Typer och lagringsklasser

Ur innehållet

- Variabler och minnesanvändning
- Mer typer (union/uppräkningstyp/bitfält)

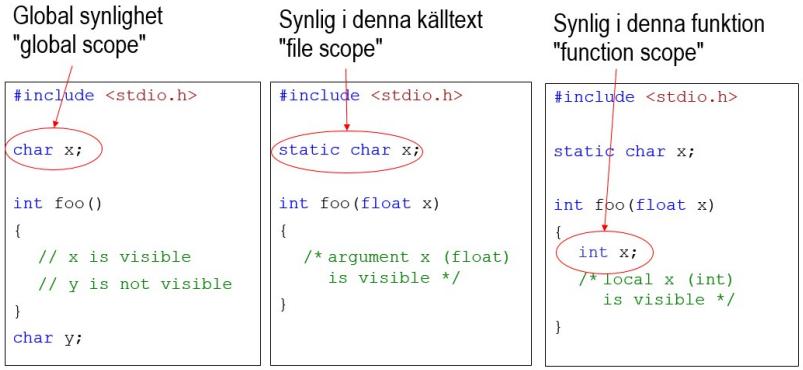
Målsättningar:

- Kunna använda adressering av portar med struct/union/bitfält
- Kunna dela upp och strukturera ett större programs källtexter

Variabler och minnesanvändning

Ett deklarerat objekt karakteriseras av:

- Synlighet och åtkomlighet



Senare deklaration, parameter eller lokal, "döljer" tidigare...

- Varaktighet: permanent plats i minnet eller tillfällig (register/stack)
- Typ av bindning: ingen, intern eller extern

Permanent lagring

Variabler med permanent adress i minnet:

```
int i; /* global synlighet */

static int i; /* synlig i denna källtext */

void func(void) {
  static int i; /* synlig i funktionen sub */
}
```

I ARM/Thumb assemblerspråk:

```
            .GLOBL    i
i:          .SPACE    4
.i:         .SPACE    4
.func_i:    .SPACE    4
```

alternativt sätt för global variabel:

```
            .comm gi,4,4
(.comm sym,length,alignment)
```

Symboler med begränsad synlighet tilldelas internt *unika* namn av kompilatorn.
Kompilatorgenererade namn dyker ofta upp med inledande '.' i assemblerkälltexten.
Samma C-symboler kan därför användas i olika sammanhang utan konflikt.

Tillfällig lagring – i register eller på stacken

Exempel:
Gör en lämplig registerallokering och koda tilldelningssatserna i funktionen:

```
void   f (int a, int b, int c )
{
    int d:
    int e;
    d = a;
    e = b;
    …
}
```

Lösning:
Vi ser att R0,R1 och R2 redan är upptagna av parametrar, R3 upplåter vi för uttrycksevaluering i funktionen och gör registerallokeringen:
`d=R4, e=R5.`
Vi får då följande kodning:

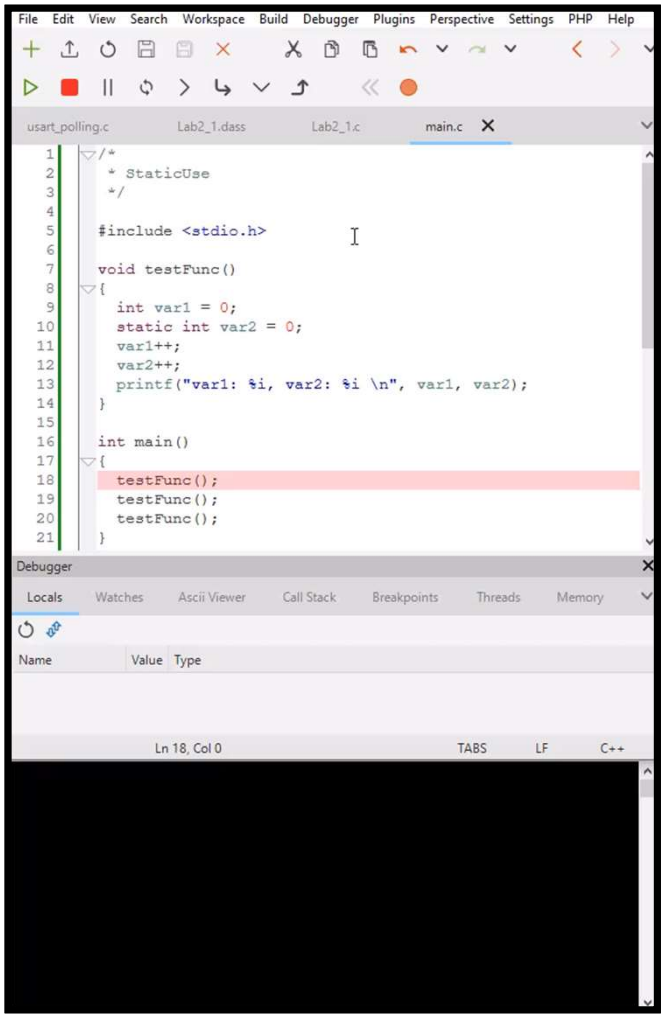
```
@void   f (int a, int b, int c )
f:
@{
@    int d:
@    int e;
     PUSH    {R4,R5,LR}
     MOV     R4,R0
     MOV     R5,R1
     …
     POP     {R4,R5,PC}
@}
```

Permanent/tillfällig lagring

```c
#include <stdio.h>

void testFunc()
{
  int var1 = 0;
  static int var2 = 0;
  var1++;
  var2++;
  printf("var1: %i, var2: %i \n", var1, var2);
}

int main()
{
  testFunc();
  testFunc();
  testFunc();
}
```



Synlighet – ("visibility")

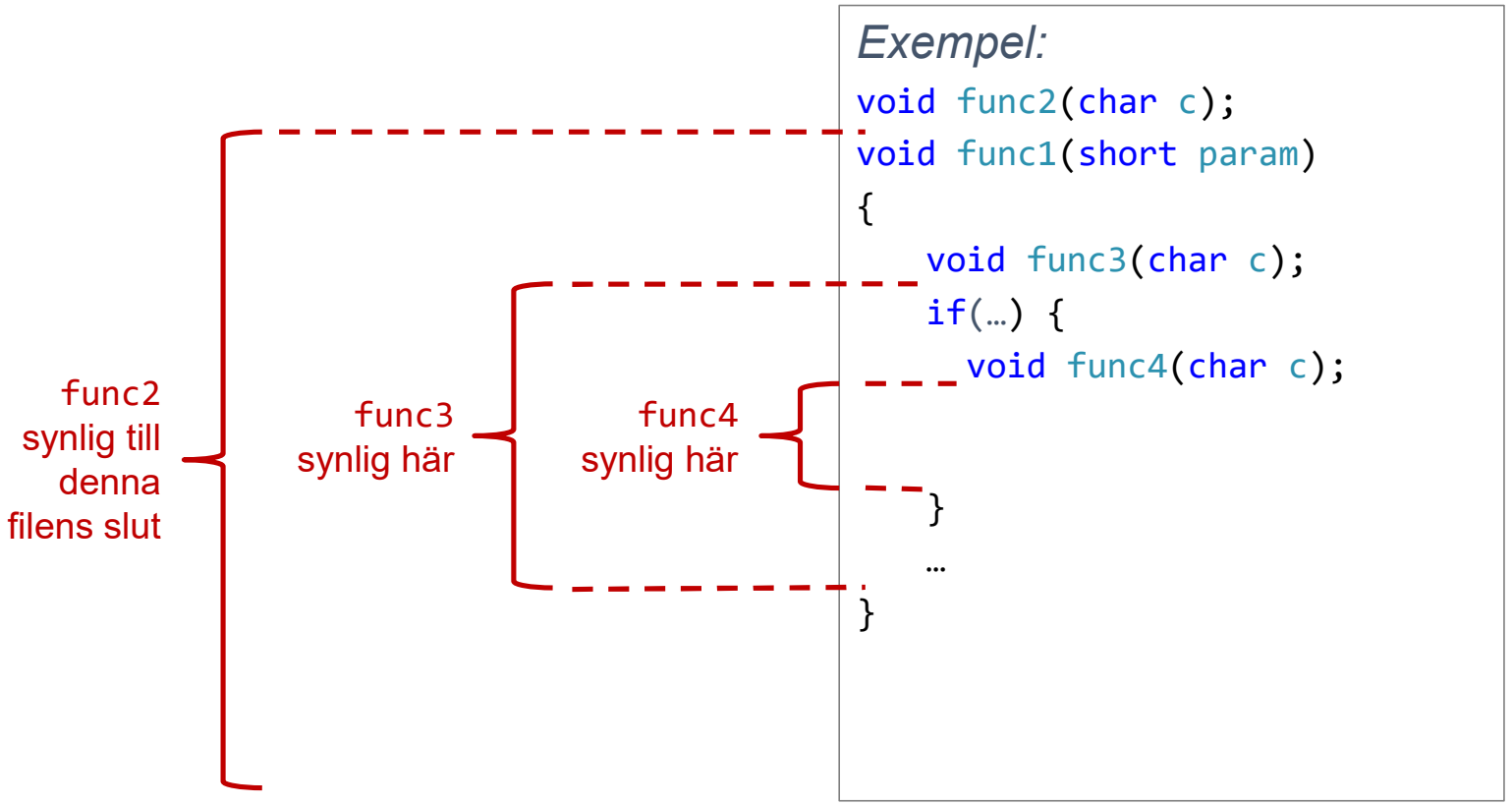
Deklarationer (variabler och funktioner) och uttryck som *typdefs/defines* är synliga först *efter* dess introduktion.

Exempel:

```
void func2(char c);     // Introducera deklaration av func2.
void func2(char c);     // Vi kan upprepa den (flera gånger) …
void func1(short param)
{
   void func2(char c); // Vi kan också ha den här...
   if(…) {
     void func2(char c);   // ... och här ...
     return func2('a');
   }
   …
   return;
}
```

Synlighet

Synligheten kan begränsas av deklarationens block.



Varaktighet ("storage duration")

Varje deklarerat objekt har en *varaktighet* under vilken det kan användas.
Det finns fyra olika typer av varaktighet i C:

- **automatic**: reserverat minnesutrymme finns i det block objektet deklarerats. ("tillfällig lagring")
- **static**: reserverat minnesutrymme under hela programexekveringen, initieras innan exekvering av main-funktionen.("permanent lagring")
- **allocated**: minnesutrymme som reserverats med funktioner för dynamisk minneshantering (`malloc/free`).
- **thread**: reserverat minnesutrymme under hela exekveringen av den tråd där objektet deklarerats. Jämför med "static" men inte hela programmet.

Bindning – ("linkage")

Med "bindning" menas hur en variabel (eller funktion) kan refereras:

Ingen bindning, variabeln kan refereras enbart inom dess åtkomlighet.

Synlig i denna funktion
"function scope"

```
#include <stdio.h>

static char x;

int foo(float x)
{
  int x;
  /* local x (int)
     is visible */
}
```

Extern bindning, variabeln kan refereras från externa delar (samtliga källfiler) i programmet.

Global synlighet
"global scope"

```
#include <stdio.h>

char x;

int foo()
{
   // x is visible
   // y is not visible
}
char y;
```

Intern bindning, variabeln kan refereras från den källfil (translation unit) den deklarerats.

Synlig i denna källtext
"file scope"

```
#include <stdio.h>

static char x;

int foo(float x)
{
   /* argument x (float)
      is visible */
}
```

Lagringsklasser ("storage class")

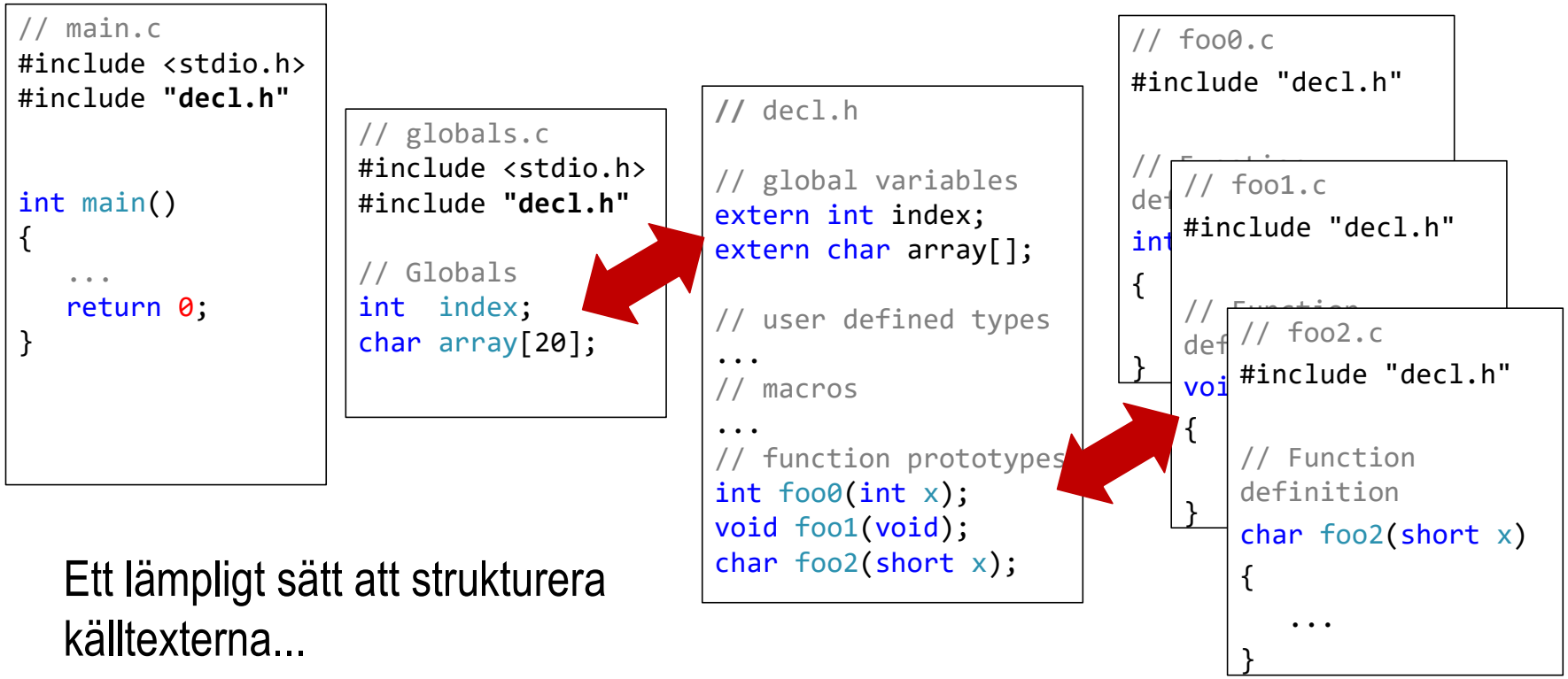
Med lagringsklassen specificeras objektets varaktighet och bindning
En lagringsklass kan anges med ett *tillägg* i deklarationen:

`auto` – tillfällig lagring, ingen bindning
`register` – tillfällig lagring, ingen bindning; adressoperator kan inte användas
`static` – permanent lagring intern bindning (dock ej om deklaration i block)
`extern` – permanet lagring och extern bindning (om inte redan deklarerad)

Exempel:

```
static int var1 = 1;
extern int var2;
void func()
{
   auto int var3 = 0;  /* auto är default här */
   register auto int var4 = 0; /* lämplig för registerallokering*/
}
```

Organisation av applikationsprogrammet



Ett lämpligt sätt att strukturera källtexterna...

Typ union

`union` tillåter oss att lagra olika datatyper på samma plats i minnet. Syntaxen är den samma som för `struct`

```
union opt_name {
      int a;
      char b;
      float c;
 } x;
 x.a = 4;
 x.b = 'i';
 x.c = 3.0;

typedef union {
  float v[2];
  struct { float x,y; };
} Vec2f;

Vec2f pos;
pos.v[0] = 1; pos.v[1] = 2;
pos.x = 1; pos.y = 2;
```

`&x.a == &x.b == &x.c`
a, b och c delar minnesadress. Samma address kan alltså refereras på tre olika sätt, via tre olika variabelnamn.

pos.v[0] och pos.x är de samma. “pos.x” säger tydligt att vi menar the x-koordinaten. “pos.v[i]” är användbar om vi vill "loopa" över alla x- och y- koordinater.

Exempel:

```
Vec2f addVec(Vec2f a, Vec2f b)
{
   for(i=0; i<2; i++)
      a.v[i] += b.v[i];
   return a;
}
```

Union

Storleken (`sizeof(u)`) är garanterad att rymma den största, av de typer, som ingår i unionen.

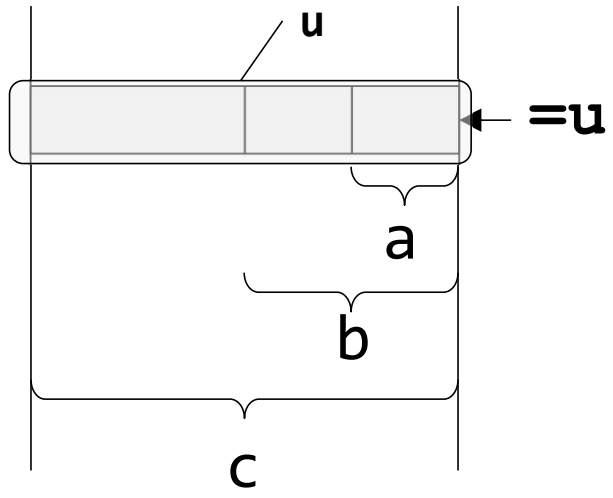
Vi har deklarationen:

```
union {
  char  a;
  short b;
  long  c;
} u;
```

```
.ALIGN      2
offset_a = 0
offset_b = 0
offset_c = 0
```

a) Visa hur u representeras i minnet.

a)



Visa kodsekvenser som evaluerar följande uttryck i register R0.

b) `u.a;`

c) `u.b;`

d) `u.c;`

```
b)      LDR   R3,=u
        LDRB  R0,[R3]
c)      LDR   R3,=u
        LDRH  R0,[R3]
d)      LDR   R3,=u
        LDR   R0,[R3]
```

Byte-adressering med union

offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	mnemonic
0x10																	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	GPIO_IDR
																	0x11								0x10								

offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	mnemonic
0x14																	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	GPIO_ODR
																	0x15								0x14								

```
// GPIO
typedef unsigned int uint32_t;
typedef unsigned char uint8_t;

typedef volatile struct tag_gpio {
    uint32_t    moder;
    uint32_t    otyper;
    uint32_t    ospeedr;
    uint32_t    pupdr;
    union {
        uint32_t    idr;
        struct {
            uint8_t idrLow;
            uint8_t idrHigh;
            short   reserved;
        };
    };
    union {
        uint32_t    odr;
        struct {
            uint8_t odrLow;
            uint8_t odrHigh;
            short   reserved;
        };
    };
} GPIO;
#define GPIO_D (*((volatile GPIO*) 0x40020c00))
#define GPIO_E (*((volatile GPIO*) 0x40021000))
```

Exempel:

Nu kan idrHigh adresseras:

```
uint8_t  c = GPIO_E.idrHigh;
```

Snarare är :

```
uint8_t  c = *((uint8_t *)&(GPIO_E.idr) + 1));
```

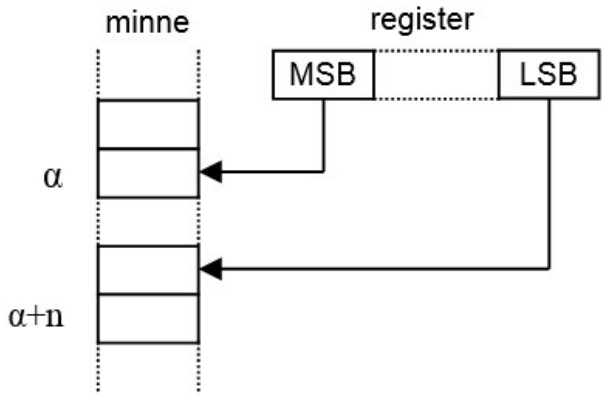
Exempel:

```
  GPIO_E.odrLow &= ( ~B_SELECT & ~x);
```

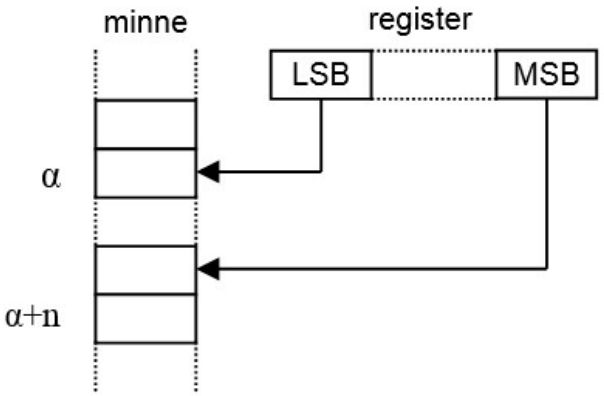
i stället för:

```
  *((uint8_t *)&(GPIO_E.odr)) &=(~B_SELECT & ~x);
```

Byte- och bitordning "endianess"



big-endian byteordning



little-endian byteordning

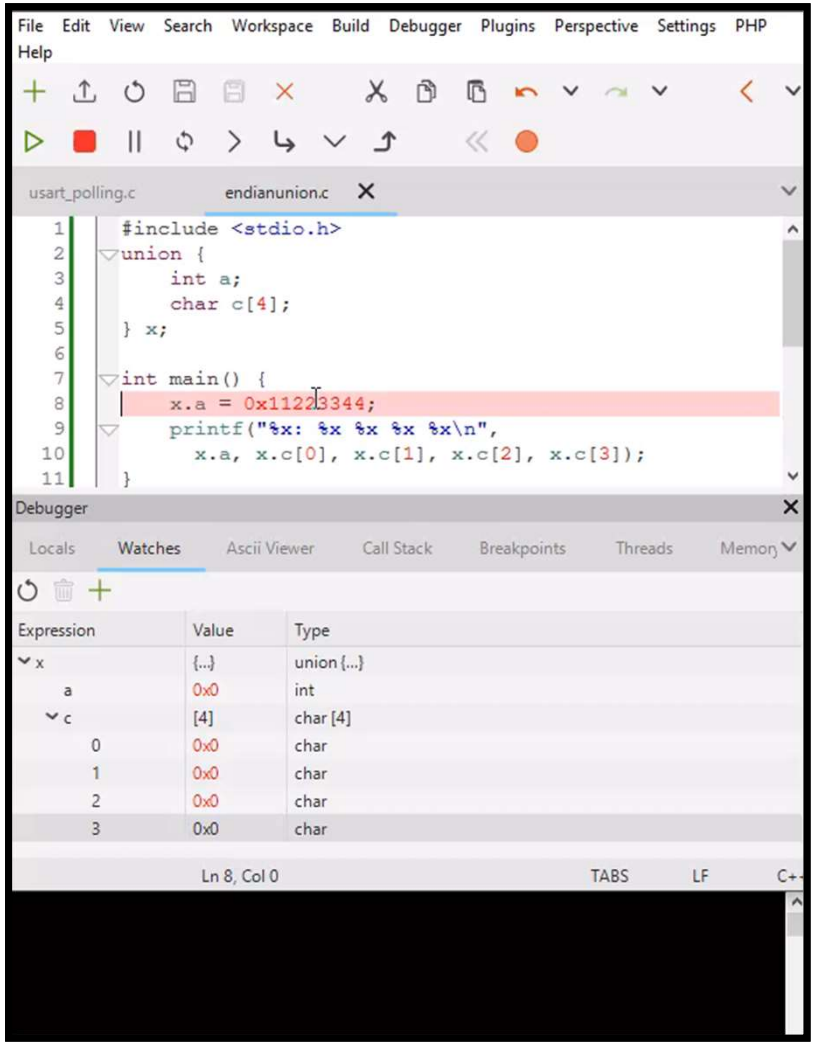
I vårt laborationssystem, ST32F407, använder vi little-endian.

Byteordning och union

```c
#include <stdio.h>

union {
    int a;
    char c[4];
} x;

int main() {
    x.a = 0x11223344;
    printf("%d: %d %d %d %d\n",
      x.a, x.c[0], x.c[1], x.c[2], x.c[3]);
}
```



Uppräkningstyp, enum

```
enum type_name { value1, value2,..., valueN };
//type_name kan utelämnas. Default: value1 = 0, value2 = value1 + 1, etc.

enum type_name { value1 = 0, value2, value3 = 0, value4 };
//Man kan sätta startvärden, with gcc values: 0, 1, 0, 1.

enum day {monday=1, tuesday, wednesday, thursday, friday, saturday, sunday};
enum day today; // day kan vara char, short eller int
today=wednesday; printf("%d:th day",today+1); // output: "4:th day"

typedef enum { false, true } bool;
bool ok = true;
--------------------------------------------------------------------------------
#define B_E        0x40
#define B_RST      0x20
#define B_CS2      0x10
#define B_CS1      8
#define B_SELECT   4
#define B_RW       2
#define B_RS       1
```

Kan ersättas med:

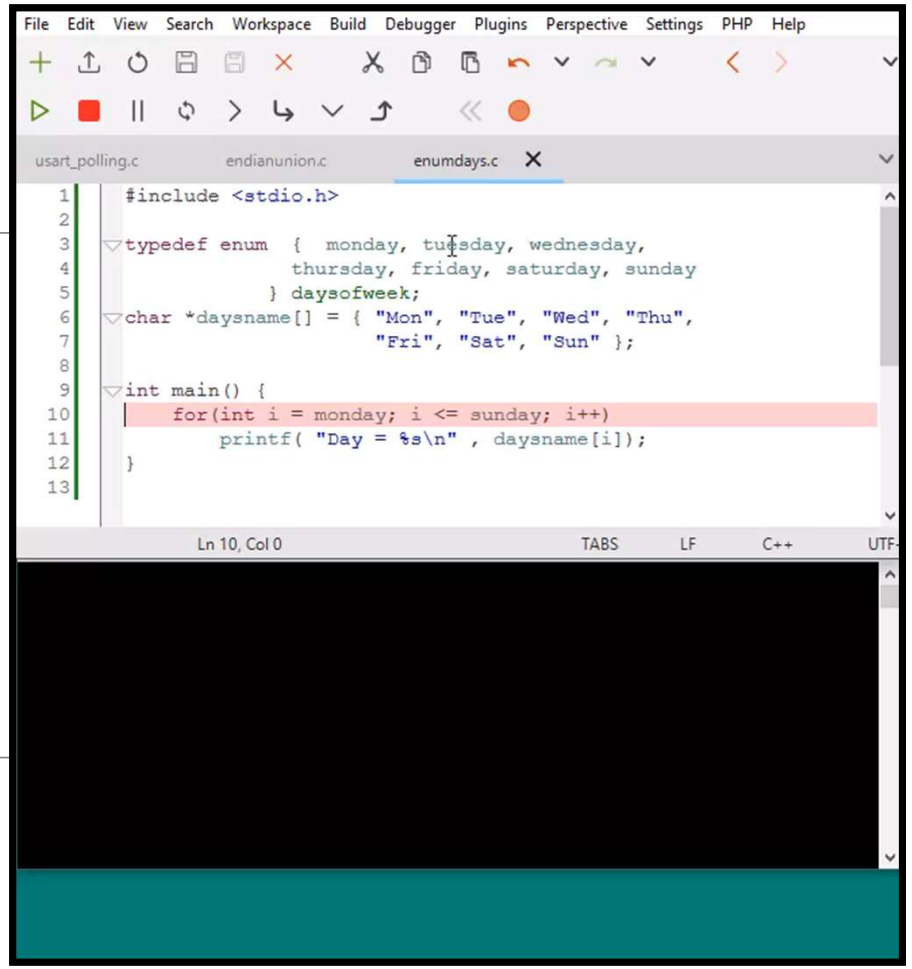
```
enum {B_RS=1, B_RW=2, B_SELECT=4, B_CS1=8, B_CS2=0x10, B_RST=0x20, B_E=0x40};
```

Uppräkningstyp, enum

```
#include <stdio.h>

typedef enum  {  monday, tuesday, wednesday,
                 thursday, friday, saturday, sunday
              } daysofweek;
char *daysname[] = { "Mon", "Tue", "Wed", "Thu",
                     "Fri", "Sat", "Sun" };

int main() {
  for(int i = monday; i <= wednesday; i++)
    printf( "Day = %s\n" , daysname[i]);
}
```



Bitfältstyp, ("bitfield")

Ett bitfält är en struct- (eller union-) medlem av heltalstyp:
`identifierare(kan utelämnas): width.`

- `width` är en heltalstyp (`char`/`short`/`int`/`long`..) `>= 0`
  `width>0:` anger antalet bitar i fältet
  `width==0:` anger att nästa bitfält ska starta på en gräns för heltalstypen

- Det finns ingen pekartyp för bitfält
- `sizeof`-operator kan inte användas med bitfält

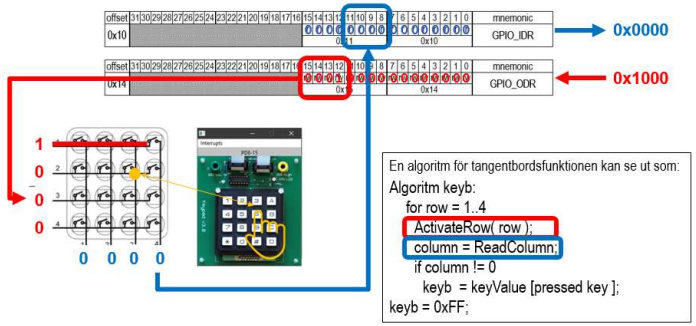
Exempel:

```
struct S {
 unsigned int b1 : 5;
 unsigned int :0; // börja med ny unsigned i
 unsigned int b2 : 6;
 unsigned int b3 : 15;
};
```

```
// 5 bitar: värdet av b1
// 27 bitar: används ej
// 6 bitar: värdet av b2
// 15 bitar: värdet av b3
// 11 bits: används ej
```

Adressering med bitfält

```
// GPIO
typedef volatile struct tag_gpio {
  ...
  union {
    uint32_t    idr;
    struct {
      uint8_t   idrLow;
      union{
        uint8_t idrHigh
        uint8_t col:4;
      };
      short     reserved;
    };
  };
  union {
    uint32_t    odr;
    struct {
      uint8_t   odrLow;
      union{
        uint8_t odrHigh;
        uint8_t unused:4,row:4;
      };
      short     reserved;
    };
  ...
} GPIO;
```



I stället för....

```
void kbdActivate( unsigned int row )
{
      switch( row )
      {
            case  1: *GPIO_D_ODRHIGH = 0x10 ; break;
            case  2: *GPIO_D_ODRHIGH = 0x20 ; break;
            case  3: *GPIO_D_ODRHIGH = 0x40 ; break;
            case  4: *GPIO_D_ODRHIGH = 0x80 ; break;
            case  0: *GPIO_D_ODRHIGH = 0x00;  break;
      }
}
```

... kan vi då koda:

```
void kbdActivate( unsigned int row )
{
      switch( row )
      {
            case  1: GPIO_D.col = 1 ; break;
            case  2: GPIO_D.col = 2 ; break;
            case  3: GPIO_D.col = 4 ; break;
            case  4: GPIO_D.col = 8 ; break;
            case  0: GPIO_D.col = 0;  break;
      }
}
```