Sammansatta datatyper

Ur innehållet

Användardefinierade typer "`struct/union`"
Alternativa typnamn, "`typedef`"
Portbeskrivning med "`struct/union`"
Inkapsling av data och funktioner
Mer typer, uppräkningstyp ”enum”
och ”bitfält”, med godtycklig ordbredd

```
typedef volatile struct {
  unsigned int  moder;
  unsigned int  otyper;   // +0x4
  unsigned int  ospeedr;  // +0x8
  unsigned int  pupdr;    // +0xC (12)
  unsigned int  idr;      // +0x10
  unsigned int  odr;      // +0x14
  unsigned int  bsrr;     // +0x18
  unsigned int  lckr;     // +0x1C
  unsigned int  afrl;     // +0x20
  unsigned int  afrh;     // +0x24
} GPIO, *PGPIO;
```

```
typedef struct tObj {
  PGEOMETRY geo;
  int dirx, diry;
  int posx, posy;
  void (*draw)(struct tObj *);
  void (*clear)(struct tObj *);
  void (*move)(struct tObj *);
  void (*set_speed)(struct tObj *, int, int);
} OBJECT, *POBJECT;
```

Målsättningar:

Kunna använda sammansatta typer för inkapsling ("objekt")
Kunna använda adressering av portar med struct/union/bitfält

```
// GPIO
typedef volatile struct tag_gpio {
  ...
  union{
    uint8_t idrHigh;
    uint8_t col:4;
  };
  union {
    uint8_t odrHigh;
    uint8_t unused:4,row:4;
  };
  ...
} GPIO;
```

`typedef` - alias för en typ

`typedef` används för att skapa ett *alias*, oftast för att förenkla och förkorta tyuttryck. Avsikten är att förtydliga och öka läsbarheten, syntaxen är:

```
typedef typ alias_typnamn [,alias_typnamn ]... ;
```

Exempel:

```
typedef unsigned char    uchar;
typedef unsigned char    *ucharptr;
```

typ: `unsigned char` — alias_typnamn: `uchar`, `*ucharptr`

```
// Anm. '*' är en del av alias-namnet och ingår INTE i befintlig typ
// vi kan alternativt skriva:
typedef unsigned char uchar,*ucharptr;
```

Eftersom typstorlekar kan skiljas för olika måldatorer har man färdiga deklarationer i standarbiblioteket `<stdint.h>`

För GCC/ARM exempelvis:

```
    typedef unsigned char uint8_t;
    typedef signed   char int8_t;
..osv.
```

`struct` ("post"), en sammansatt datatyp

- Har en eller flera medlemmar (*fields*) av godtycklig typ, exempelvis:
  - `int`, `char`, `long` (`signed`/`unsigned`) ,`float`, `double`
  - Fält och textsträngar
  - Alla typer av pekare
  - Tidigare deklarerad typalias (med "`typedef`")
  - Sammansatt typ (dvs. en annan `struct`).

Deklarationssyntax:

```
struct structnamn{
    medlem;
    [medlem; [medlem;]… ]
};
```

Exempel:

```
struct tPoint
{
  int x,y;
};
```

Exempel:

```
struct tLine
{
  int  linje_nr;
  struct tPoint start;
  struct tPoint end;
};
```

Deklaration av ”struct” (post)

```
// Deklaration av structens typ
struct structnamn{
        …
};
```

```
// Samtidig deklaration av variabel av denna typ
struct structnamn{
        …
} id;
```

Exempel:

```
// Datatyp för koordinater
typedef struct tPoint
{
        int x,y;
} POINT;
// Variabeldeklarationer
struct tPoint start,end;
//eller..
POINT start, end;
```

```
// Det är vanligt med användardefinierade struct-typer
typedef struct structnamn TSTRUCTNAMN;
// alternativt:
typedef struct structnamn /* structnamn kan utelämnas här */
{
        …
} TSTRUCTNAMN;
```

Användning

```c
#include <stdio.h>

typedef struct tPoint{ int x,y; } POINT;

int main()
{
  struct tPoint start;
  POINT end;

  start.x = 10;  start.y = 15;
  end.x   = 20;  end.y   = 25;

  printf("Line starts at (x,y) %d,%d \n
          and ends at (x,y) %d,%d \n",
           start.x, start.y,
           end.x, end.y);
  return 0;
}
```

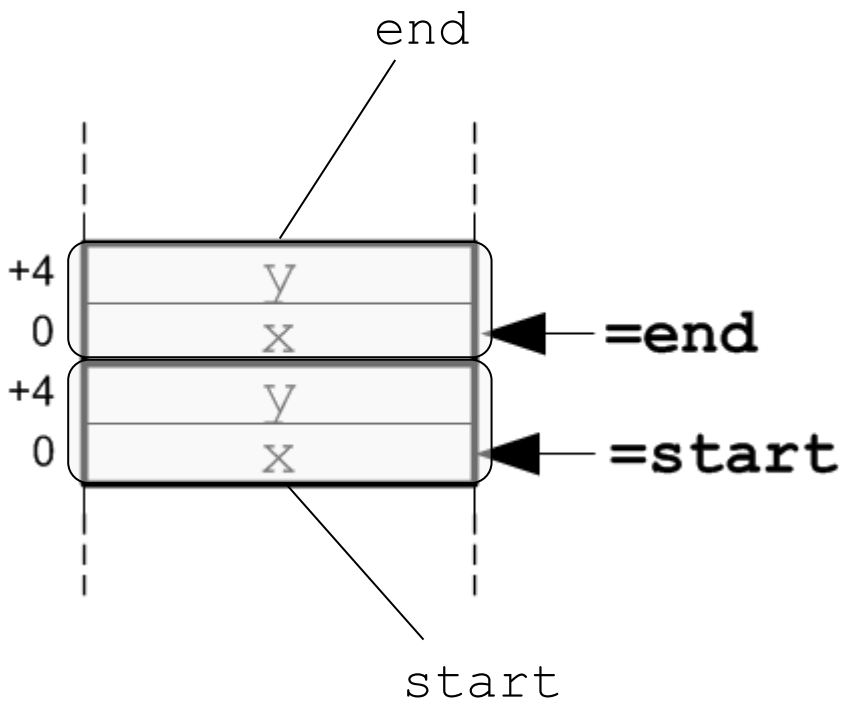
Likvärdiga deklarationer av variablerna `start` och `end`

Typen kan användas på två sätt:
`struct tPoint` eller
`POINT`

Medlemmarna refereras via "."-operatorn ("punktoperatorn")

Referenser

```
// Datatyp för koordinater
typedef struct tPoint
{
        int x,y;
} POINT;
```



Exempel: Vi har deklarationerna:

```
POINT start, end;
```

Koda tilldelningen:

```
start.y = end.y;
```

i ARM/Thumb assemblerspråk

Lösning:

```
LDR R0,=end     @ R0←&end
LDR R0,[R0,#4]  @ R0←end.y
LDR R1,=start   @ R1←&start
STR R0,[R1,#4]  @ start.y=end.y
```

Inbäddad post

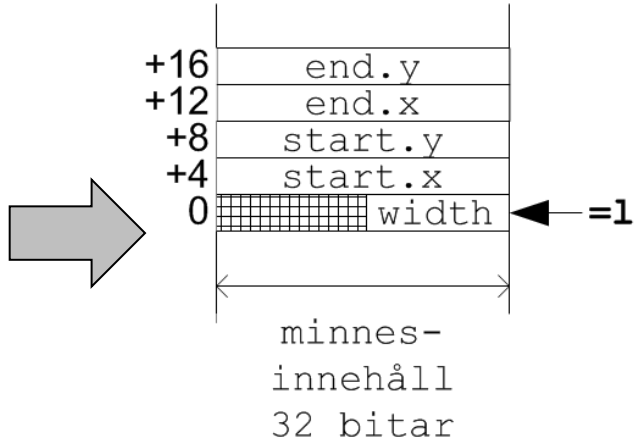
```
// Datatyp för koordinater
typedef struct tPoint
{
        int x,y;
} POINT;
```

- Ev. rättningsvillkor måste respekteras.
- En annan post kan ingå i en större post.

Exempel:

Vi har deklarationen:

```
typedef struct {
   short width;
   POINT start;
   POINT end;
} LINE, *PLINE;
LINE l;
```




```
.ALIGN        2
offset_width = 0
offset_start.x = offset_width + sizeof(width) + align(2)
offset_start.y = offset_start.x + sizeof(start.x) + align(2)
offset_end.x = offset_start.y + sizeof(start.y) + align(2)
offset_end.y = offset_end.x + sizeof(end.x) + align(2)
```

Visa kodsekvenser som evaluerar följande uttryck i register R0.

a) `l.width`

b) `l.end.y`

```
a)
LDR     R0,=l
LDRH    R0,[R0,#0]        @ R0= l+ 0  (offset_width)
b)
LDR     R0,=l
LDR     R0,[R0,#16]       @ R0= l+ 16 (offset_end.y)
```

Alternativa deklarationer

```
struct tLine
{
  struct tPoint
  {
    int x,y;
  } start, end;
} linje;
// Referenser
linje.start.x;
linje.end.y; // etc
```

`struct tPoint`

kan bara användas som medlem av

`struct tLine`.

```
struct tPoint
{
  int x,y;
};

struct tLine
{
  struct tPoint start;
  struct tPoint end;
} linje;
// Referenser
linje.start.x;
linje.end.y; // etc
```

`struct tPoint`

och

`struct tLine`

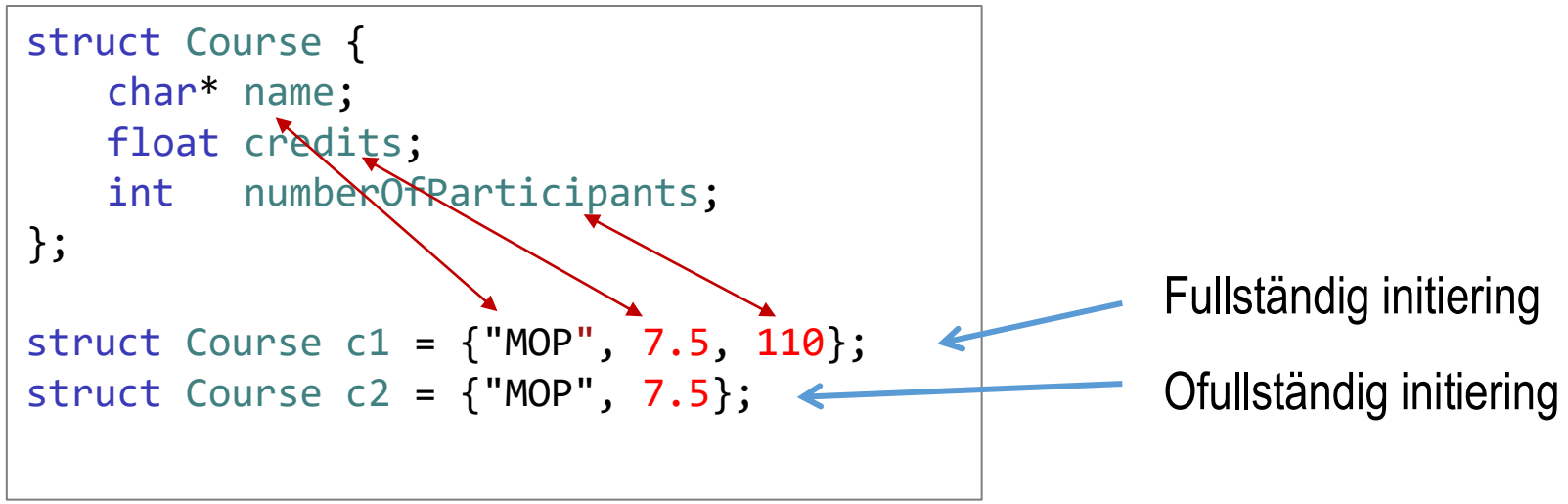
kan användas var och en för sig.

Initiering, fullständig och ofullständig

En `struct` kan initieras med en lista.
Medlemmarna tilldelas värden i samma ordning som deklarationen.
Listan kan vara ofullständig, dvs. alla medlemmar behöver inte initieras.

```
struct Course {
    char* name;
    float credits;
    int   numberOfParticipants;
};

struct Course c1 = {"MOP", 7.5, 110};
struct Course c2 = {"MOP", 7.5};
```



Ofullständig deklaration

En `struct` kan först ges som en ofullständig deklaration, för att senare definieras fullständigt.
Exempel:

```
struct tPoint;  /* tPoint är en struct */
```

```
struct tLine
{
  struct tPoint start;
  struct tPoint end;
};
```

```
struct tLinePointers
{
  struct tPoint *start;
  struct tPoint *end;
};
```

Fel:
Storleken av `struct tPoint` är okänd, alltså kan inte storleken av `struct tLine` bestämmas.

Ok:
En pekarstorlek är alltid känd, alltså kan storleken av `struct tLinePointers` bestämmas.

Pekare till `struct`, pilnotation

Det är vanligt att använda pekare till `struct`.

Eftersom en derefererad pekare utgör ett klumpigt skrivsätt har man infört pilnotation.

Exempel:

```
struct tPoint {int x,y;} p1;
struct tPoint *ptr;

/* Direkt, variabel via punktoperator */
  p1.x = ...
  p1.y = ...
```

```
/* eller via derefererad pekare */
  ptr = &p1;
  (*ptr).x = ...
```

```
/* eller kortare, med piloperatorn */
  ptr->x   = …
```

Exempel: Koordinater i en länkad lista

```
typedef struct tPointlist{
  char x;
  char y;
  struct tPointlist *next;
} POINTLIST;

/* Gå igenom lista av punkter... */
POINTLIST   *first; /* pekar på listan */
...
POINTLIST *p = first;
while( p != (POINTLIST *) 0 )
{
  /* Gör något med punkten ... */
  p = p->next;
}
```

Pekare till `struct`, pilnotation

Exempel:

```
typedef struct tPoint
{
   int x,y;
   struct tPoint *next;
} POINT;
POINT   p1, ... , p10;
POINT   *first, *p;
```

Koda tilldelningarna:

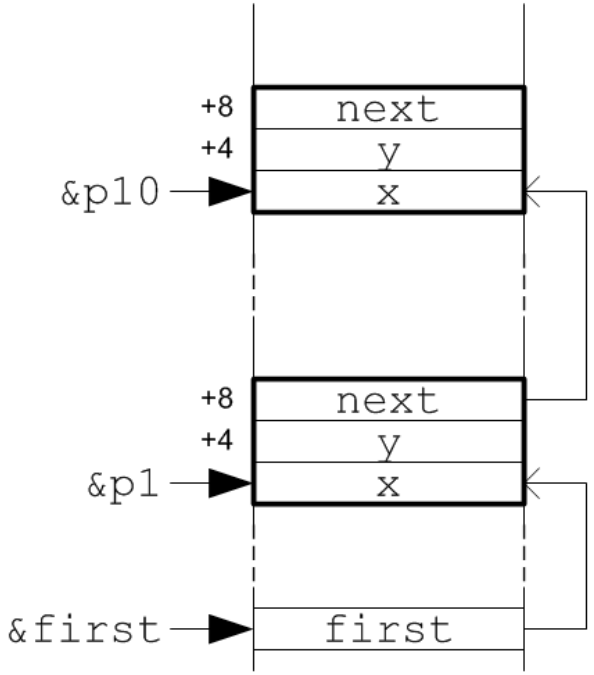
```
first = &p1;
p = first;
p->next = &p10;
```

```
(*p).next = &p10;
p->next = &p10;
```

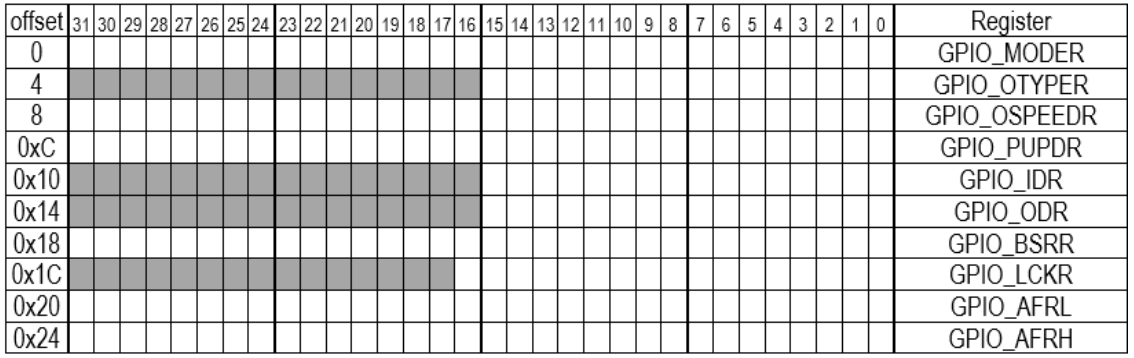
```
@ first = &p1;
    LDR     R0,=p1
    LDR     R1,=first
    STR     R0,[R1]
```

```
@ p = first;
    LDR     R0,=first
    LDR     R0,[R0]
    LDR     R1,=p
    STR     R0,[R1]
```

```
@ p->next;
    LDR     R0,=p10
    LDR     R1,=p
    LDR     R1,[R1]
    STR     R0,[R1,#8]
```



Portadressering med poster



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	Register
0																																	GPIO_MODER
4																																	GPIO_OTYPER
8																																	GPIO_OSPEEDR
0xC																																	GPIO_PUPDR
0x10																																	GPIO_IDR
0x14																																	GPIO_ODR
0x18																																	GPIO_BSRR
0x1C																																	GPIO_LCKR
0x20																																	GPIO_AFRL
0x24																																	GPIO_AFRH

`struct`-typen är också användbar för att deklarera portar

```
// Som alternativ till :
#define portModer   ((volatile unsigned int *) (GPIO_BASE))
#define portOtyper  ((volatile unsigned int *) (GPIO_BASE+0x4))
#define portOspeedr ((volatile unsigned int *) (GPIO_BASE+0x8))
osv.
```

```
// kan vi använda en post-definition som:
typedef volatile struct {
  unsigned int  moder;
  unsigned int  otyper;   // +0x4
  unsigned int  ospeedr;  // +0x8
  unsigned int  pupdr;    // +0xC (12)
  unsigned int  idr;      // +0x10
  unsigned int  odr;      // +0x14
  unsigned int  bsrr;     // +0x18
  unsigned int  lckr;     // +0x1C
  unsigned int  afrl;     // +0x20
  unsigned int  afrh;     // +0x24
} GPIO, *PGPIO;
```

Exempel:

```
#define GPIO_D (*((volatile PGPIO) 0x40020c00))
#define GPIO_E (*((volatile PGPIO) 0x40021000))

GPIO_E.moder    =  0x55555555;
GPIO_E.otyper   =  0x00000000;
GPIO_D.moder    =  0x55550000;
GPIO_D.pupdr    |= 0x00005555;
```

Portadressering med poster

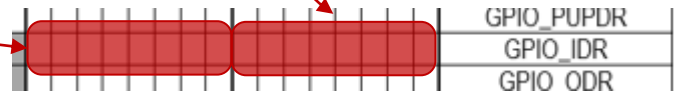
Deklarationen kan i stället anpassas till portens olika registers storlekar

```
typedef volatile struct {
  unsigned int  moder;
  unsigned int  otyper;
  unsigned int  ospeedr;
  unsigned int  pupdr;
  unsigned int  idr;
  unsigned int  odr;
  unsigned int  bsrr;
  unsigned int  lckr;
  unsigned int  afrl;
  unsigned int  afrh;
} GPIO, *PGPIO;
```

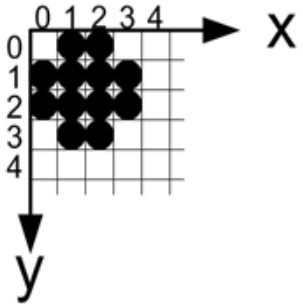
```
typedef volatile struct {
  unsigned int         moder;
  unsigned short int   otyper;
  unsigned short int   Reserved0;
  unsigned int         ospeedr;
  unsigned int         pupdr;
  unsigned char        idrLow;
  unsigned char        idrHigh;
  unsigned short int   Reserved1
  unsigned char        odrLow;
  unsigned char        odrHigh;
  unsigned short int   Reserved2;
  unsigned int         bsrr;
  unsigned short int   lckr;
  unsigned short int   Reserved3;
  unsigned int         afrl;
  unsigned int         afrh;
} GPIO, *PGPIO;
```

Konvertering till lämplig storlek:

```
GPIO GPIO_E;
typedef unsigned char uint8_t;
uint8_t  x = *(uint8_t*)&GPIO_E.idr;
uint8_t  y = *((uint8_t*)&GPIO_E.idr+1);
```



Inkapsling av data, ett "objekt"



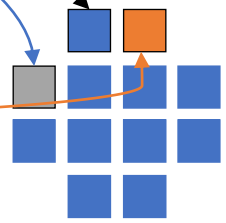

```
typedef struct tPoint{
   unsigned char x;
   unsigned char y;
} POINT;

#define MAX_POINTS 20

typedef struct tGeometry{
   int    numpoints;
   int    sizex;
   int    sizey;
   POINT  px[ MAX_POINTS ];
} GEOMETRY, *PGEOMETRY;
```

Exempel: Arbetsboken, avsnitt 3.4

```
// Skapa och initiera ett object av typen GEOMETRY:
GEOMETRY ball_geometry = {
    12, 4, 4,   // numpoints, sizex, sizey
    { //  POINT px[20]
     {0,1},
     {0,2},
     {1,0},
     {1,1},
     {1,2},
     {1,3},
     {2,0},
     {2,1},
     {2,2},
     {2,3},
     {3,1},
     {3,2}       // Ofullständig initiering
    }      // (12 av 20)
};
```



Poster med funktionspekare

Inkapsling av pekare till funktioner.

Exempel:

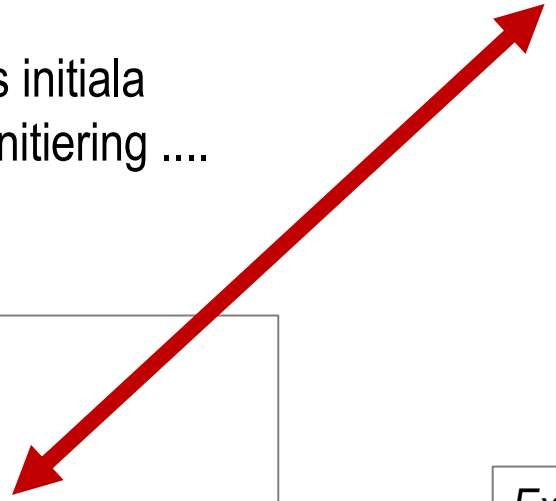
```
typedef struct tObj {
  PGEOMETRY geo;
  int dirx, diry;
  int posx, posy;
  void (*draw)(struct tObj *);
  void (*clear)(struct tObj *);
  void (*move)(struct tObj *);
  void (*set_speed)(struct tObj *, int, int);
} OBJECT, *POBJECT;
```

`draw`, `clear`, `move` och `set_speed` är pekartyper.

Kan uppfattas som "metoder" i objektorienterat språk.

Poster med funktionspekare

Man kan ge objektet dess initiala egenskaper med statisk initiering ....



Exempel statisk initiering:

```
OBJECT ball = {
   &ball_geometry,
   0, 0,
   64, 32,
   draw_object,
   clear_object,
   move_object,
   set_object_speed
};
```

```
typedef struct tObj {
  PGEOMETRY geo;
  int dirx, diry;
  int posx, posy;
  void (*draw)(struct tObj *);
  void (*clear)(struct tObj *);
  void (*move)(struct tObj *);
  void (*set_speed)(struct tObj *, int, int);
} OBJECT, *POBJECT;

void move_object(POBJECT o ) {...}
void draw_object(POBJECT o ) {...}
void clear_object(POBJECT o ) {...}
void set_object_speed(POBJECT o, int x, int y ) {...}
```

...medan dynamisk initiering sker under programmets gang.

Exempel dynamisk initiering:

```
OBJECT ball;
ball.geo = &ball_geometry;
ball.dirx = 0; b.diry = 0;
ball.posx = 64; b.posy = 32;
ball.draw = draw_object;
ball.clear = clear_object;
ball.move = move_object;
ball.set_speed = set_object_speed;
```

Poster med funktionspekare

Dynamisk initiering kan exempelvis användas för att ändra egenskaper hos ett objekt baserat på olika händelser.

```
typedef struct tObj {
  PGEOMETRY geo;
  int dirx, diry;
  int posx, posy;
  void (*draw)(struct tObj *);
  void (*clear)(struct tObj *);
  void (*move)(struct tObj *);
  void (*set_speed)(struct tObj *, int, int);
} OBJECT, *POBJECT;

void move_object(POBJECT o ) {...}
void draw_object(POBJECT o ) {...}
void clear_object(POBJECT o ) {...}
void set_object_speed(POBJECT o, int x, int y ) {...}
```

Exempel: alternativ "move"-funktion:

```
// Vi definierar en alternativ move-funktion
void alternate_move_object(POBJECT o) { ... }

 POBJECT pb;
 pb = &ball;
 pb->move = move_object;
 ...
 pb->move( pb );  // Här utförs move_object
 ...
 pb->move = alternate_move_object;
 ...
 pb->move( pb ); // Här utförs alternate_move_object
 ...
```

Objektorientering i ett icke-objektorienterat språk

- Ideer kring inkapsling/objektorientering har utvecklats sedan 1950-talet
- **C++** är ett objektorienterat språk, inkapsling finns exempelvis som konstruktioner i språket.
- Lokala funktioner tillsammans med data, konceptet kallas "klass" - en klass kan innehålla både variabler och funktioner.
- C har inte klasser, men vi kan simulera en klass med hjälp av sammansatta typer.

Inkapsling: klass i C++

```
typedef struct {
    int  a;       // a member
    void inc() { // method that increments a
        a++;
    }
} MyClass;

MyClass v = {0}; // initialize variable
v.inc();         // increment variable
```

Inte i C...

...men vi kan åstadkomma samma sak:

```
typedef struct tMyClass{
    int  a;
    void (*inc) (struct tMyClass* this);
} MyClass;

void incr(MyClass* this)
{
    this->a++;
}

MyClass v = {0, incr};
v.inc(&v);
```

Observera!

Objektorientering med C

Detta...

```
typedef struct tMyClass {
    int     a;
    void (*inc) (struct tMyClass* this);
} MyClass;
```

`tMyClass` används för att ange parameterns typ eftersom MyClass fortfarande är odefinierad.

... är ekvivalent med detta:

```
struct MyClass;
typedef struct {
    int     a;
    void (*inc) (MyClass* this);
} MyClass;
```

Ofullständig deklaration av `MyClass`, den fullständiga deklarationen ges av den sista raden...

..men en pekare behövs här

Båda metoderna fungerar...

Hur metodanropet `.inc(...)` fungerar i C:

```
// MyClass kallar vi objekt.
// v1, v2 är två instanser av objektet.
MyClass v1 = {0, incr}, v2 = {1, incr};
// Metodanrop inc() för v1 och v2.
v1.inc(&v1);
v2.inc(&v2);
```

```
// incr() är en vanlig function
// som både v1.inc och v2.inc pekar på.
void incr(MyClass* this)
{
    this->a++;
}
```

Initieringarna gör att `v1.a = 0`, `v2.a = 1`, `v1.inc` och `v2.inc` pekar på funktionen `incr()`. Minns att `incr` bara är en symbol för den minnesadress där funktionen `incr()` är placerad och `v1.inc` och `v2.inc` är pekarvariabler som nu innehåller denna address.

Här har vi anropen av de funktioner som pekarvariablerna anger med `&v1` respektive `&v2` som parametrar. Så `v1.inc(&v1)` är nu samma sak som anropet `incr(&v1)` och `v2.inc(&v2)` är samma sak som anropet `incr(&v2)`.

Anropet `incr(&v1)` betyder att parametern `this` utgör adressen till `v1`.
Alltså har vi att `this->a++` är samma som `(&v1)->a++` (vilket är ekvivalent med `v1.a++`)..... vilket är precis det vi vill göra med `v1.inc(&v1);`
Det samma gäller `v2.inc(&v2);` Dvs. inkrementering av `v2.a`.

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 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

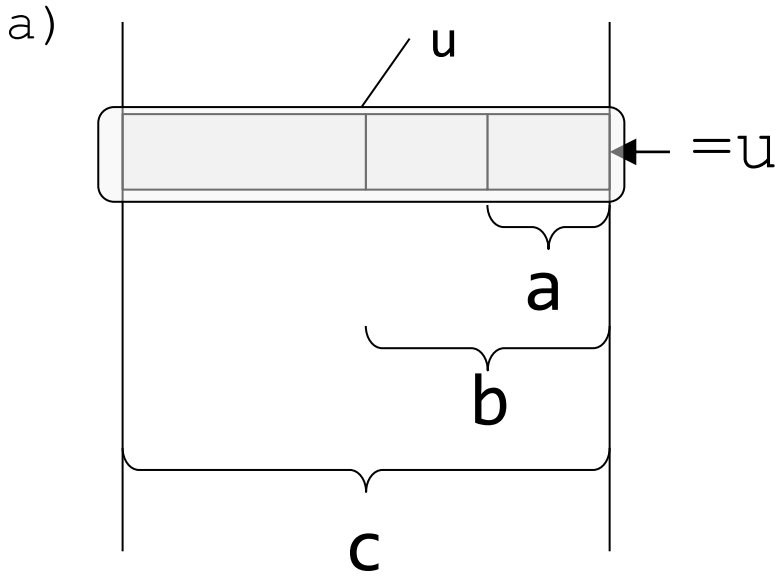
Storleken (`sizeof(u)`) är garanterad att rymma den största, av de typer, som ingår i unionen.

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.



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));
```

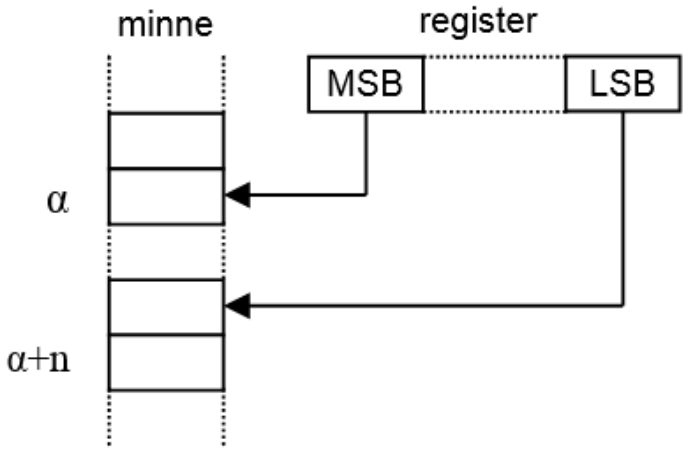
Exempel:

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

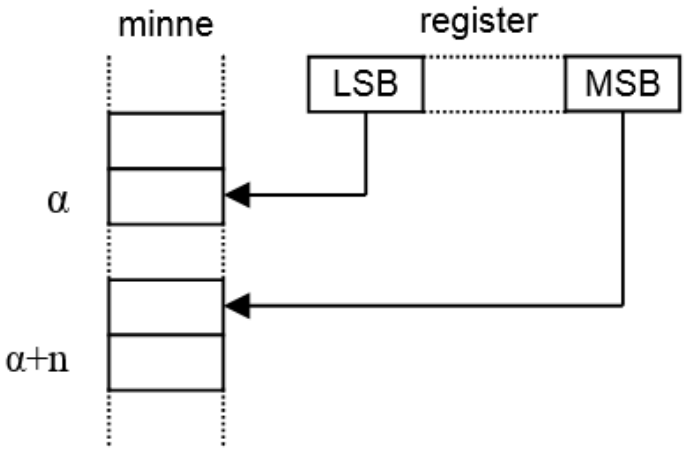
i stället för:

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

Byte- och bitordning "endianess"



big-endian byteordning



little-endian byteordning

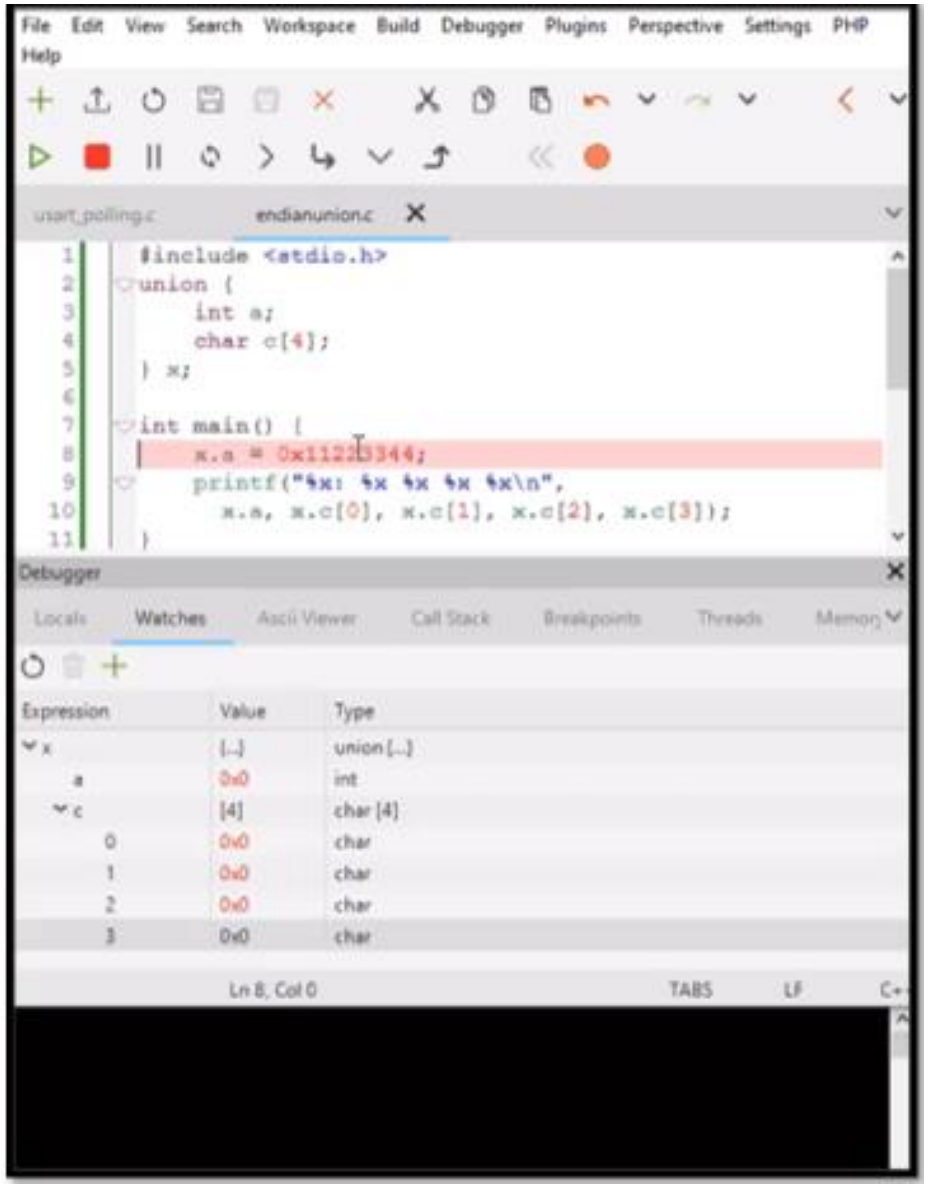
I vårt laborationssystem, ST32F407, använder vi little-endian.

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]);
}
```



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

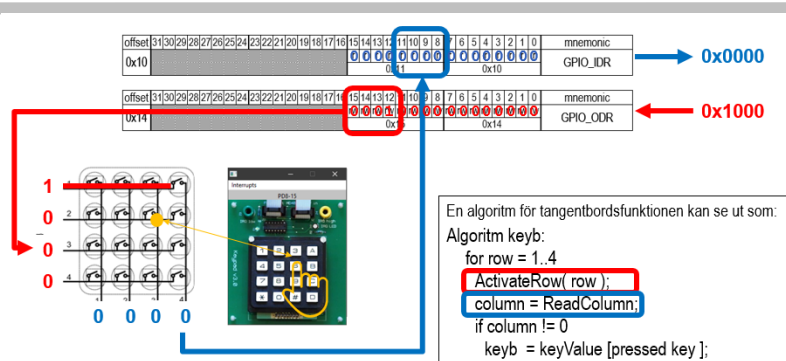
Exempel:

```
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;
```



En algoritm för tangentbordsfunktionen kan se ut som:

```
Algoritm keyb:
   for row = 1..4
     ActivateRow( row );
     column = ReadColumn;
     if column != 0
       keyb  = keyValue [pressed key ];
keyb = 0xFF;
```

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;
        }
}
```

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

```c
#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]);
}
```