Sammansatta datatyper

Ur innehållet

- Användardefinierade typer, "`typedef`"
- En komplex, användardefinierad typ "`struct`" ("post")
- Portbeskrivning med "`struct`"
- Inkapsling av data och funktioner

Läsanvisningar:

- Arbetsbok kap 5

Målsättningar:

- Kunna använda sammansatta typer för inkapsling ("objekt")
- Kunna programmera enkla geometrier för grafisk display

`typedef` - alias för en typ

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

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

Exempel:

```
typedef unsigned char    uint8;
typedef short int        int16;
// Anm. '*' är en del av alias-namnet och ingår INTE i befintlig typ
typedef unsigned char    *ucharptr;
```

typ alias_typnamn

```
uint8 a, b = 0, c;
ucharptr p;
typedef int postnr;
typedef int strtnr;
postnr x = 41501;
strtnr y = 3;
x = y; // Typriktigt, helt ok
```

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

Har en eller flera medlemmar (*fields*).
En medlem kan vara av godtycklig typ, exempelvis:

- `int`, `char`, `long` (`signed`/`unsigned`) ,`float`, `double`
- Användardefinierad (med "`typedef`")
- Sammansatt typ (dvs. en annan `struct`).
- Alla typer av pekare

Deklarationssyntax:

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

Deklaration av ”struct” (post)

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

   // Deklaration av structens typ och
   // en variabel av denna typ
   struct structnamn{
           …
   } variable;
```

Exempel:

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

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

Användning

```
#include <stdio.h>

typedef struct coord{ int x,y; } COORD;

int main()
{
  struct coord start;
  COORD end;

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

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

Typen kan användas på två sätt:
`struct coord` eller
`COORD`

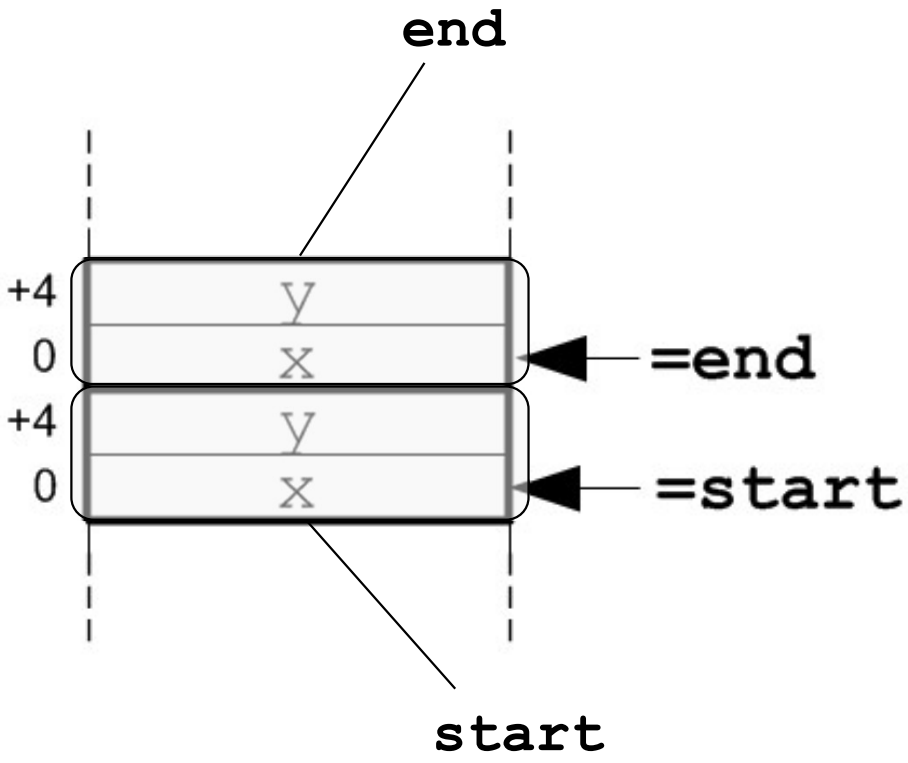
Likvärdiga deklarationer av variablerna `start` och `end`

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

Referenser

Exempel: Datatyp för koordinater

```
typedef struct
{
        int x,y;
} COORD;
```



Exempel: Vi har deklarationerna:

```
COORD 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

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

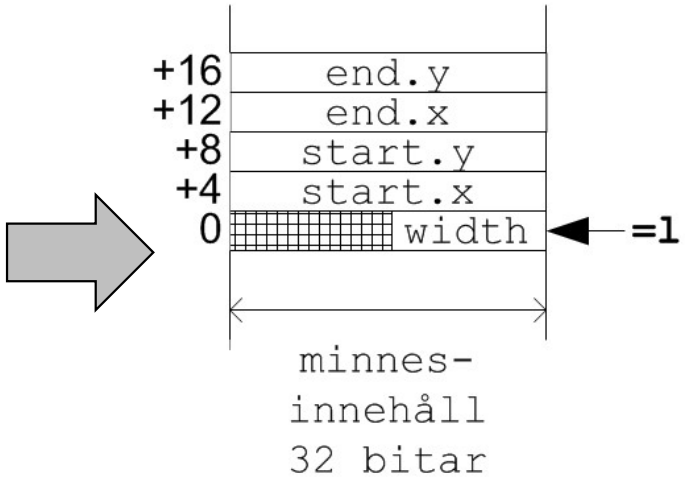
Exempel: Datatyp för koordinater

```
typedef struct
{
      int x,y;
} COORD;
```

Exempel:

Vi har deklarationen:

```
typedef struct {
   short width;
   COORD start;
   COORD 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.

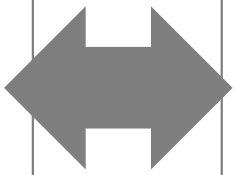
a) `l.width`

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



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

struct line
{
  struct coordinate start;
  struct coordinate end;
} linje;
// Referenser
linje.start.x;
linje.end.y; // etc
```

`struct coordinate`

kan bara användas som medlem av `struct line`.

`struct coordinate`

och

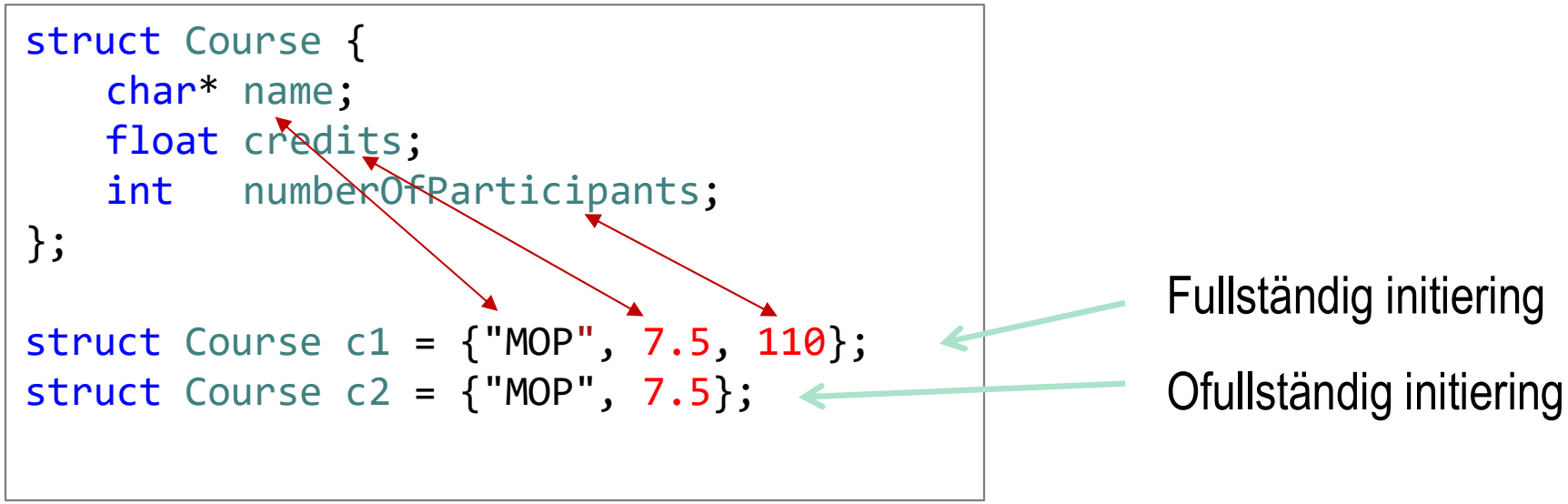
`struct line`

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 coordinate;  /* coordinate är en struct */
```

```
struct line
{
  struct coordinate start;
  struct coordinate end;
};
```

```
struct linepointers
{
  struct coordinate *start;
  struct coordinate *end;
};
```

Fel:
Storleken av `struct coordinate` är okänd, alltså kan inte storleken av `struct line` bestämmas.

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

Pekare till `struct`, pilnotation

Det är vanligt att använda pekare och pilnotationen förenklar detta betydligt.

Exempel:

```
struct coordinate {int x,y;} c1;
struct coordinate *ptr;

 ptr = &c1;
 // Direkt, variabel via punktoperator
 c1.x = ...
 // eller via derefererad pekare
 (*ptr).x = ...
 // eller kortare, piloperatorn:
  p->x   = …
```

Exempel: Koordinater i en länkad lista

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

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

Pekare till `struct`, pilnotation

Exempel:

```
typedef struct coord
{
   int x,y;
   struct coord *next;
} COORD;
COORD   c1, ... , c10;
COORD   *first, *p;
```

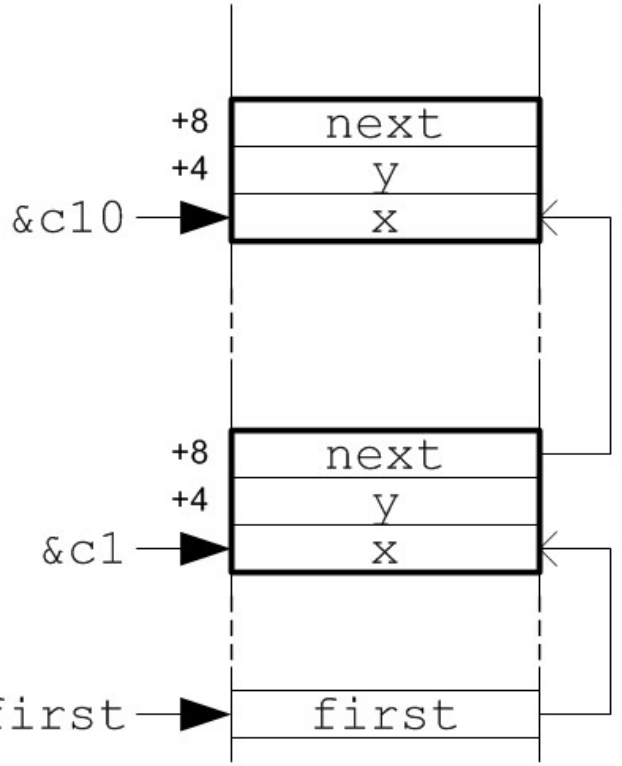
Koda tilldelningarna:

```
first = &c1;
p = first;
p->next = &c10;
```

```
(*p).next = &c10;
p->next = &c10;
```

```
@ first = &c1;
    LDR     R0,=c1
    LDR     R1,=first
    STR     R0,[R1]
```

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




```
@ p->next;
    LDR     R0,=c10
    LDR     R1,=p
    LDR     R1,[R1]
    STR     R0,[R1,#8]
```

Portadressering med poster

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

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

```
// 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

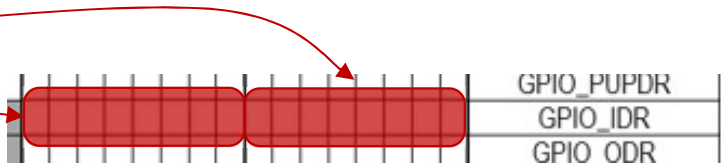
Deklarationen kan i stället anpassas till portens olika registers storlekar

```
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;
```

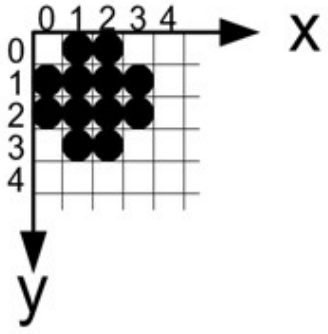
```
typedef volatile struct {
  unsigned int         moder;
  unsigned short int   otyper;
  unsigned short int   Reserved0;
  unsigned int         ospeedr;
  unsigned int         pupdr;
  unsigned char        idrLow;
  unsigned char        idrHigh;
  unsigned short int   Reserved1
  unsigned char        odrLow;
  unsigned char        odrHigh;
  unsigned short int   Reserved2;
  unsigned int         bsrr;
  unsigned short int   lckr;
  unsigned short       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);
```



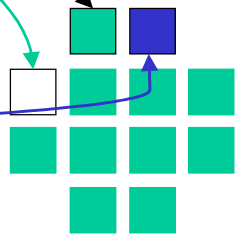
Inkapsling av data, ett "objekt"



Exempel: Arbetsboken, avsnitt 5.4

```
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;
```

```
// 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.

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

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;
```

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);
```

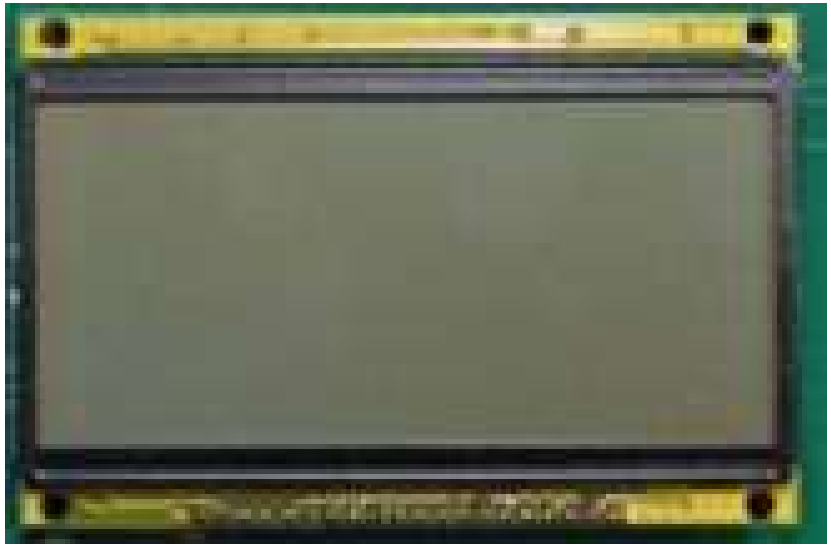
```
// incr() är en vanlig function
// som både v1.inc och v2.inc pekar på.
void incr(MyClass* this)
{
    this->a++;
}
```

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`.

Programmering av grafisk display
Laboration 3



Uppgifter:

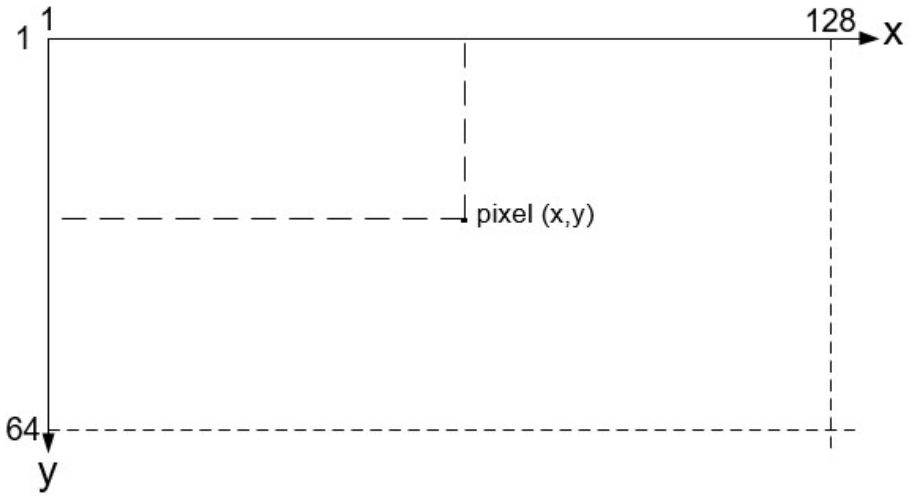
3.1: Plot av linje

3.2: Plot av rektangel

3.3: Plot av polygon

3.4: Rörliga objekt

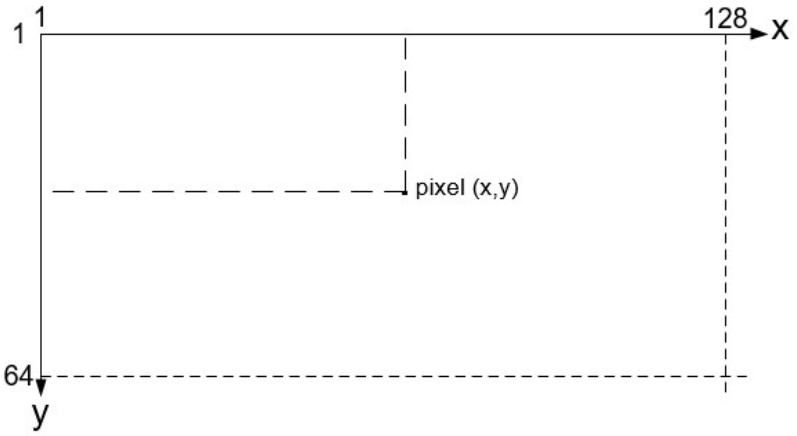
3.5: Början till ett litet spel



Inbyggda funktioner för grafisk display

Funktioner som anropas via processorns undantagshantering

```
void graphic_initialize (void);
void graphic_clear_screen (void);
void graphic_pixel_set (int x, int y);
void graphic_pixel_clear (int x, int y);
```



Implementeringsdetaljerna beskrivs senare i kursen…

Implementering:

```
__attribute__((naked))
void graphic_initalize(void)
{
    __asm volatile (" .HWORD  0xDFF0\n");
    __asm volatile (" BX LR\n");
}
```

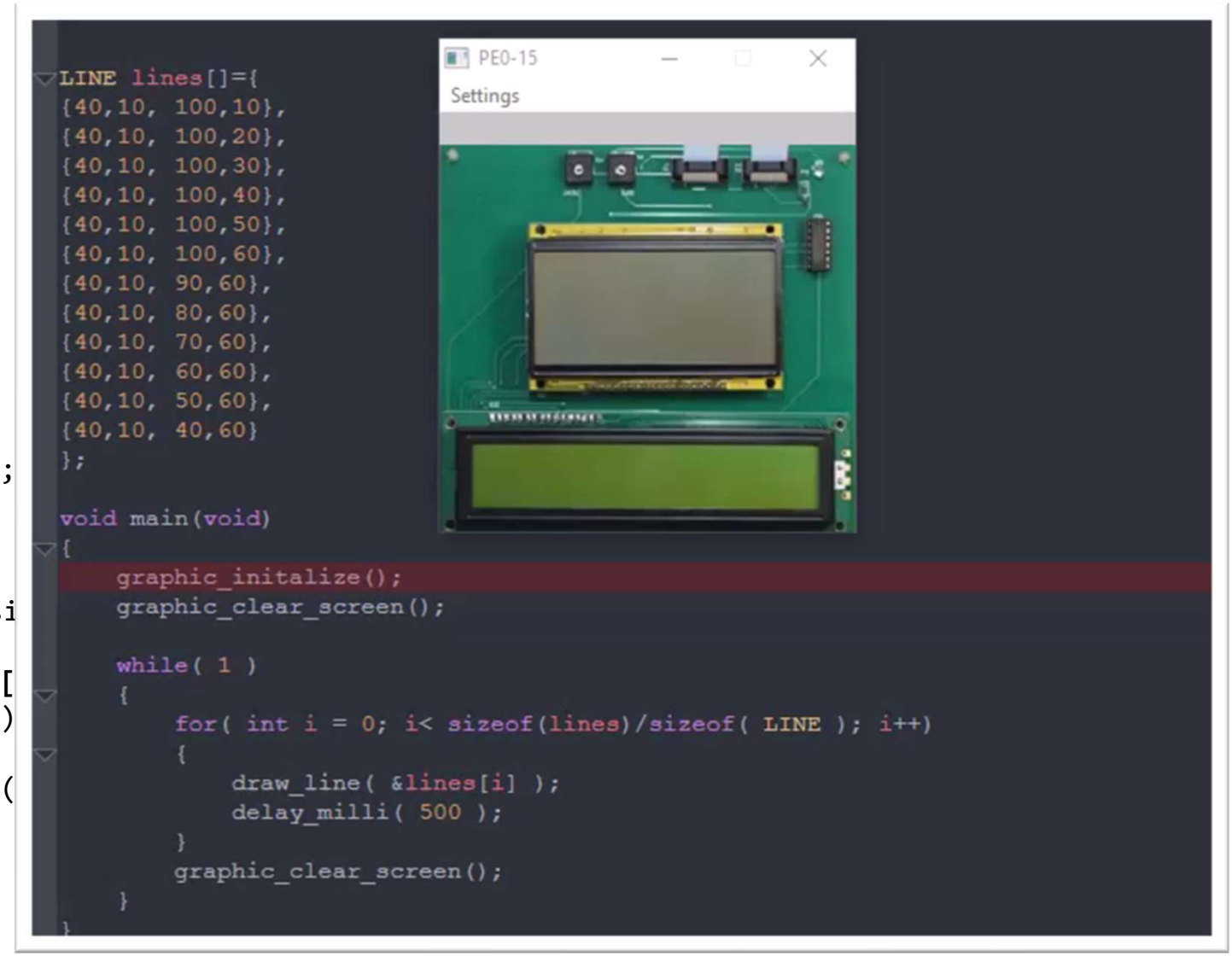
```
__attribute__((naked))
void graphic_clear_screen(void)
{
    __asm volatile (" .HWORD  0xDFF1\n");
    __asm volatile (" BX LR\n");
}
```

```
__attribute__((naked))
void graphic_pixel_set( int x, int y)
{
    __asm volatile (" .HWORD  0xDFF2\n");
    __asm volatile (" BX LR\n");
}
```

```
__attribute__((naked))
void graphic_pixel_clear( int x, int y)
{
    __asm volatile (" .HWORD  0xDFF3\n");
    __asm volatile (" BX LR\n");
}
```

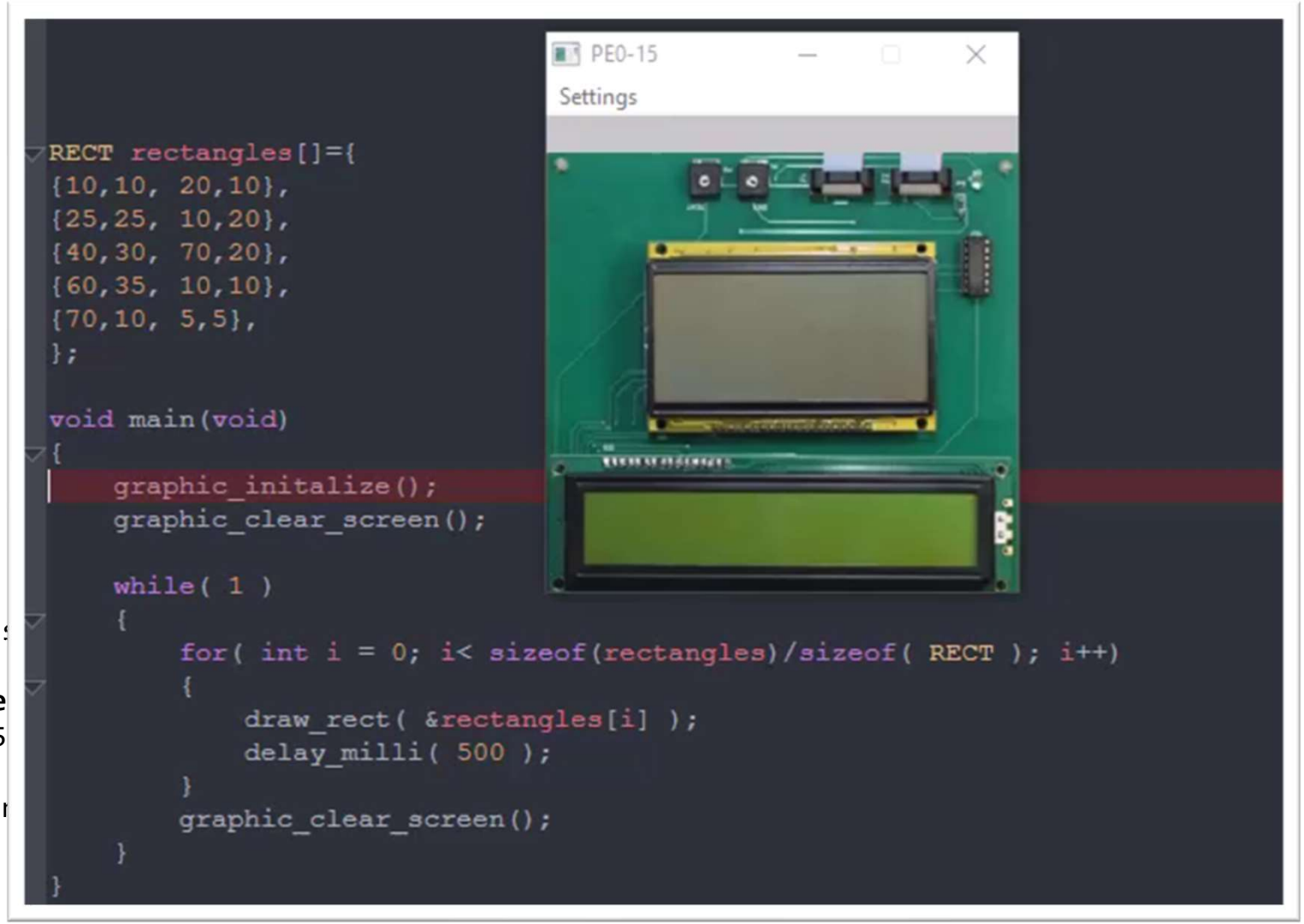
3.1: Plot av linje

```
LINE lines[]={
{40,10, 100,10},
.....
{40,10, 40,60}
};

void main(void)
{
  graphic_initalize();
  graphic_clear_screen();

  while( 1 )
  {
    for( int i = 0; i< si
    {
       draw_line( &lines[
       delay_milli( 500 )
    }
    graphic_clear_screen(
  }
}
```



3.2: Plot av rektangel

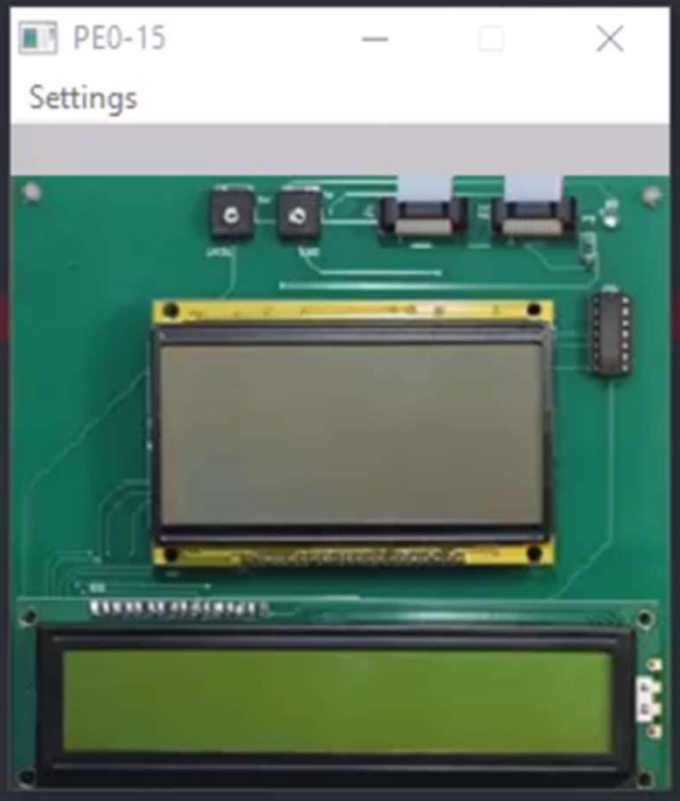
```
RECT rectangles[]={
{10,10, 20,10},
{25,25, 10,20},
{40,30, 70,20},
{60,45, 10,10},
{70,55, 5,5},
};

void main(void)
{
      graphic_initalize();
      graphic_clear_screen();

      while( 1 )
      {
            for( int i = 0; i< s
            {
                  draw_rect( &re
                  delay_milli( 5
            }
            graphic_clear_scree
      }
}
```



3.3: Plot av polygon (månghörning)

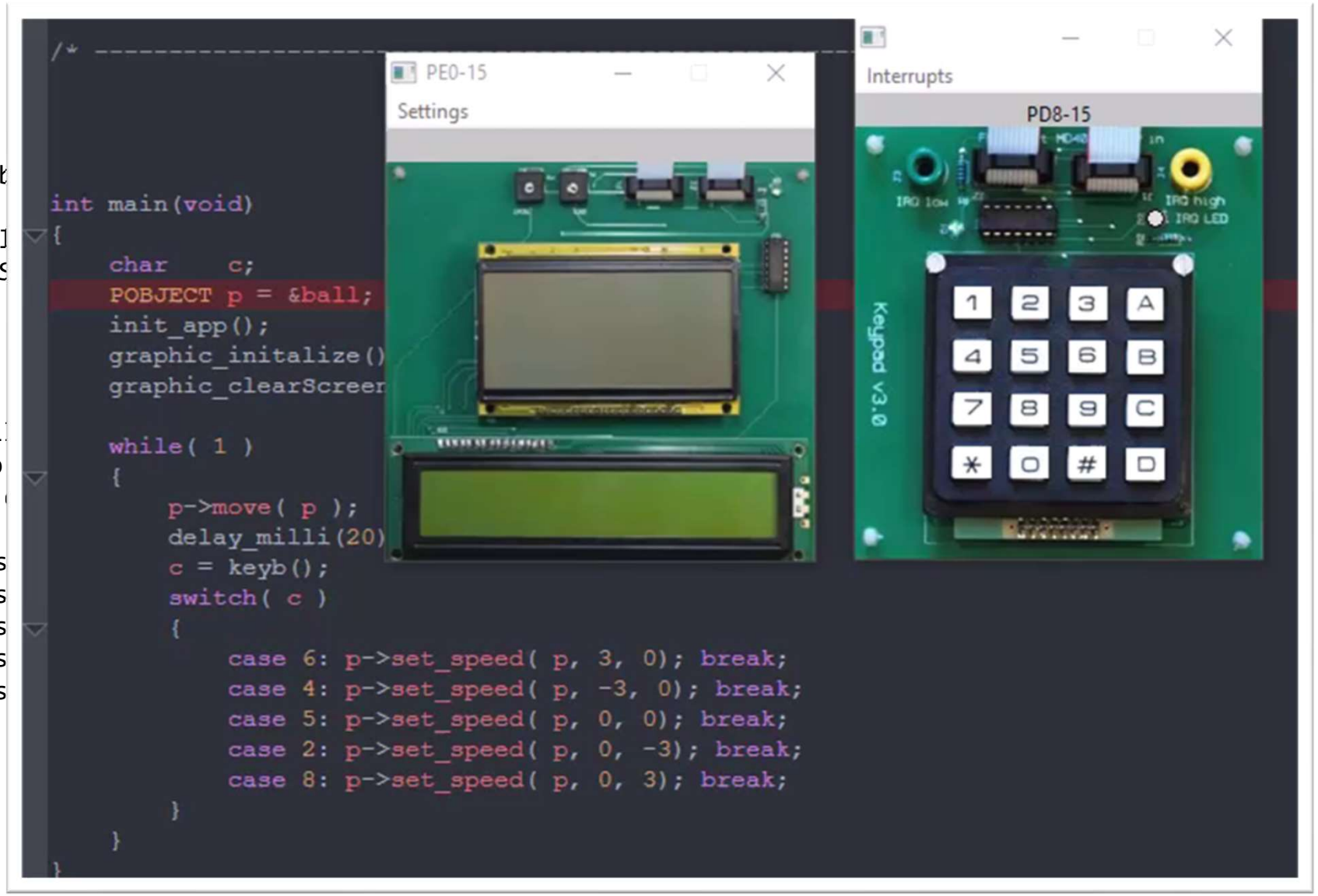
```
POLY pg8 = { 20,20,
POLY pg7 = { 20,55,
POLY pg6 = { 70,60,
POLY pg5 = { 80,35,
POLY pg4 = { 100,25
POLY pg3 = { 90,10,
POLY pg2 = { 40,10,
POLY pg1 = { 20,20,

void main(void)
{
      init_app();
      graphic_inital
      graphic_clear_

      while( 1 )
      {
            draw_poly
            delay_mi
            graphic_
            delay_mi
      }
}
```

```
POLY pg8 = { 20,20, 0};
POLY pg7 = { 20,55, &pg8};
POLY pg6 = { 70,60, &pg7};
POLY pg5 = { 80,35, &pg6};
POLY pg4 = { 100,25, &pg5};
POLY pg3 = { 90,10, &pg4};
POLY pg2 = { 40,10, &pg3};
POLY pg1 = { 20,20, &pg2};

void main(void)
{
    init_app();
    graphic_initalize();
    graphic_clear_screen();

    while( 1 )
    {
        draw_polygon( &pg1 );
        delay_milli( 500 );
        graphic_clear_screen();
        delay_milli( 500 );
    }
}
```



3.4: Rörliga objekt

```
int main(void)
{
      char  c;
      POBJECT p = &b
      init_app();
      graphic_inital
      graphic_clearS

      while( 1 )
      {
            p->move(
            delay_mi
            c = keyb
            switch(
            {
                  cas
                  cas
                  cas
                  cas
                  cas

            }
      }
}
```



3.5: Början till ett litet spel....

```
int main(int argc, char **
{
  char c;
  POBJECT victim = &ball;
  POBJECT creature = &spid
  init_app();
  graphic_initalize();
  graphic_clearScreen();
  victim->set_speed( victi

  while( 1 )
  {
    victim->move( victim )
    creature->move( creatu
    c = keyb();
    switch( c )
    {
      case 6: creature->se
      case 4: creature->se
      case 5: creature->se
      case 2: creature->se
      case 8: creature->se
      default:
              creature->se
    }
    if( objects_overlap( v
    {
      // Game over
      break;
    }
    delay_milli(40);
  }
}
```