, är anslutna till adress $400 och $401 på ett MC12-system.

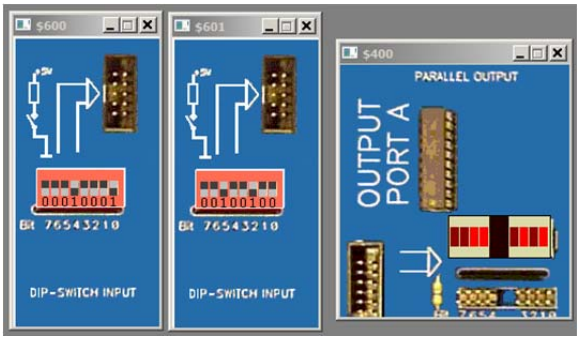


Du ska konstruera en subrutin "RLJUSH16" som får dioderna att bete sig som ett kontinuerligt "rinnande ljus" där dioderna tänds upp en och en från vänster till höger. Efter det att bit 0 hos diodrampen på adress $400 släckts ska bit 7 hos diodrampen på adress $401 tändas. Då dioden för bit 0 på adress $401 släckts, ska det rinnande ljuset börja om från bit 7 på adress $400, osv.
Använd en given subrutin "BLINKDELAY", så att man tydligt kan se det rinnande ljuset även då programmet exekveras normalt.

a) Beskriv subrutinen "RLJUSH16" i form av en flödesplan.

b) Implementera, dvs. skriv subrutinen i assemblerspråk.

1.4 Två strömbrytare och en ljusdiodramp, enligt figuren till höger, är anslutna till adresser $600 och $601, respektive adress $400 på ett MC12-system.

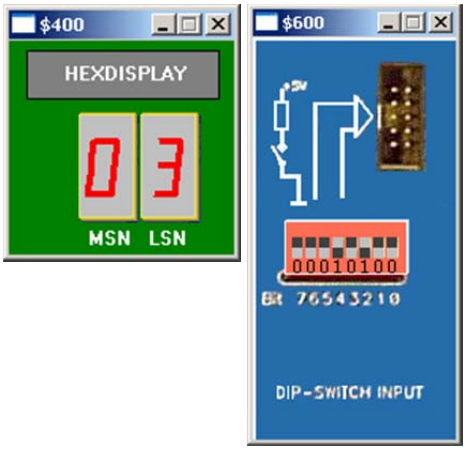


Konstruera en subrutin "DipSwitchOr" som bildar logisk ELLER av värdena som läses från strömbrytarna.
Subrutinen ska utformas så att avläsningen och indikering görs en gång. Kontinuerlig funktion fås genom att subrutinen, oupphörligt anropas från ett huvudprogram "main".

a) Beskriv subrutinen " DipSwitchOr " i form av en flödesplan.

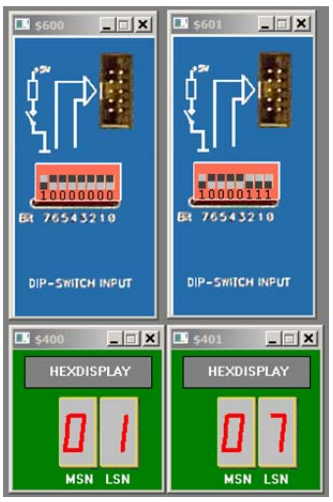
b) Implementera huvudprogrammet "main" och subrutinen "DipSwitchOr" i assemblerspråk.

1.5 En 8-bitars strömbrytare, ”DIP_SWITCH” är ansluten till adress $600 och en displayenhet ”HEXDISPLAY” som visar en byte i form av två hexadecimala siffror är ansluten till adress $400 i ett MC12 mikrodatorsystem.



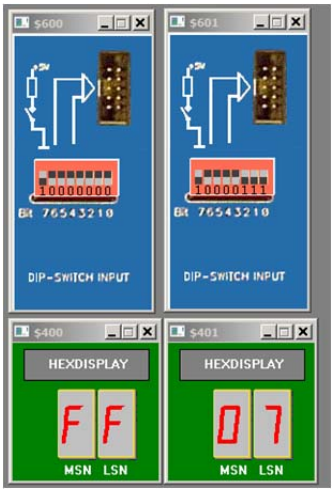
Konstruera en subrutin `DipHex` som läser av strömbrytaren och indikerar den minst signifikanta påslagna biten genom att skriva dess position, räknat från höger, till displayenheten. Om exempelvis bitarna 2 och 4 utgör ettställda strömbrytare ska positionen för bit 2, (dvs. 3) skrivas till displayenheten.
Om ingen strömbrytare är ettställd ska siffran 0 skrivas till displayen.
Speciellt gäller att endast symboler ska användas för absoluta adresser.

1.6 Två strömbrytare och två displayenheter, enligt figuren till höger, är anslutna till adresser $600 och $601, respektive adress $400 och $401 i ett MC12-system.
Konstruera en subrutin "AddUnsigned8bitTo16" som adderar de två värdena som läses från strömbrytarna (tolka som tal utan tecken) och därefter presenterar resultatet som ett 16 bitars tal på displayindikatorerna.
Subrutinen ska utformas så att avläsningen och indikering görs en gång.
Kontinuerlig funktion fås genom att subrutinen, oupphörligt anropas från ett huvudprogram "main".



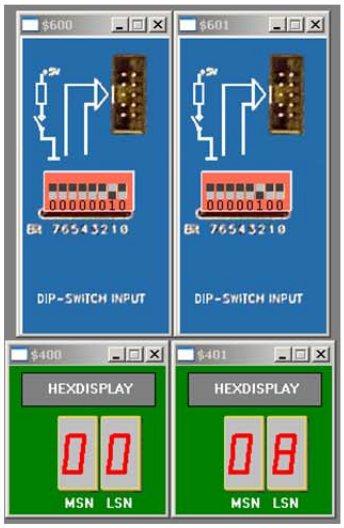
a) Beskriv subrutinen " AddUnsigned8bitTo16" i form av en flödesplan.
b) Implementera huvudprogrammet "main" och subrutinen "AddUnsigned8bitTo16" i assemblerspråk.

1.7 Två strömbrytare och två displayenheter, enligt figuren till höger, är anslutna till adresser $600 och $601, respektive adress $400 och $401 i ett MC12-system.
Konstruera en subrutin "AddSigned8bitTo16" som adderar de två värdena som läses från strömbrytarna (tolka som tal **med** tecken) och därefter presenterar resultatet som ett 16 bitars tal på displayindikatorerna.
Subrutinen ska utformas så att avläsningen och indikering görs en gång.
Kontinuerlig funktion fås genom att subrutinen, oupphörligt anropas från ett huvudprogram "main".



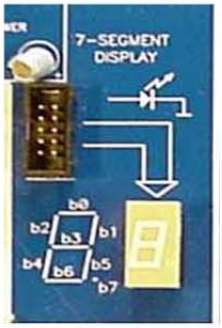
a) Beskriv subrutinen " AddSigned8bitTo16" i form av en flödesplan.
b) Implementera huvudprogrammet "main" och subrutinen " AddSigned8bitTo16" i assemblerspråk.

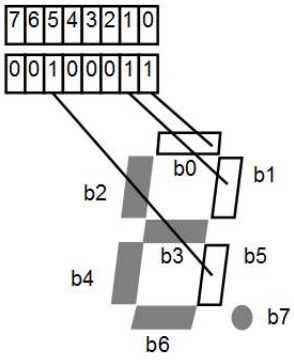
1.8 Två 8-bitars strömbrytare, ”DIP_SWITCH” är anslutna till adresserna $600,$601 och två displayenheter ”HEXDISPLAY” som var och en visar en byte i form av två hexadecimala siffror är anslutna till adresserna $400 och $401 i ett MC12 mikrodatorsystem.
Skriv en subrutin som läser de båda strömbrytarnas inställda värden, multiplicerar dessa båda tal och skriver det 16 bitars resultatet till displayenheterna.
Displayenheten på adress $400 ska ange den mest signifikanta byten av resultatet.
Speciellt gäller att endast symboler ska användas för absoluta adresser.



1.9 En 8-bitars strömbrytare "DIP-SWITCH INPUT" och en sju-sifferindikator "7-SEGMENT DISPLAY" är anslutna till adresserna $0600 respektive $0400 i ett MC12 mikrodatorsystem.

Använd symbolen `ML4_INPUT` för inporten ($0600) och symbolen `ML4_OUTPUT` för utporten ($0400).





Skriv en subrutin "DisplayNBCD" som kontinuerligt läser inporten (strömbrytarna) och skriver värden (NBCD-siffror) till utporten (7-sifferindikatorn).

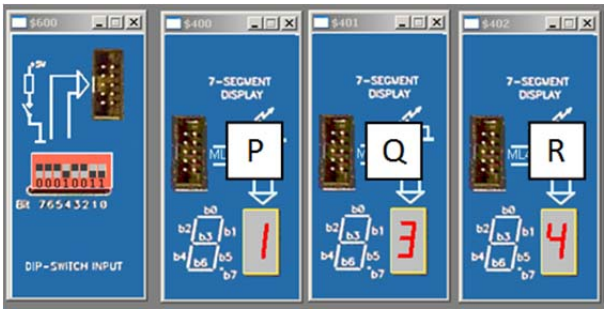
När bit 7 på inporten är ettställd skall sifferindikatorn släckas helt. När bit 7 på inporten är nollställd skall sifferindikatorn tändas enligt följande beskrivning:

Bit 3-0 på inporten anger vad som skall visas på sifferindikatorn. Om indata är i intervallet [0,9] skall motsvarande decimala siffra visas på sifferindikatorn. Om indata är i intervallet [A,F] skall ett 'E' (Error) visas på sifferindikatorn. Segmentkoden för 'E' är $5D.
Bitarna 6-4 på inporten kan anta vilka värden som helst.
Du har tillgång till en tabell i minnet med segmentkoder (mönster för sifferindikatorn) enligt

```
SegCodes FCB  $77,$22,$5B,$6B, etc.
```

Tabellen innehåller segmentkoder för siffrorna [0,9].
På adressen ”SegCodes” i minnet finns segmentkoden för 0,
på adressen ”SegCodes+1” i minnet finns segmentkoden för 1,
på adressen ”SegCodes+2” i minnet finns segmentkoden för 2,
etc

1.10 En 8-bitars strömbrytare "DIP-SWITCH INPUT" och tre sju-sifferindikatorer "7-SEGMENT DISPLAY" är anslutna till adresserna $0600 respektive $0400,$401 och $402 i ett MC12 mikrodatorsystem.



Skriv en subrutin "SumPQ" som

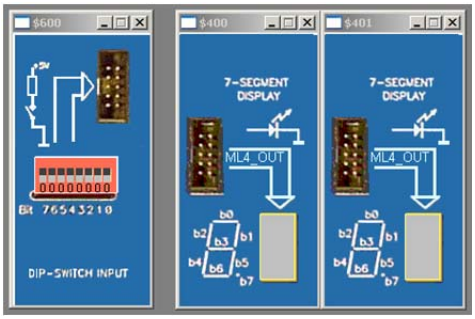
- hela tiden läser två NBCD-siffror P och Q från strömbrytarna
- visar NBCD siffrorna P och Q på två olika sifferindikatorer
- utför en additionen R=P+Q
- skriver summan R till den tredje sifferindikatorn.

Från inporten (8 bitar) läses två 4-bitars binära tal P och Q samtidigt. P hittas på $[b_7,b_4]$ och Q hittas på $[b_3,b_0]$. Summan skall placeras i $[b_3,b_0]$ för att omvandlas till segmentkod och skrivas till sifferindikatoren. Om summan P+Q är större än nio skall "E" (ERROR) skrivas ut. Du får förutsätta att P≤9 och Q≤9.

Du har tillgång till en tabell med segmentkoder och följande definitioner:

```
Inport     EQU   $600                      ; Adress för inport
UtportP    EQU   $400                      ; Adress för utport 1
UtportQ    EQU   $401                      ; Adress för utport 2
UtportR    EQU   $402                      ; Adress för utport 3
Error      EQU   %01011101                 ; Segmentkod för E (Error)
SegCode    FCB   %1110111,%0100010, etc    ; Tabell med segmentkoder för [0,9]
```

1.11 Två 7-sifferindikatorer, "7-SEGMENT DISPLAY" är anslutna till adresserna $400,$401 och en 8 bitars strömbrytare "DIP-SWITCH INPUT" är ansluten till adress $600 i ett MC12 mikrodatorsystem. Du skall skriva subrutinerna "Read" och "Display" till följande program som om och om igen läser inporten (ett NBCD-tal $[0,99_{10}]$) och skriver detta till de båda sifferindikatorererna.




```
        ORG     $1000
main:   JSR     Read          ; Läs NBCD-tal till register
A
        JSR     Display       ; Skriv register A på 2 sifferindikatorer
        JMP     main
```

Följande definition är dessutom given.

```
SegCodes      FCB     $77,$22,$5B,$6B, etc. ; (segmentkoder för siffrorna [0,9]).
```

Subrutinen Display visar det NBCD-tal som finns lagrat i register A. Innehåller register A exempelvis `0101 1001` skall 5 visas på UtPort1 och 9 visas på UtPort2. (Segmentkoder är alltså givna med start på adress "`SegCodes`"). Skriv subrutinen `Display`!

Subrutinen Read läser InPort. Tyvärr har inporten ett konstruktionsfel så bitarna är omkastade enligt följande figur. (Bit b_7 är ju normalt till vänster och b_0 till höger)

b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7

Detta medför att när vi ställer in NBCD-talet 53 (**`0101 0011`**) på strömbrytarna så läses **`1100 1010`** från inporten (ty det spegelvänds).

Subrutinen måste därför

1. läsa inporten
2. spegelvända det inlästa
3. lämna utdata i i register A..

Skriv subrutinen `Read`!

2 Grundläggande programmering i ’C’

2.1 Ange talområdena för variablerna i följande deklarationer, (XCC12):

a) `unsigned char uc;`
b) `signed char sc;`
c) `unsigned short us;`
d) `signed short ss;`
e) `unsigned int ui;`
f) `signed int si;`

Ledning: Konsultera filen ”`limits.h`”

2.2 Ange talområdena för variablerna i följande deklarationer, (XCC12):

a) `unsigned long int ul;`
b) `signed long int sl;`

Ledning: Konsultera filen ”`limits.h`”

2.3 En ‘C’-variabel måste tillhöra en av lagringsklasserna auto, static och global.
Redogör för “synligheten” hos variabler deklarerade med respektive lagringsklass.

2.4 Ange de, av följande deklarationer, som är korrekta i ett ‘C’-program:

```
int     a;
auto    int  aia;
static  int  sia;
global  int  gia;
extern  int  eia;
intern  int  iia;

void f( void)
{
   int     b;
   auto    int  aib;
   static  int  sib;
   global  int  gib;
   extern  int  eib;
   intern  int  iib;
}
```

2.5 För att referera absoluta adresser, exempelvis portar, krävs att en konstant (den absoluta portadressen) förses med lämpliga explicita typkonverteringar. Visa korrekta typkonverteringar (ANSI-C) i följande fall där portadressen är 0x400:

a) 8-bitars port där portens innehåll betraktas som tal utan tecken.
b) 8-bitars port där portens innehåll betraktas som tal med tecken.
c) 16-bitars port där portens innehåll betraktas som tal utan tecken.
d) 16-bitars port där portens innehåll betraktas som tal med tecken.

2.6 För att referera absoluta adresser, exempelvis portar, krävs att en konstant (den absoluta portadressen) förses med lämpliga explicita typkonverteringar. Visa korrekta typkonverteringarna, , i följande fall där portadressen är 0x400. Använd C99 utvidgningen `stdint.h` för maximal portabilitet

a) 8-bitars port där portens innehåll betraktas som tal utan tecken.
b) 8-bitars port där portens innehåll betraktas som tal med tecken.
c) 16-bitars port där portens innehåll betraktas som tal utan tecken.
d) 16-bitars port där portens innehåll betraktas som tal med tecken.

2.7 Visa typdeklarationer för en funktion som tillåter att funktionen i form av en subrutin på en fast adress i minnet, kan anropas direkt från ett C-program.

a) funktionen `reentry` har inga parametrar och inget returvärde, på adress 0xC00F.
b) funktionen `outcha` har en parameter av typen **`unsigned char`**, men inget returvärde, på adress 0xC006.
c) funktionen `tstcha` har inga parametrar men returvärde av typen **`unsigned char,`** på adress 0xC003.

2.8 De rationella talen är exakta tal som anges på formen *t*/*n* där *t* och *n* (täljaren och nämnaren) är heltal.
a) Använd **`typedef`** och **`struct`** för att deklarera en typ `rat_tal` som beskriver ett rationellt tal.
b) Skriv sedan två funktioner `add` och `mul`. De skall båda få två parametrar av typen `rat_tal`.
Som resultat skall de ge ett nytt rationellt tal som är summan respektive produkten av de två parametrarna.

2.9 Skriv en egen version av standardfunktionen `strlen`.
a) Använd pekare.
b) Använd indexering.
c) Använd XCC12, kompilera de båda versionerna till assemblerkod och jämför resultaten.

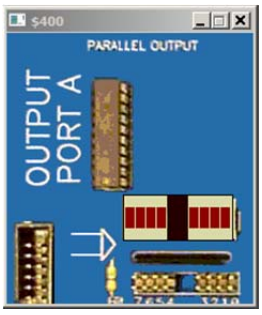
2.10 Skriv en egen version av standardfunktionen `strcpy`.
a) Använd pekare.
b) Använd indexering.
c) Använd XCC12, kompilera de båda versionerna till assemblerkod och jämför resultaten.

2.11 Konstruera en funktion `nollstalle` som beräknar ett nollställe till matematiska funktioner. Funktionen `nollstalle` har deklarationen:

```
double nollstalle(double (*f)(double),double a, double b, double eps);
```

Den första parametern, `f`, är en pekare till den matematiska funktion man vill söka ett nollställeför. De två parametrarna `a` och `b` anger inom vilket intervall nollstället skall sökas.
Man söker alltså ett värde *x* i intervallet (*a*, *b*) sådant att *f*(*x*) = 0. Du får anta att den funktion som `f` pekar på är monoton och att den har exakt ett nollställe inom det givna intervallet. Parametern `eps` anger vilket som är det största fel som får finnas i resultatet.
I funktionen kan du ”ringa in”nollstället genom att flytta ändpunkterna a och b allt närmare varandra. Börja med att undersöka om *f*(*a*) < 0 < *f*(*b*) eller *f*(*b*) < 0 < *f*(*a*). Om det är på det andra sättet så låt variablerna *a* och *b* byta värden med varandra. Upprepa sedan följande tills |a-b| ≤ 0. Räkna ut mittpunkten *m* mellan *a* och *b* och beräkna värdet av *f*(*m*). Om *f*(*m*) < 0 så sätt *a* till *m* sätt annars *b* till *m*.

2.12 En ramp med ljusdioder, enligt figuren till höger, är ansluten till adress 0x400 i ett MC12 mikrodatorsystem.



a) Skriv en funktion

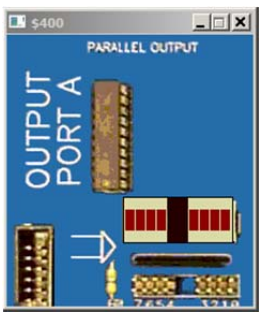
```
void blink( void )
```

som får samtliga dioder att blinka genom att kontinuerligt tända och släcka dom. Kontrollera funktionen genom att stega igenom den satsvis.
b) Utforma, som en ny funktion

```
void blinkdelay( void )
```

en fördröjning så att dioderna blinkar även då programmet exekveras normalt.

2.13 En ramp med ljusdioder, enligt figuren till höger, är ansluten till adress 0x400 i ett MC12 mikrodatorsystem.



Skriv en funktion

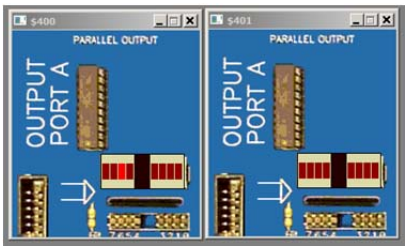
```
void rljush( void )
```

som får dioderna att bete sig som ett "rinnande ljus" där dioderna tänds upp en och en från vänster till höger. Kontrollera funktionen genom att stega igenom den satsvis. Använd funktionen **`void blinkdelay( void )`**, så att man tydligt kan se det rinnande ljuset även då programmet exekveras normalt.

2.14 Två ramper med ljusdioder, enligt figuren till höger, är anslutna till adress 0x400 och 0x401 i ett MC12 mikrodatorsystem.
Du ska konstruera en funktion

```
void rljush16( void )
```

som får dioderna att bete sig som ett kontinuerligt "rinnande ljus" där dioderna tänds upp en och en från vänster till höger. Efter det att bit 0 hos diodrampen på adress 0x400 släckts ska bit 7 hos diodrampen på adress 0x401 tändas. Då dioden för bit 0 på adress 0x401 släckts, ska det rinnande ljuset börja om från bit 7 på adress 0x400, osv. Använd funktionen **`void`** `blinkdelay(` **`void`** `)`, så att man tydligt kan se det rinnande ljuset även då programmet exekveras normalt.

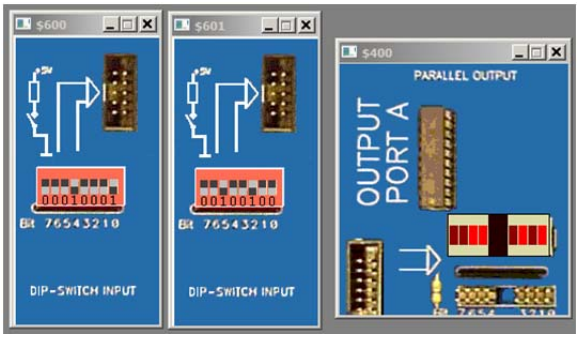


2.15 Två strömbrytare och en ljusdiodramp, enligt figuren till höger, är anslutna till adresser 0x600 och 0x601, respektive adress 0x400 i ett MC12 mikrodatorsystem.

Konstruera en funktion

```
void DipSwitchOr( void )
```

som bildar logisk ELLER av värdena som läses från strömbrytarna.

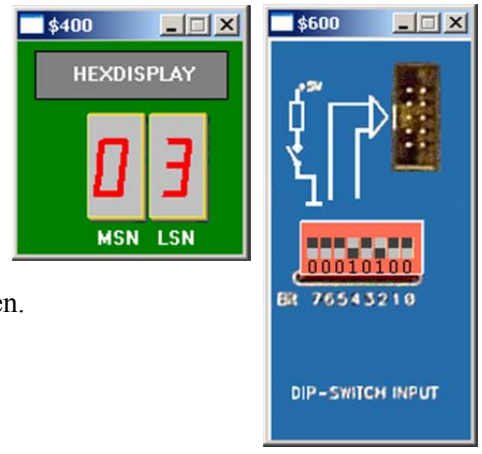


2.16 En 8-bitars strömbrytare är ansluten till adress 0x600 och en displayenhet som visar en byte i form av två hexadecimala siffror är ansluten till adress 0x400 i ett MC12 mikrodatorsystem.

Konstruera en funktion

```
void ff1( void )
```

som läser av strömbrytaren och indikerar den minst signifikanta påslagna biten genom att skriva dess position, räknat från höger, till displayenheten. Om exempelvis bitarna 2 och 4 utgör ettställda strömbrytare ska positionen för bit 2, (dvs. 3) skrivas till displayenheten. Om ingen strömbrytare är ettställd ska siffran 0 skrivas till displayen.

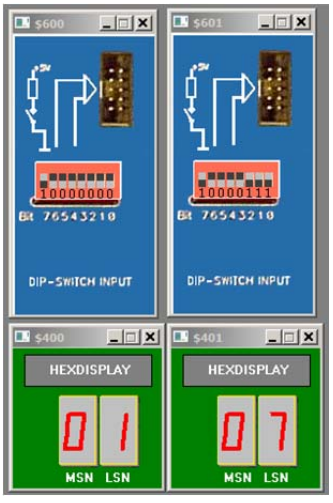


2.17 Två strömbrytare och två displayenheter, enligt figuren till höger, är anslutna till adresser 0x600 och 0x601, respektive adress 0x400 och 0x401 i ett MC12 mikrodatorsystem.

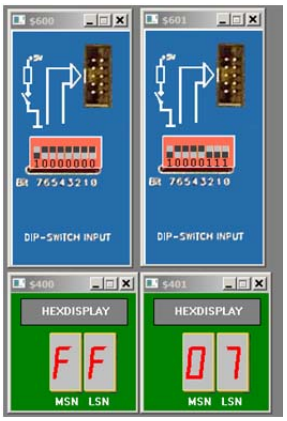
Konstruera en funktion

```
void AddUnsigned8bitTo16( void )
```

som adderar de två värdena som läses från strömbrytarna (tolka som tal utan tecken) och därefter presenterar resultatet som ett 16 bitars tal på displayindikatorerna.



2.18 Två strömbrytare och två displayenheter, enligt figuren till höger, är anslutna till adresser 0x600 och 0x601, respektive adress 0x400 och 0x401 i ett MC12 mikrodatorsystem.

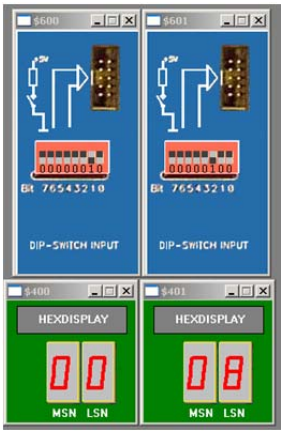


Konstruera en funktion

```
void AddSigned8bitTo16( void )
```

som adderar de två värdena som läses från strömbrytarna (tolka som tal **med** tecken) och därefter presenterar resultatet som ett 16 bitars tal på displayindikatorerna.

2.19 Två 8-bitars strömbrytare, är anslutna till adresserna 0x600,0x601 och två displayenheter som var och en visar en byte i form av två hexadecimala siffror är anslutna till adresserna 0x400 och 0x401 i ett MC12 mikrodatorsystem.

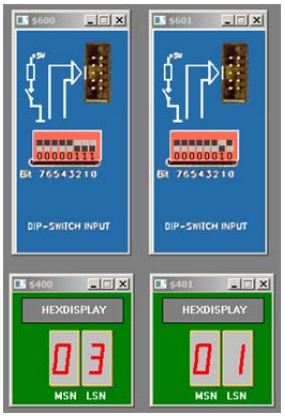


Konstruera en funktion

```
void DipHex( void )
```

som läser de båda strömbrytarnas inställda värden, multiplicerar dessa båda tal och skriver det 16 bitars resultatet till displayenheterna.
Displayenheten på adress 0x400 ska ange den mest signifikanta byten av resultatet.

2.20 Två 8-bitars strömbrytare, är anslutna till adresserna 0x600,0x601 och två displayenheter som var och en visar en byte i form av två hexadecimala siffror är anslutna till adresserna 0x400 och 0x401 i ett MC12 mikrodatorsystem.



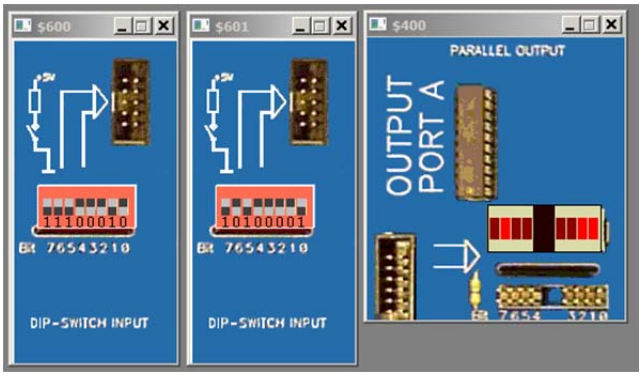
Konstruera en funktion

```
void DivModHex( void )
```

som läser de båda strömbrytarnas inställda värden.
Om värdet på adress 0x601 är noll ska 0xFF visas på båda displayenheter. Om värdet på adress 0x601 är skilt från noll ska resultatet av heltalsdivisionen mellan värden på adress 0x600 och 0x601 visas på displayindikator med adress 0x400 och resultatet av restdivisionen av samma tal visas på indikator med adress 0x401.

2.21 I denna uppgift ska du bland annat demonstrera hur absolutadressering utförs i C. Visa speciellt hur preprocessordirektiv och typdeklarationer används för att skapa begriplig programkod.

Två strömbrytare och en ljusdiodramp, enligt figuren till höger, är anslutna till adresser 0x600 och 0x601, respektive adress 0x400 i ett MC12 mikrodatorsystem.

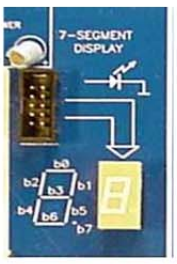


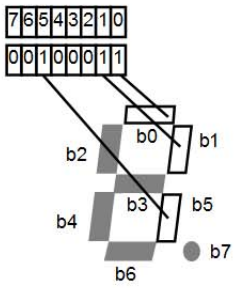
Konstruera en funktion

```
void DipSwitchEor( void )
```

som kontinuerligt bildar logiskt EXKLUSIVT ELLER av värdena som läses från strömbrytarna och därefter skriver detta värde till ljusdiodrampen.

2.22 En strömbrytare och en sju-sifferindikator (se figur) är anslutna till adresser 0x400 respektive 0x600 i ett MC12 mikrodatorsystem.





Konstruera en funktion

```
void DisplayNBCD( void )
```

som hela tiden läser från strömbrytarna och skriver värden till sju-sifferindikatorn).

När bit 7 på inporten är ettställd skall sifferindikatorn släckas helt. När bit 7 på inporten är nollställd skall sifferindikatorn tändas enligt följande beskrivning:

- Bit 3-0 på inporten anger vad som skall visas på sifferindikatorn.
  - Om indata är i intervallet [0,9] skall motsvarande decimala siffra visas på sifferindikatorn.
  - Om indata är i intervallet [A,F] skall ett 'E' (Error) visas på sifferindikatorn.
- Bitarna 6-4 på inporten kan anta vilka värden som helst.

Du har tillgång till en tabell i minnet med segmentkoder för de hexadecimala siffrorna [0..F] (mönster för sifferindikatorn) enligt

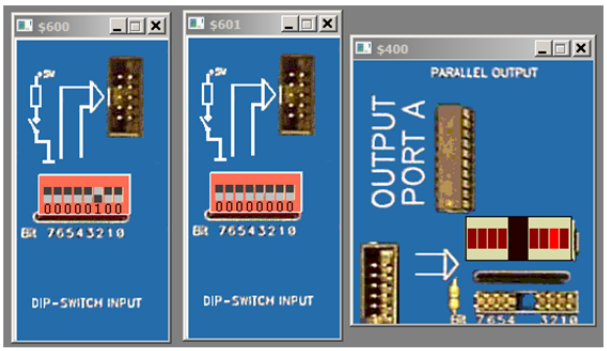
```
unsigned char SegCodes[]={ 0x77,0x22,0x5B,0x6B,0x2E,0x6D,0x7D,0x23,
                           0x7F,0x6F,0x3F,0x7C,0x55,0x7A,0x5D,0x18 };
```

Segmentkoden för bokstaven 'E' ges av:

```
#define    ERROR_CODE    0x5D
```

2.23 I denna uppgift ska du bland annat demonstrera hur absolutadressering utförs i C. Visa speciellt hur preprocessordirektiv och typdeklarationer används för att skapa begriplig programkod.

Två strömbrytare och en ljusdiodramp, enligt figuren till höger, är anslutna till adresser 0x600 och 0x601, respektive adress 0x400 i ett MC12 mikrodatorsystem.



Konstruera en funktion

```
void CondRunDiode ( void )
```

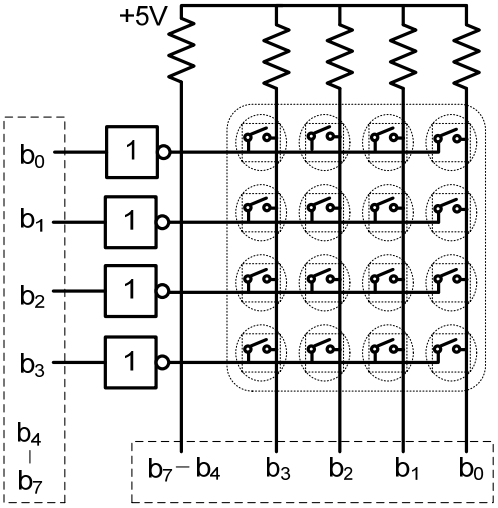
- som oupphörligt jämför strömbrytarnas värden
- dessutom skriver ut ett *rinnande ljus* på diodrampen.

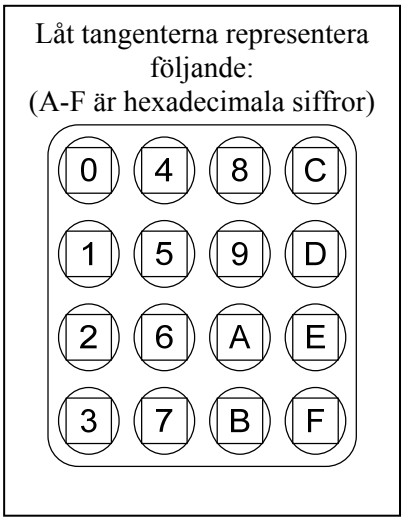
Det rinnande ljuset består i att en diod i taget tänds upp.

- Om värdet hos strömbrytaren på adress 0x600 är störst ska ljuset rinna från höger till vänster
- Om värdet hos strömbrytaren på adress 0x601 är störst ska ljuset rinna från vänster till höger
- Om värdena är lika ska det rinnande ljuset stannas.

Från början ska dioden längst till vänster vara tänd.
Du behöver här *inte* ta hänsyn till att fördröjningar krävs för det rinnande ljuset.

2.24 Följande gränssnitt ansluts till ett MC12 mikrodatorsystem. (Jämför med ML5/ML23 i kurslitteraturen).





Konstruera en funktion
unsigned char keyb(**void**)
Denna skall som resultat ge numret på den tangent som trycktes ner. Numreringen framgår av figuren ovan.

- Funktionen skall först vänta tills ingen tangent är nedtryckt. Därefter skall den aktivera en rad i taget och avläsa kolumnernas utsignaler ända tills någon tangent tryckts ner.
- Porten med anslutningar till tangentbordets rader finns på adressen 0x0C00, porten med kolumnernas anslutningar finns på adress 0x0C01.
- Då en nedtryck tangent konstaterats ska funktionen vänta 200 ms och därefter göra en ny avläsning. Om fortfarande samma tangent är nedtryckt skall funktionen returnera tangentens nummer.
- Du får förutsätta att det finns en färdig C-funktion:
  void hold(time_type ms)
  Denna funktion ger en fördröjning. Den har en parameter som anger hur lång fördröjningen skall vara.
  Parameterns typ är deklarerad enligt:
  typedef unsigned long int time_type;
  Enheten är millisekunder.

Där inte annat sägs ska du fortsättningsvis förutsätta att följande konventioner gäller vid översättning av kod från 'C' till assemblerspråk.

Kompilatorkonvention XCC12:

- Parametrar överförs till en funktion via stacken.
- Då parametrarna placeras på stacken bearbetas parameterlistan från höger till vänster.
- Utrymme för lokala variabler allokeras på stacken. Variablerna behandlas i den ordning de påträffas i koden.
- Prolog kallas den kod som reserverar utrymme för lokala variabler.
- Epilog kallas den kod som återställer (återlämnar) utrymme för lokala variabler.
- Den del av stacken som används för parametrar *och* lokala variabler kallas *aktiveringspost*.

Beroende på datatyp används för returparameter HC12's register enligt följande tabell:

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

2.25 Följande C-deklarationer har gjorts på ”toppnivå” (global synlighet):

```
char   a,b,c;
char   min( char a, char b );
```

a) Visa hur variabeldeklarationerna översätts till assemblerdirektiv för HCS12.

b) Visa hur följande sats översätts till assemblerkod för HCS12:

```
c = min( a , b );
```

2.26 Följande C-deklarationer har gjorts på ”toppnivå” (global synlighet):

```
char   *a,*b,*c;
char   *min( char *a, char *b );
```

a) Visa hur variabeldeklarationerna översätts till assemblerdirektiv för HCS12.

b) Visa hur följande sats översätts till assemblerkod för HCS12:

```
c = min( a , b );
```

2.27 Följande C-deklarationer har gjorts på ”toppnivå” (global synlighet):

```
int    a,b,c;
int    min( int a, int b );
```

a) Visa hur variabeldeklarationerna översätts till assemblerdirektiv för HCS12.

b) Visa hur följande sats översätts till assemblerkod för HCS12:

```
c = min( a , b );
```

2.28 Följande C-deklarationer har gjorts på ”toppnivå” (global synlighet):

```
char   *cp;
char   *identify( char **cp);
```

a) Visa hur variabeldeklarationerna översätts till assemblerdirektiv för HCS12.

b) Visa hur följande sats översätts till assemblerkod för HCS12:

```
cp = identify( &cp );
```

2.29 Inledningen (parameterlistan och lokala variabler) för en funktion ser ut på följande sätt:

```
void function( int a )
{
  int  b;
.....
```

a) Visa hur utrymme för lokala variabler reserveras i funktionen (*prolog*).

b) Visa funktionens aktiveringspost, ange speciellt offseter för parametrar och lokala variabler.

2.30 Inledningen (parameterlistan och lokala variabler) för en funktion ser ut på följande sätt:

```
void function( char *b, char a )
{
  char *c, *d;
.....
```

a) Visa hur utrymme för lokala variabler reserveras i funktionen (*prolog*).

b) Visa funktionens aktiveringspost, ange speciellt offseter för parametrar och lokala variabler.

2.31 Inledningen (parameterlistan och lokala variabler) för en funktion ser ut på följande sätt:

```
void function( long c, char b, int a )
{
  char d;
  long e;

.....
```

a) Visa hur utrymme för lokala variabler reserveras i funktionen (*prolog*).

b) Visa funktionens aktiveringspost, ange speciellt offseter för parametrar och lokala variabler.

2.32 Följande specifikation av en subrutin är given i form av ett C-program. Implementera motsvarande funktion i assemblerspråk för HC12.

```
void f1( unsigned char c )
{
     *( unsigned char *) 0x600 = c ;
     delay();
     c = c >> 1;
     *( unsigned char *) 0x600 = c ;
}
```

2.33 Följande funktion finns given i "C". Implementera motsvarande funktion i assemblerspråk för HC12.

```
#define DATA  *( char *) 0x700
#define STATUS*( char *) 0x701
void printerprint( char *s )
{
  while( *s )
  {
    while( STATUS & 1 )
    {}
    DATA = *s;
    s++;
  }
}
```

2.34 Följande specifikation av en subrutin är given i form av ett C-program. Implementera motsvarande funktion i assemblerspråk för HC12.

```
void shortdelay( void )
{
     volatile unsigned char  c;
     for( c = 0; c < 0x200 ; c++ );
}
```

2.35 Följande specifikation av en subrutin är given i form av ett C-program. Implementera motsvarande funktion i assemblerspråk för HC12.

```
void shortdelay( void )
{
     unsigned char c;
     for( c = 0; c < 0x200 ; c++ );
}
```

2.36 Följande specifikation av en subrutin är given i form av ett C-program. Implementera motsvarande funktion i assemblerspråk för HC12.

```
void printchar( char c )
{
  while( *((volatile unsigned char *) 0x600) )
    ;
  *((unsigned char *) 0x400) = c;
}
```

2.37 Följande specifikation av en subrutin är given i form av ett C-program. Implementera motsvarande funktion i assemblerspråk för HC12.

```
void printmul( void )
{
     unsigned short int s;
     s = ( unsigned short ) (*((unsigned char *) 0x600) );
     s = s * ( unsigned short ) (*((unsigned char *) 0x601) );
     *((unsigned short int *) 0x400) = s;
}
```

2.38 Vissa instruktionssekvenser kan inte åstadkommas med hjälp av giltiga standard-C satser. Exempel på detta är att påverka enskilda bitar i processorns statusregister (CCR).

a) Implementera en assembler subrutin som kan anropas från ett C-program.

```
unsigned char getCCR( void );
```

- returvärdet är innehållet i CCR.

b) Implementera en assembler subrutin som kan anropas från ett C-program.

```
void setCCR( unsigned char value );
```

- parameter `value` anger nya värden för bitarna i CCR.

2.39 Avbrottsrutiner kan inte implementeras i standard-C men många kompilatorer tillhandahåller möjligheten att lägga in assemblerkod "inline" i C-kod. Följande kod visar sig exempelvis fungera under XCC12:

```
static void shortdelay( void )
{
     unsigned char c;
     for( c = 0; c < 0x200 ; c++ );
}
void take_interrupt(void)
{
     shortdelay();
     _asm(" RTI");
}
```

Uppmuntrad av resultatet provar vi nu i stället följande, som INTE fungerar som avsett:

```
void take_interrupt(void)
{
     unsigned char c;
     for( c = 0; c < 0x200 ; c++ );
     _asm(" RTI");
}
```

Förklara skillnaden mellan de olika lösningarna.

3 *Undantagshantering*

3.1 Besvara kortfattat följande frågor rörande CPU12.

a) Redogör för vad som händer vid RESET och varför detta sker.

b) Förklara kortfattat vad som händer vid ett IRQ avbrott om I-flaggan i CC är nollställd.

c) Vid IRQ-avbrott sätts I-flaggan automatiskt till 1. Varför sker detta?

d) Visa med en instruktionssekvens hur man i en IRQ-avbrottsrutin kan förhindra att processorn utför nya avbrott efter återhopp till det avbrutna programmet.

e) Översätt assemblerinstruktionerna CLI och SEI till maskinspråk och visa hur maskinkoden placeras iminnet.

f) Assemblerinstruktionerna CLI och SEI kan skrivas på ett alternativt sätt. Visa detta sätt.

g) Vilken är skillnaden mellan IRQ- och XIRQ-avbrott? Hur påverkar skillnaden användningen av dem?

h) Vid XIRQ-avbrott sätts både X- och I-flaggan automatiskt till 1. Varför sker detta?

i) XIRQ-avbrottet är ”icke maskbart”. Vad innebär detta för möjligheterna att påverka maskbiten X i CCregistret?

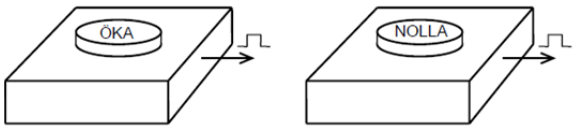
j) Redogör för vad som händer då en logiknolla läggs på ingången XIRQ’ och varför detta sker. Hur påverkas stacken?

k) Vilket villkor måste vara uppfyllt för att ett XIRQ-avbrott skall utföras?

l) Vad händer med flaggor och stack när instruktionen SWI utförs.

m) Förklara hur instruktionen SWI fungerar. Ge ett exempel på hur den kan användas.

3.2 Två "tryckknappsenheter" enligt figuren skall anslutas till en dator med processorn CPU12. Då en knapp aktiveras genereras en positiv puls på motsvarande utgång. Varje tryckning på ÖKAknappen skall öka en 8-bitars variabel på minnesadressen KNAPP med ett medan varje tryckning på NOLLA-knappen skall nollställa samma variabel. Om innehållet på adressen KNAPP är 255 och ÖKA-knappen trycks ned skall innehållet inte ökas.

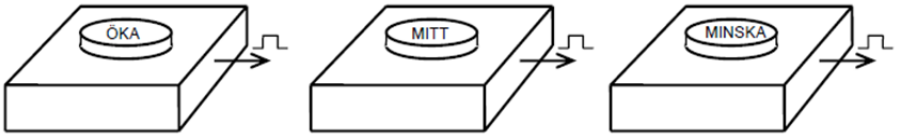


De två tryckknapparna skall anslutas så att IRQ-avbrott genereras då någon av dem aktiveras. Inga andra avbrottskällor finns i systemet.

a) Visa hur tryckknappsenheterna kan anslutas till datorn. En oanvänd inport finns på adressen $800. Rita nödvändig logik! D-vippor, NAND- och NOT-grindar får användas.

b) Skriv en avbrottsrutin som fungerar enligt beskrivningen ovan. Assemblerspråk för processorn CPU12 skall användas.

3.3 Tre "tryckknappsenheter" enligt figuren nedan skall anslutas till en dator med processorn CPU12. Då en knapp aktiveras genereras en positiv puls på motsvarande utgång. Varje tryckning på ÖKA- eller MINSKA-knappen skall öka resp. minska en 8-bitars variabel på minnesadressen KNAPP med ett medan varje tryckning på MITT-knappen skall ge samma variabel värdet 128. Innehållet på adressen KNAPP skall dock inte tillåtas att ”varva”, dvs att ökas från 255 eller minskas från 0.

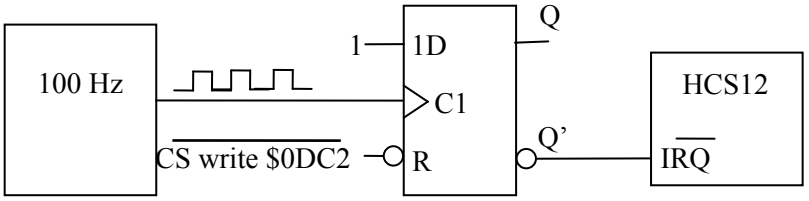


De tre tryckknapparna skall anslutas så att IRQ-avbrott genereras då någon av dem aktiveras. Inga andra avbrottskällor finns i systemet.

a) Visa hur tryckknappsenheterna kan anslutas till datorn. En oanvänd inport finns på adressen $800. Rita nödvändig logik! D-vippor, NAND- och NOT-grindar får användas.

b) Skriv en avbrottsrutin som fungerar enligt beskrivningen ovan. Assemblerspråk för processornCPU12 skall användas.

3.4 En pulsgenerator är ansluten via en avbrottsvippa till IRQ-ingången på ett MC12-system. Pulsgeneratorn har en frekvens på 100 Hz. För att nollställa avbrottsvippan krävs en skrivning på adressen $0DC2. Pulsgeneratorn är den enda anslutna avbrottskällan till IRQ-ingången på processorn.



a) Skriv en avbrottsrutin (IRQCNT) som läser en 8-bitars inport (IRQIN, adress $0600) och adderar det inlästa värdet till en 32-bitars variabel (IRQVAR). Både IRQIN och IRQVAR är variabler på tvåkomplementsform.

b) Skriv en initieringsrutin IRQINIT som initierar avbrottssystemet och som gör att IRQCNT anropas vid avbrott och att IRQVAR nollställs från början.

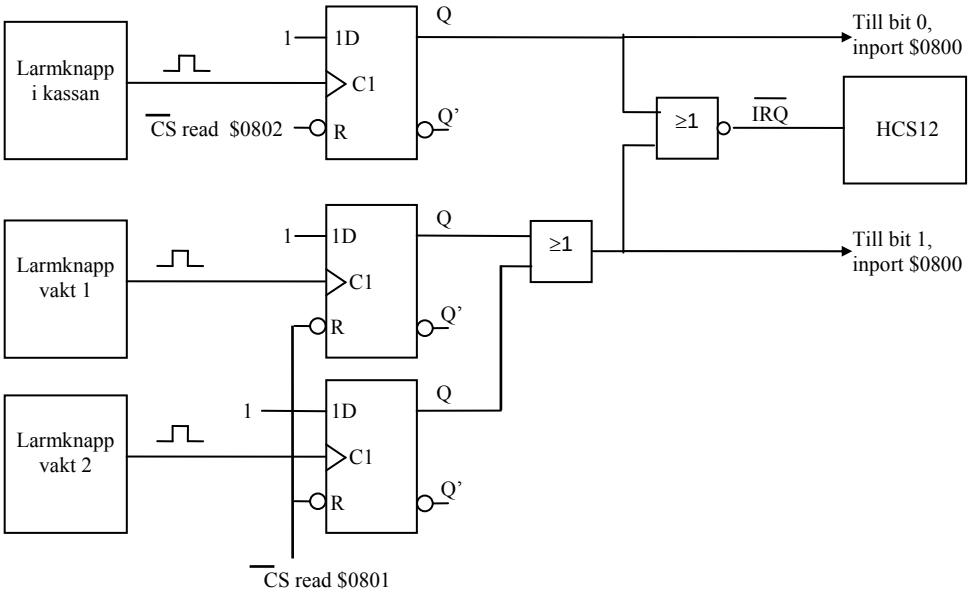
3.5 Ett konstmuseum övervakas med ett HCS12-baserat mikrodatorsystem. I systemet finns ett antal sensorer utplacerade exempelvis på tavlor samt i dörrar och fönster. Vissa dörrar har också datorstyrda lås. Under öppettiderna ingår såväl kassan som två utplacerade vakter i övervakningen. I kassan och hos vakterna finns larmknappar som är anslutna till HCS12's avbrottssystem enligt figuren nedan.

a) Vid uppstart med RESET-begäran skall systemet initieras omedelbart. Därför leder reset-vektorn till adressen INIT, som är startadressen för initieringsavsnittet. Såväl resetvektor som avbrottsvektor är redan lagrade i ROM.

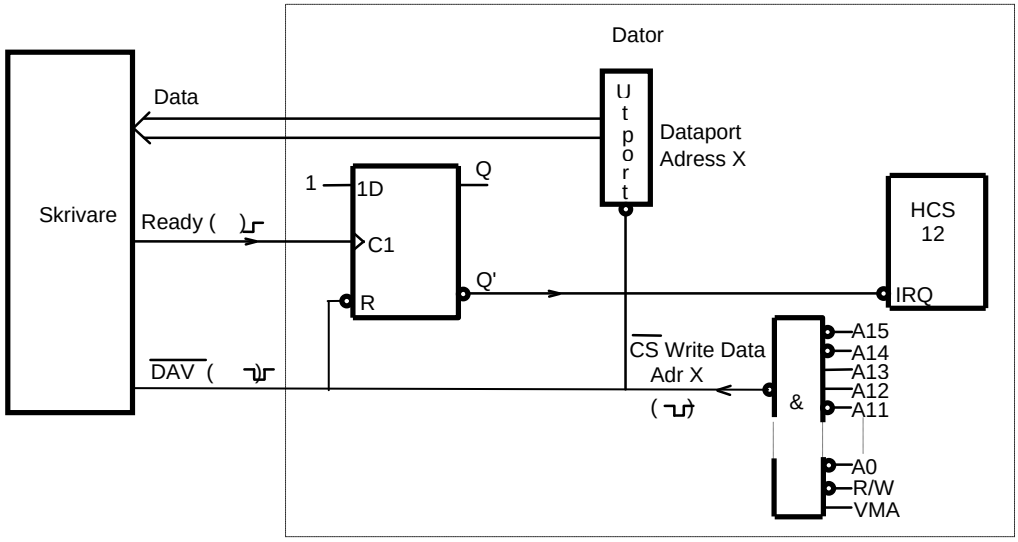
Tänk noga igenom vad som behöver göras i INIT. Du har bl a god hjälp av figuren.
Skriv programavsnittet INIT i HCS12-assemblerspråk, som initierar systemet så att det kan hantera dels övervakningen, dels avbrott på IRQ-ingången. INIT avslutas med hopp till rutinen CONTROL.

b) Skriv en avbrottsrutin, IRQALARM, som skall avgöra om en avbrottsbegäran kommer från kassan, från vaktställe eller från båda.

Om avbrottsbegäran enbart kommer från kassan, skall subrutinen ENTRANCE anropas. Om avbrottsbegäran enbart kommer från en vakt, skall subrutinen GUARD anropas. Om avbrottsbegäran kommer från både kassan och en vakt, skall subrutinen CHAOS anropas. Dessa subrutiner finns redan och vidtar de åtgärder som skall göras i respektive fall, exempelvis i form av dörrlåsning och vidarebefordran av larm.
Tänk noga igenom vilka åtgärder som behöver göras i samband med att en avbrotts-begäran betjänas. Din avbrottsrutin skall hantera det som har med avbrottet att göra.



3.6 Figuren visar hur en skrivare är kopplad till en HCS12-baserad mikrodator.



När skrivaren är beredd att ta emot ett ASCII-tecken från datorn signalerar den det genom att låta signalen **Ready** gå från noll till ett. Ett tecken kan då skrivas ut på skrivaren genom att datorn matar ut motsvarande ASCII-tecken på utporten. Skrivaren känner av att det kommer en negativ puls på ledningen **DAV'** och nollställer omedelbart signalen **Ready** samt börjar skriva ut tecknet.

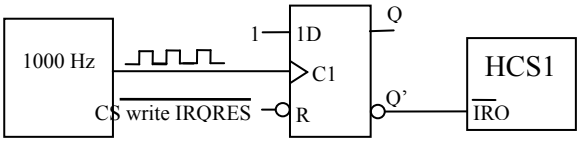
a) Ange på vilken hexdecimal adress, som ASCII-tecknen matas ut till skrivaren.

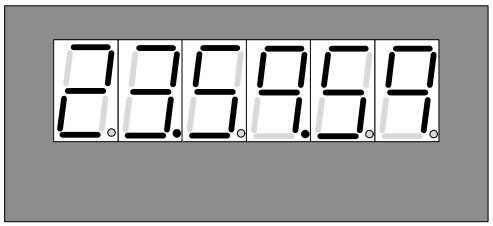
b) Skriv en subrutin, INISTR, som initierar avbrottsstyrd utmatning av en textsträng till skrivaren. Den skall se till att IRQ-avbrott accepteras och att hopp sker till avbrottsrutinen på adressen PRIRQ.
Vid anrop av INISTR skall en pekare (16 bitar) till det första tecknet i textsträngen finnas i X-registret. INISTR skall placera pekaren på adressen STRPNT (och STRPNT+1) i minnet samt nollställa avbrottsvippan.
Eftersom man endast kan nollställa avbrottsvippan genom att mata ut ett dataord till skrivaren är det lämpligt att mata ut dataordet $00 som inte ger någon utskrift. IRQ-vektorn på adressen $3FF2 är placerad i ett läs- och skrivbart minne (RWM).

c) Skrivaren är enda avbrottskälla i systemet. Skriv en avbrottsrutin, PRIRQ, som läser ett ASCII-tecken från strängen i minnet och matar ut det till skrivaren.

Adressen, från vilken ASCII-tecknet skall hämtas, är lagrad i minnet i en s k pekare STRPNT (16 bitar). PRIRQ skall också se till att nästa tecken i strängen kommer att matas ut vid nästa avbrott. Textsträngen som skall matas ut avslutas med dataordet $00. När avbrottsrutinen läser dataordet $00 är strängen färdigutmatad och nya avbrott skall då förhindras genom att avbrottssystemet stängs av.

3.7 Ett MC12-system är bestyckat med en pulsgenerator som genererar avbrott varje millisekund och en klockmodul som kan visa tid.





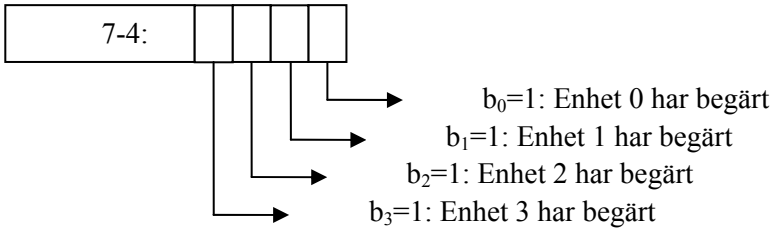
Du skall konstruera ett system som räknar ner till ”12-slaget” på nyårsafton. För detta krävs en rutin (IRQINIT) som initierar systemet och en avbrottsrutin (IRQ), som anropas varje millisekund, och som minskar en klockvariabel. Klockvariabeln skrivs till en display av huvudprogrammet. Du behöver inte befatta dig med utskriftsrutinen.
När programmet startas skall displayen visa (börja på) 23:59:59. Vi skall räkna ner det sista dygnet, alltså tills displayen visar 00:00:00.
Avbrott kvitteras genom en skrivning på den symboliska adressen IRQRES (se även figur ovan).
Avbrottsrutinen ska uppdatera den symboliska klockvariabeln CLOCK, deklarerad enligt följande:

```
CLOCK   RMB     3     ; Variabel innehållande klockan tt:mm:ss
```

där `tt` är timmar (00-23), `mm` är minuter (00-59) och `ss` sekunder (00-59). Alla siffror lagras som NBCD-tal.
När klockan räknat ner till noll skall den stanna och huvudprogrammet fortsätta som vanligt.
Initieringsrutinen (IRQINIT): ska initiera nödvändiga variabler, dvs. ställa initial tid och i övrigt förbereda systemet för att ta emot och behandla avbrott. Det finns inga andra avbrottskällor i systemet.
Du får själv skapa ytterligare hjälpvariabler för klockavbrotten efter behov. Systemets avbrottsvektor IRQ finns is RWM på adress $3FF2.

a) Skriv initieringsrutinen IRQINIT
b) Skriv avbrottsrutinen IRQ

3.8 Kalle student konstruerar yttre enheter till ett MC12-system. Konstruktionen visar sig innehålla vissa brister. Detta diskuteras i deluppgifter b,c och d nedan). Läs därför igenom hela uppgiften innan du börjar lösa den.
Systemet skall användas för att betjäna fyra yttre enheter numrerade 0 t o m 3. Oberoende av varandra kan enheterna begära avbrott . Begäran om avbrott görs genom att en till enheten hörande statusflagga ettställs. Enheternas statusflaggor, som också numreras 0 t o m 3, har i ordningsföljd samlats i bitarna 0 - 3 av ett statusregister på adress $700. Se figur. Oberoende av vilken statusflagga som ettställs så skickas en avbrottssignal (IRQ) till processorn. Vid en skrivning på adress $700 nollställs statusflaggorna.



Enheternas servicerutiner finns tillgängliga och har lagrats som subrutiner med namnen DSR0 – DSR3.

a) Skriv en avbrottshanterare som undersöker vilken enhet som begärt avbrott och anropar tillhörande avbrottsrutin.
b) Det visar sig att Kalles konstruktion inte upptäcker alla avbrott i vissa sammanhang. När inträffar detta?
c) Vad kan göras i mjukvara för att minska risken för detta?
d) Vad kan göras i hårdvara för att eliminera problemet?

3.9 Antag att en dator används för enkel tidtagning vid en idrottstävling. Till datorn finns kopplat två sensorer samt en klockkrets. (Dessutom finns en display, men den behöver inte programmeras i denna uppgift.) Den första sensorn känner när startskottet går och den andra när den tävlande passerar mållinjen. De två sensorerna är kopplade till *samma* 16-bitars styrregister. Detta ligger på adressen 1234 (hex) och adressen till dess avbrottsvektor är FF80. Styrregistret aktiveras och inaktiveras genom att bit nr 0 i det sätts till 1 resp. 0. Om registret är inaktiverat påverkas det inte av inkommande signaler, men om det är aktiverat gäller följande: När en signal kommer från någon av de två sensorerna sätts bit nr 7 i registret till 1. Om man har satt bit nr 6 i registret till 1 genereras då även en avbrottssignal till processorn. Styrregistret skall återställas efter ett avbrott genom att man sätter bit 7 till 0.

Klockkretsen är kopplad till ett annat 16-bitars styrregister, vilket ligger på adressen 1230 (hex). Adressen till dess avbrottsvektor är FF70. Detta styrregister har samma konfiguration och fungerar på samma sätt som styrregistret för sensorerna. Den enda skillnaden är de inkommande signalerna kommer från klockkretsen istället för sensorerna. Klockkretsen genererar 500 signaler per sekund.

Uppgiften är att skriva ett C-program som gör en tidsmätning. När programmet startar skall det visa tiden 0 på en display och vänta tills startskottet går. När detta sker skall klockan aktiveras och tiden skall visas fortlöpande på displayen. Displayen skall visa tiden uttryckt i hundradels sekunder och den visade tiden skall uppdateras hundra gånger per sekund. När den tävlande passerar mållinjen skall klockan stoppas och sluttiden visas konstant på displayen. Programmet behöver bara klara en tidsmätning. (Vill man göra en ny får man starta om programmet genom att trycka på reset-knappen.)

Du får förutsätta att det finns en färdigskriven C-funktion med namnet display. Denna har en parameter av typen **long int** och när den anropas visar den parameterns värde på en display.

Du får också förutsätta att följande två färdigskrivna assemblerrutiner finns:

```
                segment  text
                define   _clocktrap
                define   _sensortrap
_clocktrap:     JSR      _clockinter
                RTI
_ sensortrap:   JSR      _sensorinter
                RTI
```

Det finns också en färdigskriven assemblerrutin som anropar funktionen `main` när processorn startar. Skriv resten av programmet (i C).

4 *Programmering av periferikretsar*

4.1 Parallellporten *Port P*, i ett HCS12-system kan programmeras så att varje bit kan utgöra antingen en insignal, eller en utsignal. Porten har två olika register, som specificeras enligt följande:

Parallel port P (PORTP)											
Address		7	6	5	4	3	2	1	0	Mnemonic	Namn
$700	R	1=OUT	1=OUT	1=OUT	1=OUT	1=OUT	1=OUT	1=OUT	1=OUT	DDR	Data Direction Register
	W	0=IN	0=IN	0=IN	0=IN	0=IN	0=IN	0=IN	0=IN		
$701	R	0	0	0	0	0	0	0	0	DATA	Data Register
	W	1	1	1	1	1	1	1	1		

I figuren anges registrens innehåll efter "RESET".

- DDR: 1 anger att positionen är en utsignal, 0 anger att positionen är en insignal. Bitarna kan programmeras oberoende av varandra, dvs. godtycklig kombination av insignaler och utsignaler kan åstadkommas. Registret är både skrivbart och läsbart i sin helhet.
- DATA: Består i själva verket av två olika register (R,W):
    - R: innehåller insignaler för de bitar som programmerats som insignaler. Endast 0 får skrivas, till en bit som är programmerad som insignal.
    - W: används då biten är programmerad som en utsignal. Då en bit som är programmerad som utsignal läses kommer detta alltid att resultera i värdet 1, oavsett vilket värde som tidigare skrivits till databiten.

a) Visa en lämplig deklaration av porten med användning av en `struct`. Visa också en funktion, `void portPinit(void)` som initierar port P så att bitarna b_7-b_5 används som en 3-bitars inport och bitarna b_4-b_0 används som en 5-bitars utport.

b) Visa en funktion, `void outPortP(unsigned char c )` som matar ut bitarna b_4-b_0, av `c`, till port P.

c) Visa en funktion, `unsigned char inPortP( void )` som returnerar bitarna b_7-b_5 hos port P som en `unsigned char`, dvs. värden i intervallet 0 t.o.m. 7.

4.2 Parallellporten *Port P*, i ett HCS12-system kan programmeras så att varje bit kan utgöra antingen en insignal, eller en utsignal. Portarna som används för insignaler kan dessutom konfigureras så att ett avbrott genereras då en yttre enhet ändrat värdet hos insignalen.

Porten har tre olika register, som specificeras enligt följande:

Parallel port P (PORTP)											
Address		7	6	5	4	3	2	1	0	Mnemonic	Namn
$700	R	1=OUT	1=OUT	1=OUT	1=OUT	1=OUT	1=OUT	1=OUT	1=OUT	DDR	Data Direction Register
	W	0=IN	0=IN	0=IN	0=IN	0=IN	0=IN	0=IN	0=IN		
$701	R	IF	IF	IF	IF	IF	IF	IF	IF	ICIE	Input Change Interrupt
	W	IEA	IEA	IEA	IEA	IEA	IEA	IEA	IEA		
$702	R	0	0	0	0	0	0	0	0	DATA	Data Register
	W	1	1	1	1	1	1	1	1		

- DDR: 1 anger att positionen är en utsignal, 0 anger att positionen är en insignal. Bitarna kan programmeras oberoende av varandra, dvs. godtycklig kombination av insignaler och utsignaler kan åstadkommas. Registret är både skrivbart och läsbart i sin helhet.
- ICIE: Består av olika delar (R=IF/W=IEA).
  - IEA (Interrupt Enable/Acknowledge). Biten är 0 efter RESET. Då 1 (Interrupt Enable) skrivs till biten aktiveras avbrottsgenerering vid ändring av motsvarande bit i DATA-registret om denna programmerats som insignal. Om motsvarande bit i DDR i stället programmerats som utsignal, genereras inga avbrott. IEA-biten har då ingen funktion. Då 1 skrivs till en bit som tidigare satts till 1, fungerar detta i stället som en Interrupt Acknowledge-funktion, dvs. IF (Interrupt Flag) nollställs. För att helt återställa avbrottsmekanismen för denna bit i DATA-registret skrivs 0 till IEA.
  - IF (Interrupt Flag) Biten är 0 efter RESET. Då motsvarande bit i DDR är programmerad som en insignal och motsvarande IEA är 1, sätts IF till 1 och ett avbrott (IRQ) genererers, avbrottsvektor FFF2.
- DATA: Består i själva verket av två olika register (R,W):
  - R: innehåller insignaler för de bitar som programmerats som insignaler. Endast 0 får skrivas, till en bit som är programmerad som insignal.
  - W: används då biten är programmerad som en utsignal. Då en bit som är programmerad som utsignal läses kommer detta alltid att resultera i värdet 1, oavsett vilket värde som tidigare skrivits till databiten.

a) Visa en lämplig deklaration av porten med användning av en `struct`. Visa också en funktion, `void portPinit(void)` som initierar port P, på adress 0x700 i minnet, så att bitarna b_7-b_4 används som en 4-bitars inport och bitarna b_3-b_0 används som en 4-bitars utport. Då någon av inportens bitar ändras ska avbrott genereras.

b) Visa en funktion, `void outPortP(unsigned char c )` som matar ut bitarna b_3-b_0, av `c`, till port P.

c) Visa hur du implementerar en avbrottsfunktion, `void irqPortP( void )` som kvitterar ett avbrott från någon av portens ingångar.

d) Visa nödvändiga programdelar i assemblerspråk, dvs. hur avbrottsrutinen definieras, avbrottsvektorn initieras (antag att FFF2 är läs- och skrivbart minne) och hur processorn förbereds för att acceptera avbrotten i ett huvudprogram. Använd endast standard-C konstruktioner och/eller assemblerspråk för HCS12.

4.3 Följande figur beskriver de register som används för att styra PLL-kretsen hos HCS12:

Clock Reset Generator (CRG)											
Address		7	6	5	4	3	2	1	0	Mnemonic	Namn
$34	R	0	0	SYN5	SYN4	SYN3	SYN2	SYN1	SYN0	SYNR	Synthesizer Register
	W										
$35	R	0	0	0	0	REFDV3	REFDV2	REFDV1	REFDV0	REFDV	Reference Divide Register
	W										
$37	R	RTIF	PORF	LVRF	LOCKIF	LOCK	SCMIE	SCMIF	SCM	CRGFLG	Flags Register
	W										
$39	R	PLLSEL	PSTP	SYSWAI	ROAWAI	PLLWAI	CWAI	RTIWAI	COPWAI	CLKSEL	Clock Select Register
	W										

Vårt system har en 10 MHz oscillator. PLL-kretsen ska programmeras för att generera busfrekvensen 25 MHz.

a) Visa en subrutin `PLLINIT` i assemblerspråk, alla adresser och bitar ska definieras med sina symbolnamn enligt figuren.

Följande figur ger en översikt av hela CRG-modulen.

Adress	Mnemonic	Namn
$34	SYNR	Synthesizer Register
$35	REFDV	Reference Divide Register
$36	CTFLG	*)Test Flags Register
$37	CRGFLG	Flags Register
$38	CRGINT	Interrupt Enable Register
$39	CLKSEL	Clock Select Register
$3A	PLLCTL	PLL Control Register
$3B	RTICTL	RTI Control Register
$3C	COPCTL	COP Control Register
$3D	FORBYP	*)Force and Bypass Test Register
$3E	CTCTL	*)Test Control Register
$3F	ARMCOP	COP Arm/Timer Reset

b) Visa en typdeklaration i för hela CRG-modulen, i form av en 'C'-`struct`, enligt följande:

```
typedef struct sCRG{
     ...
     ...
}CRG, *PCRG ;
```

c) Använd typdeklarationen i b) och visa en C-funktion **`void`** `InitPLL(`**`void`**`)`. Definiera och använd lämpliga symboliska namn för alla konstanter.

d) Komplettera typdeklarationen från b) för de register som används av PLL-kretsen så att bitar och grupper av bitar deklareras som bitfält.

e) Använd typdeklarationen i d) och visa en C-funktion **`void`** `InitPLL2(`**`void`**`)`. Definiera och använd lämpliga symboliska namn för alla konstanter.

4.4 Följande figur beskriver register som används för den enkla realtidsklockan hos HCS12 (se även figuren med översikt av CRG-modulen i uppgift 4.1):

Clock Reset Generator (CRG)											
Offset		7	6	5	4	3	2	1	0	Mnemonic	Namn
$37	R	RTIF	PORF	LVRF	LOCKIF	LOCK	SCMIE	SCMIF	SCM	CRGFLG	Flags Register
	W										
$38	R	RTIE	0	0	LOCKIE	0	0	SCMIE	0	CRGINT	Interrupt Enable Register
	W										
$3B	R	0	RTR6	RTR5	RTR4	RTR3	RTR2	RTR1	RTR0	RTICTL	RTI Control Register
	W										

RTR [3:0]	RTR[6:4]							
	000 (OFF)	001	010	011	100	101	110	111
0000	OFF	2^{10}	2^{11}	2^{12}	2^{13}	2^{14}	2^{15}	2^{16}
0001	OFF	$2x2^{10}$	$2x2^{11}$	$2x2^{12}$	$2x2^{13}$	$2x2^{14}$	$2x2^{15}$	$2x2^{16}$
0010	OFF	$3x2^{10}$	$3x2^{11}$	$3x2^{12}$	$3x2^{13}$	$3x2^{14}$	$3x2^{15}$	$3x2^{16}$
0011	OFF	$4x2^{10}$	$4x2^{11}$	$4x2^{12}$	$4x2^{13}$	$4x2^{14}$	$4x2^{15}$	$4x2^{16}$
0100	OFF	$5x2^{10}$	$5x2^{11}$	$5x2^{12}$	$5x2^{13}$	$5x2^{14}$	$5x2^{15}$	$5x2^{16}$
0101	OFF	$6x2^{10}$	$6x2^{11}$	$6x2^{12}$	$6x2^{13}$	$6x2^{14}$	$6x2^{15}$	$6x2^{16}$
0110	OFF	$7x2^{10}$	$7x2^{11}$	$7x2^{12}$	$7x2^{13}$	$7x2^{14}$	$7x2^{15}$	$7x2^{16}$
0111	OFF	$8x2^{10}$	$8x2^{11}$	$8x2^{12}$	$8x2^{13}$	$8x2^{14}$	$8x2^{15}$	$8x2^{16}$
1000	OFF	$9x2^{10}$	$9x2^{11}$	$9x2^{12}$	$9x2^{13}$	$9x2^{14}$	$9x2^{15}$	$9x2^{16}$
1001	OFF	$10x2^{10}$	$10x2^{11}$	$10x2^{12}$	$10x2^{13}$	$10x2^{14}$	$10x2^{15}$	$10x2^{16}$
1010	OFF	$11x2^{10}$	$11x2^{11}$	$11x2^{12}$	$11x2^{13}$	$11x2^{14}$	$11x2^{15}$	$11x2^{16}$
1011	OFF	$12x2^{10}$	$12x2^{11}$	$12x2^{12}$	$12x2^{13}$	$12x2^{14}$	$12x2^{15}$	$12x2^{16}$
1100	OFF	$13x2^{10}$	$13x2^{11}$	$13x2^{12}$	$13x2^{13}$	$13x2^{14}$	$13x2^{15}$	$13x2^{16}$
1101	OFF	$14x2^{10}$	$14x2^{11}$	$14x2^{12}$	$14x2^{13}$	$14x2^{14}$	$14x2^{15}$	$14x2^{16}$
1110	OFF	$15x2^{10}$	$15x2^{11}$	$15x2^{12}$	$15x2^{13}$	$15x2^{14}$	$15x2^{15}$	$15x2^{16}$
1111	OFF	$16x2^{10}$	$16x2^{11}$	$16x2^{12}$	$16x2^{13}$	$16x2^{14}$	$16x2^{15}$	$16x2^{16}$

Vårt system har en 10 MHz oscillator. Realtidsklockan ska programmeras för att generera periodiska avbrott med c:a 10ms intervall. *Ledning*: 3×2^{15} pulser/period ger tillräcklig noggrannhet. Programpaketet ska bestå av delar implementerade såväl i assemblerspråk som i 'C'.

En "servicerutin" `void AtRTIrq(void)` , i 'C', ska anropas från en avbrottsrutin `RTIRQ`.

Initieringsrutiner för klockfunktionen ska finnas både i assemblerspråk och 'C'.

a) Implementera en subrutin `RTINIT` i assemblerspråk, alla adresser och bitar ska definieras med sina symbolnamn enligt figuren. Använd ledningen ovan för tidbasen.
b) Vad blir den *verkliga* periodtiden?
c) Implementera avbrottsrutinen `RTIRQ` som ska:
    1. Kvittera avbrottet,
    2. utföra `AtRTIrq`.
d) Implementera en C-funktion `void RTInit(void)`. Definiera och använd lämpliga symboliska namn för alla konstanter. Använd typdeklaration från uppgift 4.1.

C-funktionen `AtRTIrq` ska implementera en realtidsklocka, som underhåller en global variabel `RealTime` deklarerad enligt följande:

```
REAL_TIME_TYPE RealTime;
```

där:

```
typedef struct tRealTime {
  int  t_irq;
  int  t_sec;
  int  t_min;
  int  t_hour;
} REAL_TIME_TYPE;
```

Du behöver inte ta hänsyn till begynnelsevärden.

e) Implementera funktionen `AtRTIrq`.

4.5 Följande figur beskriver register som används för seriekommunikationskretsen (SCI) hos HCS12:

Serial Communication Interface (SCI)											
Adress		7	6	5	4	3	2	1	0	Mnemonic	Namn
$C8	R	0	0	0	SBR12	SBR11	SBR10	SBR9	SBR8	SCIBDH	Baud Rate Register High
	W										
$C9	R	SBR7	SBR6	SBR5	SBR4	SBR3	SBR2	SBR1	SBR0	SCIBDL	Baud Rate Register Low
	W										
$CA	R	LOOPS	SCISWAI	RSRC	M	WAKE	ILT	PE	PT	SCICR1	Control Register 1
	W										
$CB	R	TIE	TCIE	RIE	ILIE	TE	RE	RWU	SBK	SCICR2	Control Register 2
	W										
$CC	R	TDRE	TC	RDRF	IDLE	OR	NF	FE	PF	SCISR1	Status Register 1
	W										
$CD	R	0	0	0	0	0	BRK13	TXDIR	RAF	SCISR2	Status Register 2
	W										
$CE	R	R8	T8	0	0	0	0	0	0	SCIDRH	Data Register High
	W										
$CF	R	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	R0	SCIDRL	Data Register Low
	W	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0		

Enkla drivrutiner för denna seriekrets ska konstrueras, rutinerna specificeras av följande:

```
void serial_init( void );    /* initiera gränssnittet */
void serial_out( char c );   /* skicka ett tecken via gränssnittet */
char serial_in( void );      /* ta mot ett tecken från gränssnittet */
```

`serial_in` ska använda ”busy wait”, dvs. alltid returnera ett tecken.

PLL-klockan har initierats för 25 MHz frekvens. Välj överföringshastigheten 57600 baud. Sambandet mellan baudrate och det värde *BR* (1-8191) som ska skrivas till SCIBDH/SCIBDL är:

$$BR = \frac{PLLCLK}{16 \times baudrate}$$

a) Bestäm värdet *BR*.
b) Implementera en subrutin `SERIAL_INIT` i assemblerspråk, alla adresser och bitar ska definieras med sina symbolnamn enligt figuren ovan.
c) Skapa en lämplig typdeklaration (C-struct) för seriekretsen, använd symboliska namn enligt figuren ovan.
d) Implementera `void serial_init( void )` i ’C’. Definiera och använd lämpliga symboliska namn för alla konstanter. Använd typdeklarationen från c).
e) Implementera en subrutin `SERIAL_IN` i assemblerspråk, alla adresser och bitar ska definieras med sina symbolnamn enligt figuren ovan. Returvärdet ska skickas i register B.
f) Implementera `char serial_in( void )` i ’C’. Definiera och använd lämpliga symboliska namn för alla konstanter. Använd typdeklarationen från c).
g) Implementera en subrutin `SERIAL_OUT` i assemblerspråk, alla adresser och bitar ska definieras med sina symbolnamn enligt figuren ovan. Tecken som ska skrivas ut förutsätts finnas i register B vid anrop.
h) Implementera `void serial_out( char c )` i ’C’. Definiera och använd lämpliga symboliska namn för alla konstanter. Använd typdeklarationen från c).

Maskinnära programmering

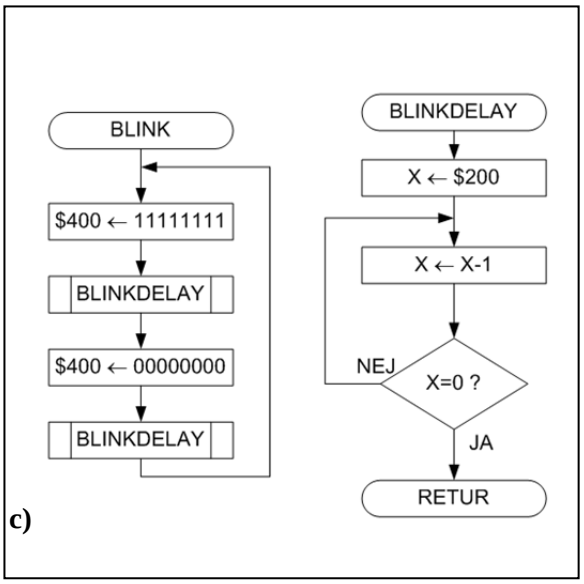
- Lösningsförslag till exempelsamling

Institutionen för Data och Informationsteknik
Chalmers tekniska högskola
Göteborg VT-2014

1 Grundläggande assemblerprogrammering

1.1

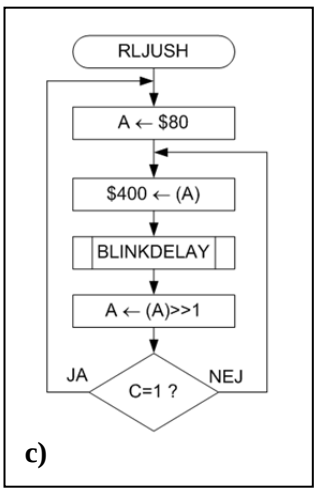
```
;
;  BlinkandeLjus1.s12
;

        ORG     $1000
main:   JSR     BlinkB
        BRA     main

; uppgift a)
BlinkA: LDAA    #$FF
        STAA    $400
        LDAA    #0
        STAA    $400
        BRA     BlinkA

; uppgift b)
BlinkB: LDAA    #$FF
        STAA    $400
        JSR     BLINKDELAY
        LDAA    #0
        STAA    $400
        JSR     BLINKDELAY
        BRA     BlinkB


BLINKDELAY:
        LDX     #$200
BLINKDELAY1:
        LEAX    -1,X
        CPX     #0
        BNE     BLINKDELAY1
        RTS
```



c)

1.2 a), b)

```
RLJUSH:
        LDAA    #$80
RLJUSH1:
        STAA    $400
        JSR     BLINKDELAY
        RORA
        BCS     RLJUSH
        BRA     RLJUSH1
```



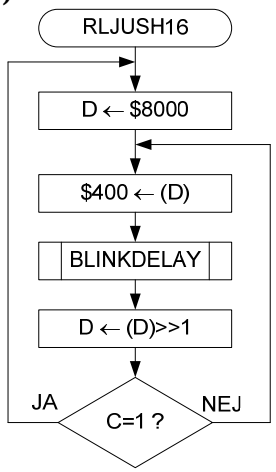
c)

1.3

b)

```
RLJUSH16:
          LDD     #$8000
RLJUSH16_1:
          STD     $400
          JSR     BLINKDELAY
          RORA
          RORB
          BCS     RLJUSH16
          BRA     RLJUSH16_1
```

a)

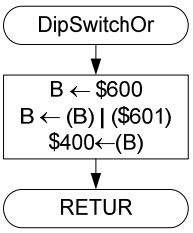


1.4

b)

```
main:
          JSR     DipSwitchOr
          BRA     main

DipSwitchOr:
          LDAB    $600
          ORAB    $601
          STAB    $400
          RTS
```

a)

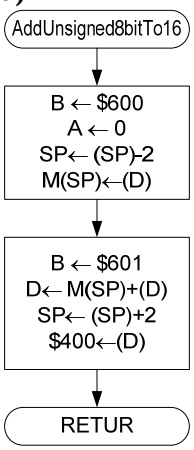


1.5

```
; Symboliska adresser
DipSwitch  EQU     $600
HexDisp    EQU     $400

; Subrutin DipHex
DipHex:    LDAA    DipSwitch
           CLRB

DipHex10:  TSTA
           BEQ     DipHex20

           INCB
           LSRA
           BCC     DipHex10

DipHex20:  STAB    $400
           RTS
```

1.6

a)



b)

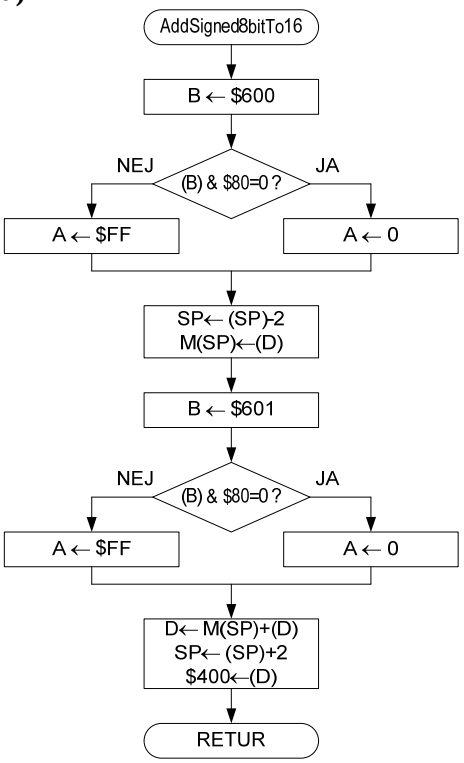
```
; Huvudprogram
main:      JSR     AddUnsigned8bitTo16
           BRA     main

; Subrutin
AddUnsigned8bitTo16:
           LDAB    $600
           CLRA
           PSHD
           LDAB    $601
           ADDD    2,SP+
           STD     $400
           RTS
```

1.7

b)

```
; Huvudprogram
main:   JSR     AddSigned8bitTo16
        BRA     main

; Subrutin
AddSigned8bitTo16:
        LDAB    $600
        SEX     B,D
        PSHD
        LDAB    $601
        SEX     B,D
        ADDD    2,SP+
        STD     $400
        RTS
```

a)



1.8

```
DipSwitch:    EQU     $600
HexDisp:      EQU     $400

DipHex2:      LDD     DipSwitch
              MUL
              STD     HexDisp
              RTS
```

1.9

```
ML4_INPUT:      EQU     $0600
ML4_OUTPUT:     EQU     $0400
ERROR_CODE:     EQU     $5D

DisplayNBCD:    LDX     #SegCodes       ; Pekare
DisplayNBCD1:   LDAA    ML4_INPUT       ; Läs strömbrytare
                BPL     DisplayNBCD2    ; Om Bit 7=0
                                        ; Och ja, LDAA påverkar faktiskt både
                                        ; N och Z flaggan
                CLR     ML4_OUTPUT      ; Släck
                BRA     DisplayNBCD1

DisplayNBCD2:   ANDA    #$0F            ; Maska fram b3-b0
                CMPA    #9              ; [0,9]?
                BHI     DisplayNBCD3
                LDAB    A,X             ; Hämta segmentkod för [0,9]
                STAB    ML4_OUTPUT      ; Visa siffra
                BRA     DisplayNBCD1

DisplayNBCD3:   LDAB    #ERROR_CODE     ; Kod för E
                STAB    ML4_OUTPUT      ; Visa siffra
                BRA     DisplayNBCD1

SegCodes        FCB  $77,$22,$5B,$6B,$2E,$6D,$7D,$23
                FCB  $7F,$6F,$3F,$7C,$55,$7A,$5D,$18
```

1.10

```
Inport       EQU    $600
UtportP      EQU    $400
UtportQ      EQU    $401
UtportR      EQU    $402
ERROR_CODE:  EQU    $5D          ; Segmentkod för E (Error)

SumPQ:       LDX    #SegCodes    ; Pekare till tabell
             LDAB   Inport       ; Läs inporten
             TFR    B,A          ; Kopiera
             LSRA                ; Skifta fram P
             LSRA
             LSRA
             LSRA
             MOVB   A,X,UtportP  ; Skriv P
             ANDB   #$0F         ; Maska fram Q
             MOVB   B,X,UtportQ  ; Skriv Q
             ABA                 ; Summan R
             CMPA   #10          ; Giltigt värde
             BLO    SumPQ_1      ; ..hoppa om JA
             LDAB   #ERROR_CODE  ; Skriv Error
             STAB   UtportR
             BRA    SumPQ
SumPQ_1:     LDAB   A,X          ; Översätt R till Segmentkod
             STAB   UtportR      ;.. och skriv ut
             BRA    SumPQ

SegCodes     FCB  $77,$22,$5B,$6B,$2E,$6D,$7D,$23
             FCB  $7F,$6F,$3F,$7C,$55,$7A,$5D,$18
```

1.11

```
; Subrutin Display visar ett NBCD-tal i A på två sifferindikatorer
; Indata: Register A, Ett NBCD-tal [0,99]
Display:     LDX    #SegCodes    ; Pekare
             TFR    A,B          ; Spara kopia
; Register A används för EN-talen och...
; Register B används för TIO-talen
             LSRB                ; Skifta fram TIO-talen
             LSRB
             LSRB
             LSRB
             LDAB   B,X          ; ..och visa TIO-talen
             STAB   UtPort1
             ANDA   #$0F         ; Ta fram EN-talen
             LDAA   A,X          ; ..och visa EN-talen
             STAA   UtPort2
             RTS

; Subrutin Read laser inporten, spegelvänder data och lämnar detta i Register A
Read         LDAB   InPort
             LDX    #8           ; Skifta 8 bitar
Read_1:
             LSRB                ; Skifta ut...
             ROLA                ; ... och in
             DEX                 Sista?
             BNE    Read_1       ; Nej
             RTS

SegCodes     FCB  $77,$22,$5B,$6B,$2E,$6D,$7D,$23
             FCB  $7F,$6F,$3F,$7C,$55,$7A,$5D,$18
```

2 Grundläggande programmering i ’C’

2.1

a) 0..255
b) –126..127
c) 0..65535
d) –32768..32767
e) –32768..32767

2.2

a) 0.. 4294967295
b) –2147483648.. 2147483647

2.3

`auto` : synlig endast i den funktion den deklarerats.
`static` : synlig endast i den källtextfil den deklarerats.
`global` : synlig från alla programdelar.

2.4

```
int          a;
static  int  sia;
extern  int  eia;

void f( void)
{
   int     b;
   auto    int  aib;
   static  int  sib;
   extern  int  eib;
}
```

2.5

a) `(( unsigned char *) 0x400)`
b) `(( signed char *) 0x400)`
c) `(( unsigned short *) 0x400)`
d) `(( signed short *) 0x400)`

2.6

```
#include  <stdint.h>
```

a) `(( uint8_t *) 0x400)`
b) `(( int8_t *) 0x400)`
c) `(( uint16_t *) 0x400)`
d) `(( int16_t *) 0x400)`

2.7

a)

```
typedef   void (* function1 )(void);
#define   reentry ((function1) (0xC00F))
```

b)

```
typedef   void (* function2 )(char);
#define   outcha  ((function2) (0xC006))
```

c)

```
typedef char (* function3 )(void);
#define tstcha  ((function3) (0xC003))
```

2.8 **a)**

```
typedef struct {
   int  t, n;
} rat_tal;
```

b)

```
rat_tal add(rat_tal r1, rat_tal r2)
{
   rat_tal res;
   res.t = r1.t*r2.n + r2.t*r1.n;
   res.n = r1.n*r2.n;
   return res;
}
rat_tal mul(rat_tal r1, rat_tal r2)
{
   rat_tal res;
   res.t = r1.t*r2.t;
   res.n = r1.n*r2.n;
   return res;
}
```

2.9 **a)**

```
int strlen (const char *s)
{
   const char *p=s;
   while (*p++)
      ;
   return p-1-s;
}
```

b)

```
int strlen (const char *s)
{
   int  i=0;
   while ( s[i] )
      i++;
   return i;
}
```

c)

```
// pekare
;   int strlen (const char *s)
_strlen:
;  {
   LEAS -2,SP
;     const char *p=s;
   LDD  4,SP
   STD  0,SP
;     while (*p++)
_1:
   LDX  0,SP
   TST  1,X+
   STX  0,SP
   BNE  _1
;       ;
;     return p-1-s;
   LDD  0,SP
   SUBD 4,SP
   LDX  #-1
   LEAX D,X
   TFR  X,D
;  }
   LEAS 2,SP
   RTS
```

```
// indexering
;  int strlen (const char *s)
_strlen:
;  {
   LEAS -2,SP
;     int  i=0;
   CLRA
   CLRB
   STD  0,SP
;     while ( s[i] )
_1:
   LDD  0,SP
   ADDD 4,SP
   TFR  D,X
   TST  0,X
   BEQ  _2
;       i++;
   LDX  0,SP
   INX
   STX  0,SP
   BRA  _1
_2:
;     return i;
   LDD  0,SP
;  }
   LEAS 2,SP
   RTS
```

2.10 **a)**

```
void strcpy (char *s1, const char *s2)
{
   while (*s1++ = *s2++)
      ;
}
```

b)

```
void strcpy (char *s1, const char *s2)
{
   int  i = 0;
   while (s1[i] = s2[i])
      i++;
}
```

c)

```
// pekare
;  void strcpy (char *s1, const char *s2)
_strcpy:
;  {
;     while (*s1++ = *s2++)
_1:
   LDX  2,SP
   LDY  4,SP
   LDAB 1,Y+
   STAB 1,X+
   STX  2,SP
   STY  4,SP
   TSTB
   BNE  _1
;        ;
;  }
   RTS
```

```
// indexering
;  void strcpy (char *s1, const char *s2)
_strcpy:
;  {
   LEAS -3,SP
;     int  i = 0;
   CLRA
   CLRB
   STD  1,SP
;     while (s1[i] = s2[i])
_1:
   LDD  1,SP
   ADDD 7,SP
   TFR  D,X
   LDAB 0,X
   STAB 0,SP
   LDD  1,SP
   ADDD 5,SP
   TFR  D,X
   LDAB 0,SP
   STAB 0,X
   TSTB
   BEQ  _2
;        i++;
   LDX  1,SP
   INX
   STX  1,SP
   BRA  _1
_2:
;  }
   LEAS 3,SP
   RTS
```

2.11

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

double nollstalle(double (*f)(double), double a, double b, double eps)
{
   if (f(a) > 0 && f(b) < 0)
   {  // byt a och b
      double temp = a;
      a=b; b=temp;
   }
   if (!(f(a) < 0 && f(b) > 0))
   {
      printf("Nollställe saknas\n");
      exit(99);
   }
   // nu gäller f(a) < 0 < f(b)
   while (fabs(a-b) > eps)
   {
     double xm=(a+b)/2, fm=f(xm);
     if (fm < 0)
       a=xm;
     else if (fm > 0)
       b=xm;
     else
       return xm;  // Vi råkade finna nollstället
   }
   return (a+b)/2;
 }
```

2.12

```
typedef unsigned char *port8ptr;
#define ML4OUT_ADR 0x400
#define ML4IN_ADR 0x600

#define ML4OUT *((port8ptr) ML4OUT_ADR)
#define ML4IN *((port8ptr) ML4IN_ADR)

void blinkdelay( void )
{
   int  i;
   for( i = 0; i < 0x300 ; i++ );
}

void blink( void )
{
   ML4OUT = 0xFF;
   blinkdelay();
   ML4OUT = 0;
   blinkdelay();
}

void main( void )
{
   while( 1 )
   {
      blink ();
   }
}
```

2.13

```
typedef unsigned char *port8ptr;
#define ML4OUT_ADR 0x400
#define ML4IN_ADR 0x600

#define ML4OUT *((port8ptr) ML4OUT_ADR)
#define ML4IN *((port8ptr) ML4IN_ADR)

void blinkdelay( void )
{
   int  i;
   for( i = 0; i < 0x200 ; i++ );
}

void rljush( void )
{
   unsigned char c = 0;
   while( 1 )
   {
      if( c == 0 )
         c = 0x80;
      ML4OUT = c;
      blinkdelay();
      c = c >> 1 ;
   }
}

void main( void )
{
   rljush ();
}
```

2.14

```
typedef unsigned int *port16ptr;
#define ML4OUT_ADR 0x400

#define ML4OUT16 *((port16ptr) ML4OUT_ADR)

void blinkdelay( void )
{
   int  i;
   for( i = 0; i < 0x200 ; i++ );
}


void rljush16( void )
{
   unsigned int c = 0;
   while( 1 )
   {
      if( c == 0 )
         c = 0x8000;
      ML4OUT16 = c;
      blinkdelay();
      c = c >> 1 ;
   }
}

void main( void )
{
   rljush16 ();
}
```

2.15

```
typedef unsigned char *port8ptr;

#define ML4OUT_ADR 0x400
#define ML4IN_ADR1 0x600
#define ML4IN_ADR2 0x601

#define ML4OUT *((port8ptr) ML4OUT_ADR)
#define ML4IN1 *((port8ptr) ML4IN_ADR1)
#define ML4IN2 *((port8ptr) ML4IN_ADR2)

void DipSwitchOr( void )
{
   unsigned char c;
   while( 1 )
   {
      c = ML4IN1 | ML4IN2;
      ML4OUT = c;
   }
}

void main( void )
{
   DipSwitchOr ();
}
```

2.16

```
typedef unsigned char *port8ptr;

#define ML4OUT_ADR 0x400
#define ML4IN_ADR 0x600

#define ML4OUT *((port8ptr) ML4OUT_ADR)
#define ML4IN *((port8ptr) ML4IN_ADR)

void ff1( void )
{
   unsigned char pattern, bitpos;
   while( 1 )
   {
      pattern = ML4IN;

      if( ! pattern )
         bitpos = 0;
      else{
         for( bitpos = 1; bitpos < 8; bitpos++ )
         {
            if( pattern & 1 )
               break;
            pattern >>= 1;
         }
      }
      ML4OUT = bitpos;
   }
}


void main( void )
{
   ff1 ();
}
```

2.17

```
typedef unsigned char   *port8ptr;
typedef unsigned short  *port16ptr;

#define ML4OUT_ADR 0x400
#define ML4IN_ADR1 0x600
#define ML4IN_ADR2 0x601

#define ML4OUT16 *((port16ptr) ML4OUT_ADR)

#define ML4IN1 *((port8ptr) ML4IN_ADR1)
#define ML4IN2 *((port8ptr) ML4IN_ADR2)

void AddUnsigned8bitTo16( void )
{
   unsigned short int s;
   while( 1 )
   {
      s = ( unsigned short ) ML4IN1;
      s = s + ( unsigned short ) ML4IN2;
      ML4OUT16 = s;
   }
}

void main( void )
{
   AddUnsigned8bitTo16 ();
}
```

2.18

```
typedef  char   *port8ptr;
typedef  short  *port16ptr;

#define ML4OUT_ADR 0x400
#define ML4IN_ADR1 0x600
#define ML4IN_ADR2 0x601

#define ML4OUT16 *((port16ptr) ML4OUT_ADR)

#define ML4IN1 *((port8ptr) ML4IN_ADR1)
#define ML4IN2 *((port8ptr) ML4IN_ADR2)

void AddSigned8bitTo16( void )
{
   short s;
   while( 1 )
   {
      s = ( short ) ML4IN1;
      s = s + ( short ) ML4IN2;
      ML4OUT16 = s;
   }
}


void main()
{
   AddSigned8bitTo16 ();
}
```

2.19

```
typedef unsigned char   *port8ptr;
typedef unsigned int *port16ptr;

#define ML4OUT_ADR 0x400
#define ML4IN_ADR1 0x600
#define ML4IN_ADR2 0x601

#define ML4OUT16 *((port16ptr) ML4OUT_ADR)

#define ML4IN1 *((port8ptr) ML4IN_ADR1)
#define ML4IN2 *((port8ptr) ML4IN_ADR2)

void DipHex( void )
{
unsigned short int s;
   while( 1 )
   {
      s = ( unsigned short ) ML4IN1;
      s = s * ( unsigned short ) ML4IN2;
      ML4OUT16 = s;
   }
}
```

2.20

```
typedef unsigned char   *port8ptr;

#define ML4OUT_ADR1 0x400
#define ML4OUT_ADR2 0x401
#define ML4IN_ADR1 0x600
#define ML4IN_ADR2 0x601

#define ML4OUT1 *((port8ptr) ML4OUT_ADR1)
#define ML4OUT2 *((port8ptr) ML4OUT_ADR2)

#define ML4IN1 *((port8ptr) ML4IN_ADR1)
#define ML4IN2 *((port8ptr) ML4IN_ADR2)

void DivModHex( void )
{
   unsigned char q,r,pa;
   pa = ML4IN2;
   if( pa != 0 )
   {
      q = ML4IN1/pa;
      r = ML4IN1%pa;
   }else{
      q = 0xFF;
      r = 0xFF;
   }
   ML4OUT1 = q;
   ML4OUT2 = r;
}
```

2.21

```
typedef unsigned char   *port8ptr;

#define ML4OUT  *((port8ptr) 0x400)
#define ML4IN   *((port8ptr) 0x600)
#define ERROR_CODE 0x5D

unsigned char SegCodes[]={0x77,0x22,0x5B,0x6B,0x2E,0x6D,0x7D,0x23,
                          0x7F,0x6F,0x3F,0x7C,0x55,0x7A,0x5D,0x18 };


void DisplayNBCD( void )
{
   char c;
   while( 1 )
   {
```

```
      c = ML4IN;
      if( c & 0x80 )
      {
         ML4OUT = 0;
      }else{
         if( ( c & 0xF ) < 10 )
            ML4OUT = SegCodes[c & 0xF];
         else
            ML4OUT = ERROR_CODE;
      }
   }
}

void main()
{
   DisplayNBCD();
}
```

2.22

```
typedef unsigned char *port8ptr;

#define OUT *((port8ptr) 0x400)
#define IN1 *((port8ptr) 0x600)
#define IN2 *((port8ptr) 0x601)

void DipSwitchEor( void )
{
   while( 1 )
   {
      OUT = IN1 ^ IN2;
   }
}
```

2.23

```
typedef unsigned char * port8ptr;
#define DISPLAY *((port8ptr) 0x400)
#define DIPSWITCH1 *((port8ptr) 0x600)
#define DIPSWITCH2 *((port8ptr) 0x601)

void CondRunDiode( void )
{
unsigned char value;
value = 0x80;           /* initialvärde */
while( 1 )
{
   if( DIPSWITCH1 > DIPSWITCH2 )
   {  /* ljus rinner åt vänster */
      DISPLAY = value;
      value = value << 1;
      if( value == 0 )  /* över kanten? ... */
         value = 1;     /* böja om från höger */
   }else if ( DIPSWITCH1 < DIPSWITCH2 )
   {  /* ljus rinner åt höger */
      DISPLAY = value;
      value = value >> 1;
      if( value == 0 )  /* över kanten? ... */
         value = 0x80;  /* böja om från vänster */

   }else   /* ljus står still */
      DISPLAY = value;
}
}
```

2.24

```
////////////////////////////////////////////////////////
// I filen ports.h:
typedef unsigned char *portptr;

// Keyboard (ML5)
#define ML5KEYB_CTRL_ADR     0xC00
#define ML5KEYB_STAT_ADR     0xC01
#define ML5KEYB_CTRL         *((portptr) ML5KEYB_CTRL_ADR)
#define ML5KEYB_STAT         *((portptr) ML5KEYB_STAT_ADR)

////////////////////////////////////////////////////////
// Filen clock.h

typedef unsigned long int time_type;  // enhet: ms
void hold(time_type);                 // argument = antal ms

////////////////////////////////////////////////////////
// Filen keyboardML5.c

#include "keyboardML5.h"
#include "ports.h"
#include "clock.h"

int keyb(void)
{
   int radnr, kolnr;
   unsigned int radbit, kolbits;
   unsigned int kolmask = 0xf;      // markerar vilka kolumner som används
   // tabell för avkodning av kolumnbitar, -1 markerar fel
   int decode[16] = { -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1,  3,
                      -1, -1, -1,  2, -1,  1,  0, -1};

   // vänta tills alla tangenter är uppe
   ML5KEYB_CTRL = 0xf;                          // aktivera alla rader
   while ((ML5KEYB_STAT & kolmask) != kolmask)    // är någon tangent nedtryct?
      ;

   // upprepa tills någon tangent trycks ner
   while (1) {
      // löp igenom alla rader och låt 'radbit' markera insignalerna 0-3
      for (radnr=0, radbit=0x1; radnr<4 ; radnr++, radbit<<=1) {
         ML5KEYB_CTRL = radbit;              // aktivera raden
         kolbits = ML5KEYB_STAT & kolmask;   // avläs kolumnerna
         if (kolbits != kolmask) {           // är någon tangent på raden nedtryckt?
            hold(200);                       // ja, vänta 200 ms
            // avläs kolumnerna igen
            if ((ML5KEYB_STAT & kolmask) == kolbits) {// fortfarande intryckt?
               kolnr = decode[kolbits];              // ger kolumnnumret för nollan
               return 4*(3-kolnr) + radnr;
            }
         }
      }
   }
}
```

2.25

a)

```
_a      RMB    1
_b      RMB    1
_c      RMB    1
```

b)

```
        LDAB   _b
        PSHB
        LDAB   _a
        PSHB
        JSR    _min
        LEAS   2,SP
        STAB   _c
```

2.26

a)

```
_a      RMB     2
_b      RMB     2
_c      RMB     2
```

b)

```
        LDD     _b
        PSHD
        LDD     _a
        PSHD
        JSR     _min
        LEAS    4,SP
        STD     _c
```

2.27 **a)**

```
_a      RMB     2
_b      RMB     2
_c      RMB     2
```

b)

```
        LDD     _b
        PSHD
        LDD     _a
        PSHD
        JSR     _min
        LEAS    4,SP
        STD     _c
```

2.28 **a)**

```
_cp     RMB     2
```

b)

```
        LDX     #_cp
        PSHX
        JSR     _identify
        LEAS    2,SP
        STD     _cp
```

2.29 **a)** **`LEAS -2,SP`**

b)

Parameter/ variabel	adressering
a	4,SP
b	0,SP

2.30

a) `LEAS -4,SP`

b)

Parameter/ variabel	adressering
a	8,SP
b	6,SP
c	2,SP
d	0,SP

2.31

a) `LEAS -5,SP`

b)

Parameter/ variabel	adressering
a	12,SP
b	11,SP
c	7,SP
d	4,SP
e	0,SP

2.32

```
; void f1( unsigned char c )
_f1:
; {
;  *( unsigned char *) 0x600 = c ;
     LDAB   2,SP
     STAB   $600
;  delay();
     JSR    _delay
;  c = c >> 1;
     LDAB   2,SP
     LSRB
     STAB   2,SP
;  *( unsigned char *) 0x600 = c ;
     STAB   $600
; }
     RTS
```

2.33

```
void printerprint( char *s )
_printerprint:
; {
;    while( *s )
     LDX    2,SP
printerprint1:
     TST    ,X
     BEQ    printerprint2
;    {
;      while( !( STATUS & 1) )
;      {}
printerprint3:
     LDAB   $0701
     ANDB   #$01
     BEQ    printerprint3

;    DATA = *s;
     LDAB   1,X+ (även 's++' nedan)
     STAB   $0700
;    s++;
     BRA    printerprint1
printerprint2:
;    }
; }
     RTS
```

2.34

```
; void shortdelay( void )
_shortdelay:
; {
;  volatile unsigned char  c;
     LEAS   -1,SP
;  for( c = 0; c < 0x200 ; c++ );
     CLR    0,SP
_1:
     LDAB   0,SP
     CMPB   #$200
     BGE    _2
     INC    0,SP
     BRA    _1
_2:
; }
     LEAS   1,SP
     RTS
```

2.35

```
; void shortdelay( void )
_shortdelay:
; {
;  unsigned char c;
;  for( c = 0; c < 0x200 ; c++ );
     CLRB
_1:
     CMPB   #$200
     BGE    _2
     INCB
     BRA    _1
_2:
; }
     RTS
```

2.36

```
; void printchar( char c )
_printchar:
; {
;  while( *((volatile unsigned char *) 0x600) )
_1:
     TST    $600
     BNE    _1
;    ;
;    *((unsigned char *) 0x400) = c;
     LDAB   2,SP
     STAB   $400
; }
     RTS
```

2.37

```
; void printmul( void )
_printmul:
; {
;  unsigned short int s;
     LEAS   -2,SP
;  s = ( unsigned short ) (*((unsigned char *) 0x600) );
     LDAB   $600
     CLRA
     STD    0,SP
;  s = s * ( unsigned short ) (*((unsigned char *) 0x601) );
     LDAB   $601
     TFR    D,Y
     LDD    0,SP
     EMUL
     STD    0,SP
;  *((unsigned short int *) 0x400) = s;
     STD    $400
; }
     LEAS   2,SP
     RTS
```

2.38 **a)**

```
_getCCR:
     TFR    CCR,B
     RTS
```

b)

```
_setCCR:
     LDAB   2,SP
     TFR    B,CCR
     RTS
```

2.39

I den första lösningen är stacken balanserad då RTI utförs, det är dock inte fallet i den andra lösningen eftersom en lokal variabel deklarerats och epilogen (som balanserar stacken i funktionen) alltid placeras sist dvs. EFTER den infogade RTI-instruktionen.

3 Undantagshantering

3.1 **a)**

```
*****************************************************************
* AVBROTTSRUTIN-IRQCNT
* Beskrivning:    Läs 8-bitars tal (tvåkomplement) från port ($0600).
*                 Typkonvertera och addera till 32-bitars tal (IRQVAR)
*                 Kvittera avbrott (skrivning till adress $0DC2)
* Anrop:          via IRQ
*****************************************************************
IRQIN     EQU       $0600
IRQCLR    EQU       $0DC2

IRQCNT:   DES                 ; plats för tecken-byte
          LDAB      IRQIN     ; läs 8 bitar
          SEX       B,D       ; teckenutvidga till 16 bitar i D
          STAA      0,SP      ; spara tecken-byte
          ADDD    IRQVAR+2    ; addera bit0-15
          STD       IRQVAR+2  ; uppdatera bit 0-15
          LDD       IRQVAR    ; bit 16-31
          ADCB      0,SP      ; addera bit 16-23
          ADCA      0,SP      ; addera bit 24-31
          STD       IRQVAR
          CLR       IRQCLR    ; nollställ avbrottsvippan
          INS                 ; återställ stacken
          RTI

IRQVAR    RMB       4
```

b)

```
*****************************************************************
* SUBRUTIN-IRQINIT
* Beskrivning:    Rutinen nollställer D-vippan, lägger in adressen
*                 till avbrottsrutinen på adressen $3FF2 och
*                 förbereder systemet för avbrott genom att I-flaggan
*                 nollställs.
* Anrop:          JSR  IRQINIT
*****************************************************************
IRQINIT:  MOVW      #0,IRQVAR       ; Init Var
          MOVW      #0,IRQVAR+2
          CLR       IRQCLR          ; nollställ avbrottsvippan
          MOVW      #IRQCNT,$3FF2   ; avbrottsvektor
          CLI
          RTS
```

3.2

Övervakningsprogrammet startas med ett RESET som leder till följande programavsnitt:

```
INIT:     LDS     BOS       ; Efter RESET skall stacken initieras och
          LDAB    $0801     ; avbrottsvipporna nollställas
          LDAB    $0802     ; (dummyläs $0801 och $0802)
          CLI               ; Därefter skall IRQ-ingången demaskeras och
          JMP     CONTROL   ; övervakningen startas
```

Övervakningen sker huvudsakligen m h a avbrottsrutinen IRQALARM, som anropar väsentliga subrutiner

```
IRQALARM: LDAB    $0800     ; avgör vad som begärt avbrott
          BITB    #%00000001 ; kassan?
          BEQ     L1
          BITB    #%00000010 ; både kassan och vakt?
          BEQ     L2        ; bara kassan
          LDAB    $0801     ; tillåt registrering av nya avbrottsbegäran
          LDAB    $0802
          BSR     CHAOS     ; reglera för avbrott från både kassan och vakt
          BRA     L3
L2:       LDAB    $0802     ; tillåt registrering av ny avbrottsbegäran från kassan
          BSR     ENTRANCE  ; reglera för avbrott från enbart kassan
          BRA     L3
L1:       LDAB    $0801     ; tillåt registrering av ny avbrottsbegäran från vakt
          BSR     GUARD     ; reglera för avbrott från enbart vakt
L3:       RTI
```

3.3 a) Ur ingångssignalerna till NAND-grinden kan man dra slutsatsen att

$CS' = [VMA \cdot (R/W)' \cdot A_{15}' \cdot A_{14}' \cdot A_{13} \cdot A_{12} \cdot A_{11}' \cdot A_{10}' \cdot A_9' \cdot A_8' \cdot A_7' \cdot A_6' \cdot A_5' \cdot A_4' \cdot A_3' \cdot A_2' \cdot A_1' \cdot A_0']'$

vilket innebär att adressen är $(0011\ 0000\ 0000\ 0000)_2 = \$3000$

```
*****************************************************************
* Subroutine INISTR
*
* Utför initieringar för avbrottsstyrd utmatning av tecken från
* parallell inport till skrivare
*
* INPUT:   Pekare till första tecken i sträng i X
* OUTPUT: Inga
*
* Registerpåverkan: Inga
*
*****************************************************************

INISTR:      PSHS    X
             STX     STRPNT          ; initierar strängpekare i minnet
             LDX     #PRIRQ          ; initierar avbrottsvektorn för IRQ
             STX     $3FF2
             CLR     $3000           ; matar ut ASCII-tecknet 00h (NUL)
                                ; nollställer avbrottsvippan
             PULS    X
             CLI                     ; nollställer I-flaggan för att tillåta IRQ
             RTS


*****************************************************************
* Interruptroutine PRIRQ
*
* Kopierar tecken från teckensträng till parallellutport.
* Kopieringen avslutas när tecknet "NUL" = 00H upptäcks.
*
* INPUT: Pekare till första tecken i sträng på adress STRPNT
* OUTPUT: Inga
*
* Registerpåverkan: Inga
*****************************************************************
PRIRQ:       LDX     STRPNT
             LDAB    1,X+
             STX     STRPNT       ; uppdaterar strängpekare
             TSTB                 ; sätter flaggor utifrån A
             BNE     GO_ON
             PULS    A            ; strängslut: stänger av avbrott; hämtar CC från stacken
             ORAA    #%00010000   ; nollställer I-flaggan
             PSHS    A            ; lägger tillbaka på CC's läge i stacken
             BRA     RET
GO_ON:       STAB    $3000        ; matar ut ASCII-tecken
RET:         RTI
```

3.7

```
TEMP  rmb     2    Avbrottsräknare (1000 IRQ = 1s)

IRQINIT:     MOVW    #$2359,CLOCK    ; Init klockan tt:mm:ss
             MOVB    #$59,CLOCK+2
             MOVW    #1000, TEMP     ; Avbrottsräknare
             CLR     IRQRES          ; nollställ avbrottsvippan
             MOVW    #IRQ, $3ff2     ; avbrottsvektor
             CLI
             RTS

IRQ:         CLR     IRQRES          ; nollställ avbrottsvippan
             LDX     TEMP            ; 1000 avbrott?
             LEAX    -1,X
             STX     TEMP
             BNE     IExit           ; nej
             MOVW    #1000, TEMP     ; Avbrottsräknare
 * Minska sekunder
             LDAA    CLOCK+2
             SUBA    #1
             DAA
```

```
                STAA    CLOCK+2         ; Hel minut?
                BPL     IExit           ; nej
        * Minska minuter
                MOVB    #$59,CLOCK+2    ; 59 nya sekunder
                LDAA    CLOCK+1
                ADDA    #-1
                DAA
                STAA    CLOCK+1         ; Hel timme?
                BPL     IExit           ; nej
        * Minska timmar
                MOVB    #$59,CLOCK+1    ; 59 nya minuter
                LDAA    CLOCK
                ADDA    #-1
                DAA
                STAA    CLOCK           ; 24 timmar?
                BPL     IExit           ; nej

        * Stanna klockan på något sätt!
        * Använd någon global variabel och kolla om klockan är noll eller
        * se till att förhindra framtida avbrott
                LDAA    0,sp            ; Ettställ I-flaggan
                ORAA    #$10
                STAA    0,sp
                MOVW    #0,CLOCK        ; Nolla klockan
                CLR     CLOCK+2
        IExit:  RTI
```

3.8 a)

```
        IrqRut:     LDAA    IrqStat         ;  Läs statusflaggorna
                    LSRA
                    BCC     EjB0
                    JSR     DSR0            ; Serva enhet 0
                    BRA     IrqExit

        EjB0:       LSRA
                    BCC     EjB1
                    JSR     DSR1            ; Serva enhet 1
                    BRA     IrqExit

        EjB1:       LSRA
                    BCC     EjB2
                    JSR     DSR2            ; Serva enhet 2
                    BRA     IrqExit

        EjB2:       JSR     DSR3            ; Serva enhet 3

        IrqExit:    CLR  IrqVippa
                    RTI
```

b) Vi tappar avbrott om avbrott inträffar mellan instruktionerna ldaa IrqStat och clr IrqVippa.

c) Risken minskas om instruktionen `clr IrqVippa` placeras direkt efter `ldaa IrqStat`.

d) Välja hårdvara där vi har möjlighet att bestämma vilken av de fyra avbrottskällorna vi skall kvittera. Exempelvis 4 avbrottsvippor med separata RESET-möjligheter

3.9

```
// I filen ports.h
typedef void (*vec) (void);
typedef vec *vecptr;
typedef unsigned int port;
typedef port *portptr;
#define set(r, mask)    (r) = (r) | mask;
#define clear(r, mask)  (r) = (r) & ~(mask);

// Klockregistret
#define CLOCKREG_ADR     0x1230
#define CLOCKREG         *((portptr) CLOCKREG_ADR)

#define CLOCK_VEC_ADR      0xFF70   // Adress till avbrottsvektor
#define CLOCK_VEC          *((vecptr) CLOCK_VEC_ADR)

// Sensorerregistret
#define SENSORREG_ADR     0x1234
#define SENSORREG         *((portptr) SENSORREG_ADR)
```

```
#define SENSOR_VEC_ADR      0xFF80   // Adress till avbrottsvektor
#define SENSOR_VEC          *((vecptr) SENSOR_VEC_ADR)

#define enable_bit        0x01
#define intr_bit          0x40
#define done_bit          0x80


// I filen tidtagare.c
#include "ports.h"

void display(long);
void sensortrap(void);
void clocktrap(void);

#define TIME_INTERVAL  2

static long int tick = 0;
static int started = 0;
static int stopped = 0;

void init_clock(void) {
  CLOCK_VEC = clocktrap;
  set(CLOCKREG, intr_bit);
}

void clockinter(void) {
  clear(CLOCKREG, done_bit);
  tick++;
}

void init_sensor(void) {
  SENSOR_VEC = sensortrap;
  port shadow = 0;
  set(shadow, enable_bit);
  set(shadow, intr_bit);
  SENSORREG = shadow;
}

void sensorinter(void) {
  clear(SENSORREG, done_bit);
  if (!started) {
    set(CLOCKREG, enable_bit);
    started = 1;
  }
  else {
    clear(CLOCKREG, enable_bit);
    stopped = 1;
  }
}

int main() {
  long int next;
  init_clock();
  init_sensor();
  display(0);
  while (!started)
    ;
  while(!stopped) {
    display(tick * TIME_INTERVAL / 10);
    /* vänta 0.01 sek */
    next = tick + 10 / TIME_INTERVAL;
    while(tick < next)
      ;
  }
  display(tick * TIME_INTERVAL / 10);
}
```

4 Programmering av periferikretsar

4.1 **a)**

```
typedef struct sPortP{
   volatile unsigned char ddr;
   volatile unsigned char data;
}PORTP, *PPORTP;
#define    PORTP_BASE 0x700
#define    portP ((PORTP *)(PORTP_BASE))

void portPinit( void )
{
   portP->ddr = ~0xE0;
}
```

b)

```
unsigned char inPortP( void )
{
return (( portP->data & 0xE0 )>> 5)  ;
}
```

c)

```
void outPortP( unsigned char c )
{
   portP->data = c & 0x1F ;
}
```

4.2 **a)**

```
typedef  struct sPortP{
   volatile unsigned char ddr;
   volatile unsigned char icie;
   volatile unsigned char data;
}PORTP;
#define    PORTP_BASE 0x700
#define    portP ((PORTP *)(PORTP_BASE))

void portPinit( void )
{
   portP->ddr = 0x0F;   /* b7-b4 inport, b3-b0 utport */
   portP->icie = 0xF0;  /* b7-b4 inportar, avbrott aktiveras */
}
```

b)

```
void outPortP( unsigned char c )
{
   portP->data = c & 0x0F ;  /* b7-b4 ska vara 0 */
}
```

c)

```
void irqPortP( void )
{
   switch( portP->data & 0cF0 )    /* bestäm avbrottskälla */
   {  /* kvittera avbrott */
      case 0x80: portP-> icie = 0x80; break;
      case 0x40: portP-> icie = 0x40; break;
      case 0x20:   portP-> icie = 0x20; break;
      case 0x10:   portP-> icie = 0x10; break;
   }
}
```

d)

```
Assembler:
; initieringar i huvudprogram...
   IMPORT  _irqPortP

   MOVW    #PortPirq,$FFF2
   CLI

; avbrottsrutin
PortPirq:
   JSR     _irqPortP
   RTI
```

4.3 **a)**

```
; Adressdefinitioner för register
REFDV   EQU  $35
SYNR      EQU  $34
CRGFLG    EQU  $37
CLKSEL    EQU  $39
; Bitdefinitioner
PLLSEL    EQU  $80
LOCK      EQU  8

; Registervärden 10MHz oscillator, 25 MHz busfrekvens
SYNRVal:  EQU  5
REFDVVal: EQU  4

:  Generisk kod för programmerad arbetstakt...
PLLINIT:  MOVB #REFDVVal,REFDV
          MOVB #SYNRVal,SYNR
PLLINIT_1:
          BRCLR CRGFLG,#LOCK, PLLINIT_1   ; vänta tills PLL låst...
          BSET CLKSEL,#PLLSEL             ; växla systemklocka till PLL.
          RTS
```

b)

```
typedef struct sCRG{
   volatile unsigned char SYNR;
   volatile unsigned char REFDV;
   volatile unsigned char CTFLG;
   volatile unsigned char CRGFLG;
   volatile unsigned char CRGINT;
   volatile unsigned char CLKSEL;
   volatile unsigned char PLLCTL;
   volatile unsigned char RTICTL;
   volatile unsigned char COPCTL;
   volatile unsigned char FORBYP;
   volatile unsigned char CTCTL;
   volatile unsigned char ARMCOP;
}CRG, *PCRG ;
```

c)

```
#define   CRG_BASE   0x34    /* Basadress för CRG-modulen */
#define   SYNRVal    5
#define   REFDVVal   4

#define   PLLSEL     0x80    /* Bitdefinitioner */
#define   LOCK       8

void InitPLL(void)
{
   ( ( ( PCRG ) ( CRG_BASE ))->refdv ) = REFDVVal;
   ( ( ( PCRG ) ( CRG_BASE ))->synr ) = SYNRVal;
   /* vänta tills PLL låst... */
   while( (( ((volatile PCRG) (CRG_BASE))->crgflg ) & LOCK )== 0);
   /* växla systemklocka till PLL */
   ( ((PCRG) (CRG_BASE))->clksel ) |= PLLSEL;
}
```

d)

```
typedef struct sCRG2{
union{
   volatile unsigned char reg;
   volatile unsigned char synbits:6;
}synr;
union{
   volatile unsigned char reg;
   volatile unsigned char refbits:4;
}refdv;
volatile unsigned char ctflg;
union{
   volatile unsigned char reg;
   struct{
      volatile unsigned char SCM:1;
      volatile unsigned char SCMIF:1;
      volatile unsigned char SCMIE:1;
      volatile unsigned char LOCK:1;
      volatile unsigned char LOCKIF:1;
      volatile unsigned char LVRF:1;
      volatile unsigned char PORF:1;
      volatile unsigned char RTIF:1;

   }bit;
}crgflg;
volatile unsigned char crgint;
union{
   volatile unsigned char reg;
   struct{
      volatile unsigned char COPWAI:1;
      volatile unsigned char RTIWAI:1;
      volatile unsigned char CWAI:1;
      volatile unsigned char PLLWAI:1;
      volatile unsigned char ROAWAI:1;
      volatile unsigned char SYSWAI:1;
      volatile unsigned char PSTP:1;
      volatile unsigned char PLLSEL:1;
   }bit;
}clksel;

volatile unsigned char pllctl;
volatile unsigned char rtictl;
volatile unsigned char copctl;
volatile unsigned char forbyp;
volatile unsigned char ctctl;
volatile unsigned char armcop;
}CRG2, *PCRG2 ;
```

e)

```
void InitPLL2(void)
{
   ( ( ( PCRG2 ) ( CRG_BASE ))->refdv.refbits ) = REFDVVal;
   ( ( ( PCRG2 ) ( CRG_BASE ))->synr.synbits ) = SYNRVal;
   /* vänta tills PLL låst... */
   while( !  (((volatile PCRG2) (CRG_BASE))->crgflg.bit.LOCK ) )
      ;
   /* växla systemklocka till PLL */
   ((PCRG2 ) (CRG_BASE))->clksel.bit.PLLSEL = 1;
}
```

4.4 **a)**

```
; Adressdefinitioner
CRGFLG     EQU     $37
CRGINT     EQU     $38
RTICTL     EQU     $3B
RTIE       EQU     $80
RTIF       EQU     $80
TIMBASE    EQU     $62                 ; ur tabell

RTINIT:    MOVB    #TIMBASE,RTICTL     ; För MC12/10MHz
           MOVB    #RTIE,CRGINT        ; Aktivera avbrott från CRG-modul
           MOVW    #RTIRQ, $3FF0       ; Avbrottsvektor
           RTS
```

b)

9,83 ms.

c)

```
RTIRQ:     BSET    CRGFLG,# RTIF       ; Kvittera avbrott
           JSR     _AtRTIrq
           RTI
```

4.5 **a)**

$25000000/(16\times57600) = (27)_{10} = (1B)_{16}$

b)

```
SCI        EQU     $C8
SCIBD      EQU     $C8
SCICR1     EQU     $CA
SCICR2     EQU     $CB
SCISR1     EQU     $CC
SCISR2     EQU     $CD
SCIDRH     EQU     $CE
SCIDRL     EQU     $CF

TE         EQU     8                   ; "Transmit enable" bit
RE         EQU     4                   ; "Receive enable" bit
BAUDRATE   EQU     27                  ; enligt a)

SERIAL_INIT:
           MOVW    #BAUDRATE,SCIBD     ; Initiera baudrate
           MOVB    #(TE|RE),SCICR2     ; Aktivera sändare mottagare
           RTS
```

c)

```
typedef    struct sSCI{
     volatile  unsigned  short scibd;
     volatile  unsigned  char  scicr1;
     volatile  unsigned  char  scicr2;
     volatile  unsigned  char  scisr1;
     volatile  unsigned  char  scisr2;
     volatile  unsigned  char  scidrh;
     volatile  unsigned  char  scidrl;
}SCI, *PSCI;
```

d)

```
#define   SCI_BASE    0xC8
#define   TE          8             // "Transmit enable" bit
#define   RE          4             // "Receive enable" bit
#define   BAUDRATE    27            // enligt a)

void serial_init( void )
{
   ( (( PSCI )( SCI_BASE ))->scicr2 ) = TE|RE;
   ( (( PSCI )( SCI_BASE ))->scibd  ) = BAUDRATE;
}
```

e)

```
RDRF       EQU     $40                 ; "Receive register fullt" bit

SERIAL_IN:
           BRCLR   SCISR1,#RDRF,SERIAL_IN
           LDAB    SCIBD
           RTS
```

f)

```
#define   RDRF   0x40              // “Receive register fullt” bit

char serial_in( void )
{
  while( (( ((PSCI) (SCI_BASE))->scisr1 ) & RDRF )== 0);
  return ( ((PSCI) (SCI_BASE))->scidrl );
}
```

g)

```
TDRE      EQU    $80               ; “Transmit register tomt” bit

SERIAL_OUT:
          BRCLR  SCISR1,#TDRE,SERIAL_OUT
          STAB   SCIBD
          RTS
```

h)

```
#define   TDRE     0x80            // “Transmit register tomt” bit

void serial_out( char c )
{
  while( (( ((PSCI) (SCI_BASE))->scisr1 ) & TDRE )== 0);
  ( ((PSCI) (SCI_BASE))->scidrl ) = c;
}
```