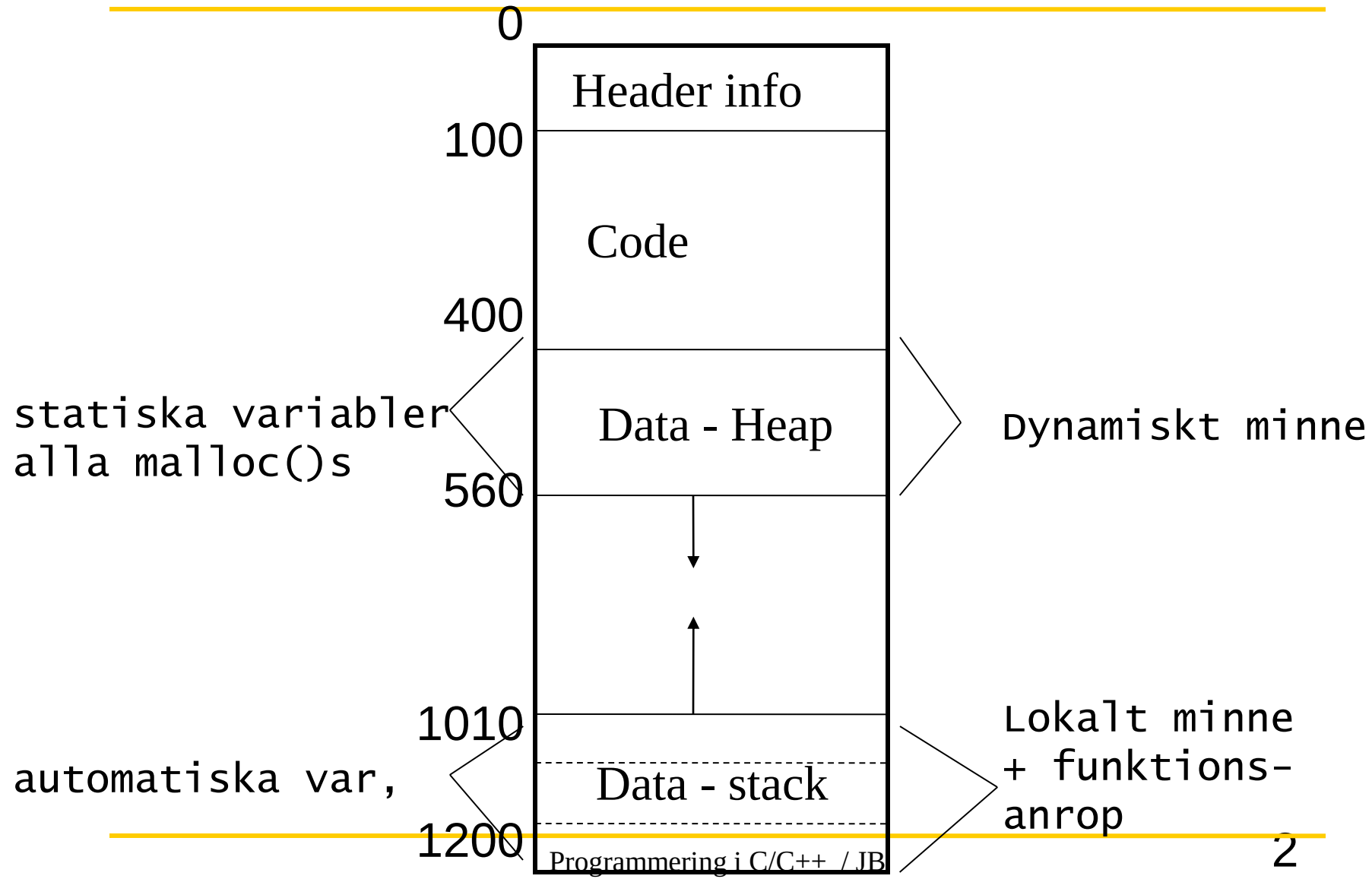
C-programmering

Minneshantering

Minnesrymd för program



Dynamisk minnesallokering

- Explicit allokering och deallokering

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
int *ptr;
       /* allokera utrymme för ett heltal */
ptr = malloc(sizeof(int));

      /* används minnesutrymmet */
*ptr=4;

free(ptr);
      /* frigör det allokerade minnet */
}
```

Dynamiskt minne - funktioner

```
#include <malloc.h>
void *malloc(size_t size);
void *calloc(size_t nmemb, size_t size);
void *free(void *ptr);
void *realloc(void *ptr, size_t size);
```

malloc – returnerar pekare till minnesblock av storlek size

realloc – ökande / minskade av minne, gemensam det oförändrad

free – frigör minne på pekare ptr

Dynamisk minnesallokering - exempel

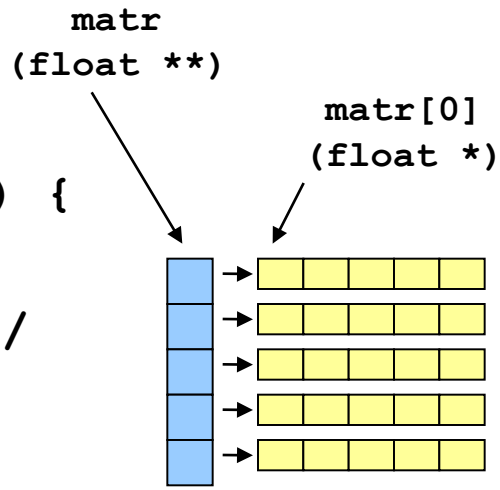
```
#include <stdio.h>
#include <malloc.h>

int main() {
   char *buffer;
   pPerson ptr_pers;

   buffer = (char *)malloc(50 * sizeof(char));
   ptr_pers = (pPerson)malloc(sizeof(Person));

   if (!buffer) return (-1); /* om malloc ej lyckades */
   if (!ptr_pers) return (-1);
   strcpy(buffer, "Hej, här är texten");
   strcpy(ptr_pers->namn, "Axel Eklund");
   ptr_pers->alder = 32;
   return 0;
}

OBS!! fält i strukturer adresseras med -> då pekare
   till struktur används
```

Räckor – en / två dimensioner

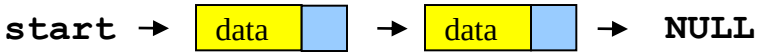
```
#include <stdio.h>
#include <malloc.h>

int *new_array(int size) {
   int *a;
   int i;
   a = (int *)malloc(size * sizeof(int));
   if (!a) return (NULL); /* om malloc ej lyckades */
   for (i=0; i<MAX_ARRAY; i++) {
       a[i] = 0;
   }
   return a;
}
int *new_matrix(int nszie, int msize) {
   int *a,i,j;
   a = (int *)malloc(nsize*msize*sizeof(int));
   if (!a) return (NULL);
   for (i=0; i<nsize; i++) { for (j=0; j<mszie;j++) {
       a[i*nsize+j] = 0;
   }}
   return a;
}
```

Dynamiska matriser

```
#include <stdio.h>
#include <malloc.h>

float ** matrix_alloc(int rows, int cols) {
   float **matr;
   int i;
   /* Allokera pekare till kolumnräckor */
   matr = (float **)malloc(sizeof(float
   *)*rows);
   for(i=0; i<rows; i++) {
        /* Allokera kolumnräckorna */
        matr[i] = (float
   *)malloc(sizeof(float)*cols);
   }
   return matr;
}
användning: matr[2][4] = 12.22;
```

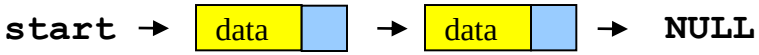


Länkade listor




```
#include <stdio.h>
#include <malloc.h>

typedef struct t_node {
   int data; // eller något annan data
   struct t_node *next;
}  NODE;

void printlist(NODE *);
void addtolist(NODE *, int);

int main(){
   NODE *start, *p;
   start = (NODE *)malloc(sizeof(NODE));

   p=start; // Sätt pekare till första nod
   p->data = 0; // Sätt data
   p->next = NULL;

   addtolist(start, 12);

   printlist(start);

}
```

Länkade listor 2




```
// ..forstsättning från förra sidan}

void printlist(NODE *p) {

   do {
        printf(”Data %d\n”, p->data);
   } while (p=p->next);
}

void addtolist(NODE *p, int data) {
   while (p->next) {
        p=p->next;
   }

   p->next = (NODE *)malloc(sizeof(NODE));
   p = p->next;
   p->data = data;
   p->next = NULL;
}
```

Minnesläckor

- Allokerat minne (`malloc(), realloc(), calloc()`) har inte ett motsvarande `free()`
- Med tiden växer den allokerade minnesmängden
  - I serverbruk med tiden katastrofalt
  - För klientprogram (typ webläsare) främst störande
- Hur kan man undvika
  - Allokering / deallokering på välkontrollerade platser
  - Noggrann felhantering (så att inte free() blirbortglömt p.g.a. ovanligt pr
  - Verktyg vid utvecklingsskedet

Minnesläckor - exempel

```
#include <stdio.h>
#include <malloc.h>

int myfunc() {
   char *buffer;

   buffer = (char *)malloc(50 * sizeof(char));
   if (!buffer) exit(-1); /* om malloc ej lyckades
   */
   scanf("%d", &newval);
   if (newval<0) return -1; /* error */
   …
   free(buffer); /* programflödet når inte alltid
   hit = möjlig minnesläcka */
}
```

Länkade listor

C-programmering

Preprocessorn

Preprocessor

- Kompilering av C kod föregås av en preprocessor
- Preprocessorn genererar en ny ”fil” med källkod genom att
  - ersätta definierade textsträngar
  - inkludera andra filer
  - konditional inkludering av textavsnitt
- Denna nya enhetliga fil körs genom den egentliga C-kompilatorn

Preprocessor – exempel

Notera formen
`expr1 ? expr2 : expr3`
evaluera expr1; Om olika noll, evaluera till expr2; annars till expr3.

```
/* test.c */

#define MAX(a,b) ( ((a)>(b))? (a) : (b) )

#ifdef  DEBUG
#define DPRINT(x) printf("Debug: '%s\n",
   x);
#else
#define DPRINT(x)
#endif

main () {
  int x = 33;
  int y = 12;

  printf("Max av 2 och 5 ar %i\n",
   MAX(2,5));
  printf("Max av x och y ar %i\n",
   MAX(x,y));

  DPRINT("Nu narmar sig slutet");
}
```

```
gcc -E test.c -DDEBUG
```

```
main () {
  int x = 33;
  int y = 12;

  printf("Max av 2 och 5 ar %i\n", (
   ((2)>(5))? (2) : (5) ));
  printf("Max av x och y ar %i\n", (
   ((x)>(y))? (x) : (y) ));

  printf("Debug: '%s\n", "Nu narmar sig
   slutet");;
}
```

```
gcc -E test.c
```

```
main () {
  int x = 33;
  int y = 12;

  printf("Max av 2 och 5 ar %i\n", (
   ((2)>(5))? (2) : (5) ));
  printf("Max av x och y ar %i\n", (
   ((x)>(y))? (x) : (y) ));

}
```

C Preprocessorn

- **`#define`** – Definiera / substitionera
  - **`#define MAX_ARRAYSIZE 100`**
  - **`#define DOUBLE(X) ((x)*2)`**
- **`#include <fil.h>`** – Inkludera fil
  - Sök reda på fil och sätt filens innehåll på motsvarande plats
- **`#if #elif #else #endif`**
  - Inkludera textavsnitt om ett uttryck gäller – dynamisk kod
- **`#ifdef #endif`**
  - Inkludera kod on symbol definiera

C Preprocessorn

- Effektiv för
  - debuggning
  - ”konstanter” som är lätta att vid omkompilering ändra på
  - konditionella kodblock (typisk vid multiplatform / -arkitektur)
  - konfigurering av system

```
#ifdef USE_WLAN
    kod för WLAN-modul
#endif
```

- OBS! Ingen run-time overhead !!

C Preprocessor – mera debugging

- De flesta preprocessorer erbjuder macron
  - **__FILE__** - ersätts med filnamnet för nuvarande fil
  - **__LINE__** - ersätts med radnumret i filen
  - **__DATE__** - datum då preprocessorn körs
- Vi kan nu skapa debug-macron

```
#define DPRINT(x) fprintf(stderr,
  ”%s(%i): %s\n”, __FILE__, __LINE__,
  (x))
```

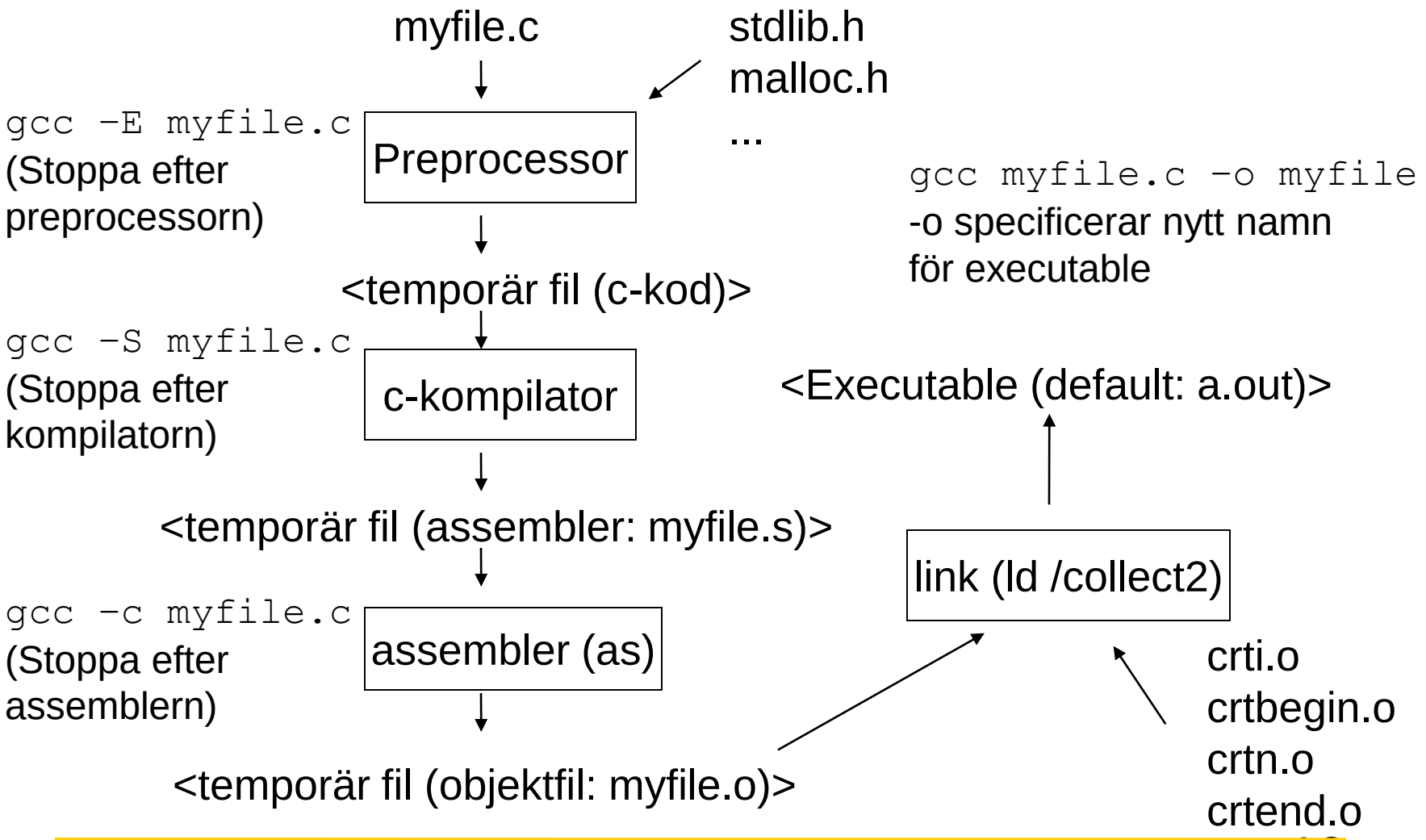
- i koden:

```
DPRINT(”Fel information given”);
```

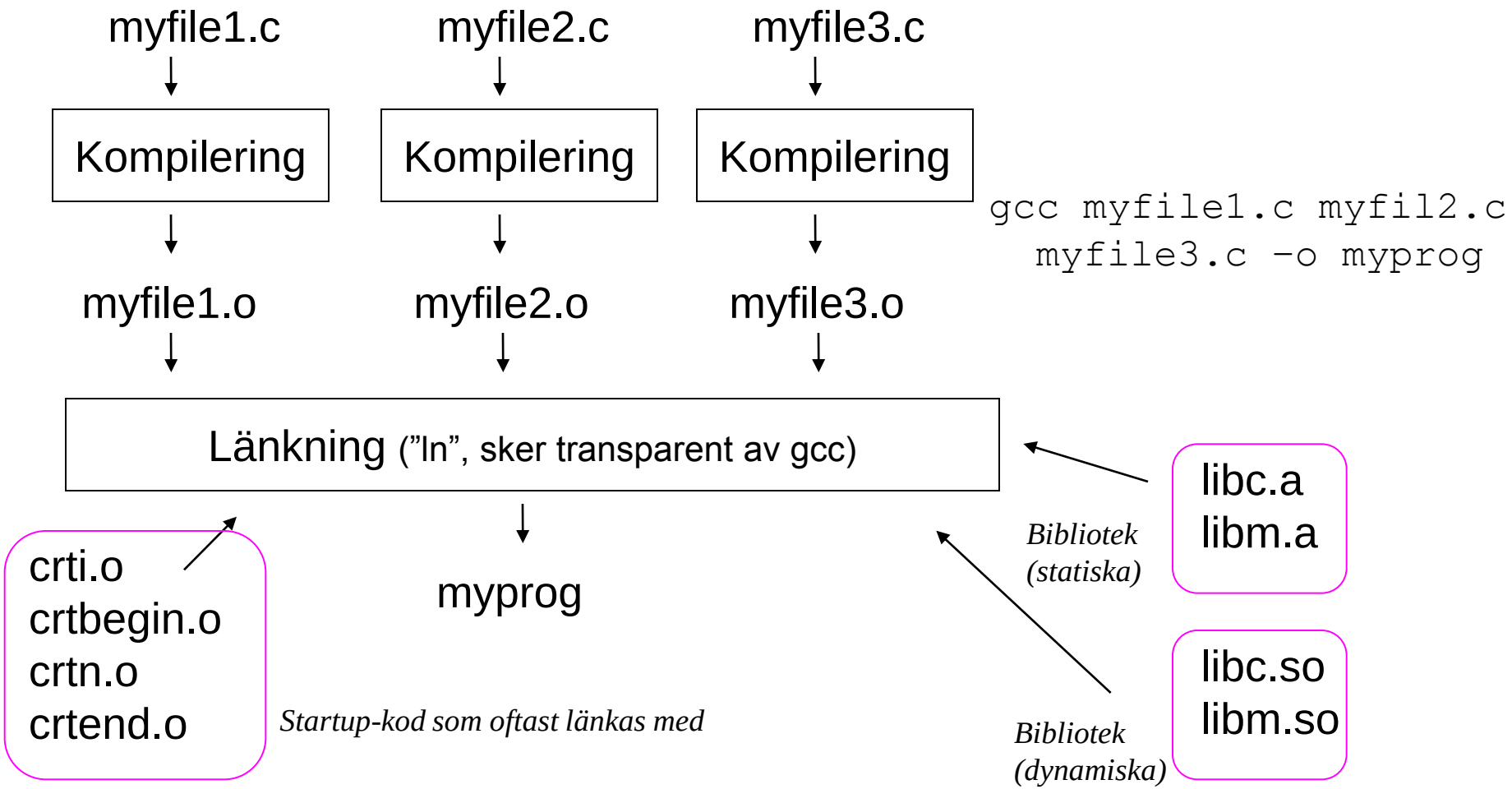
- Ger output

```
sourcefile.c(232): Fel information given
```

Kompileringsprocessen



Vanligen många källfiler



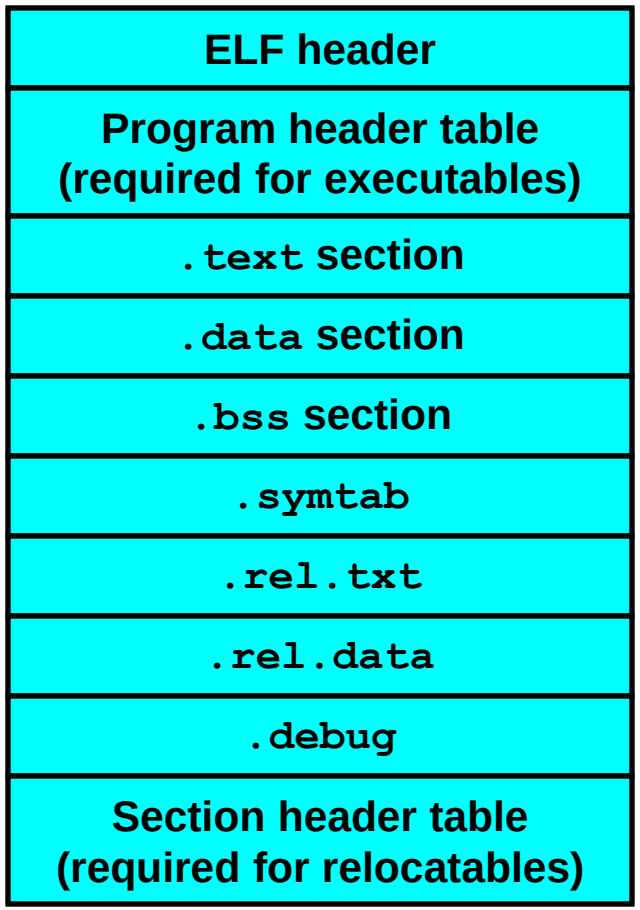
Vad gör länkaren?

- Sammafogar filer med objektkod (.o)
  - Flyttbar objektkod kombineras till en exekverbar fil
- Externa referenser uppsöks
  - Referenser till funktioner och globala (externa referenser) mellan objektfiler
- Flyttar symboler
  - Flyttar symboler från relativa platser i objektfilerna till absoluta platser i den exekverbara filen
  - Uppdaterar alla referenser till dessa symboler
    - Referenser finns till både kod och data

```
a()  /*referens till kodsymbol  */
int *xp = &x; /* referens till datasymbol */
```

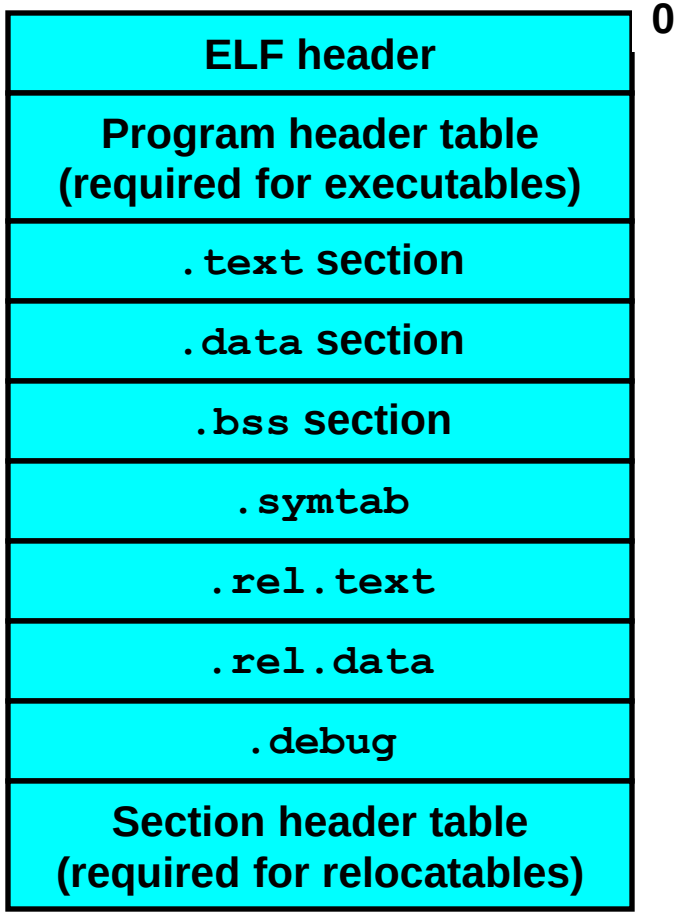
ELF Object File Format

- Elf header
  - Magic number, type (.o, exec, .so), machine, byte ordering, etc.
- Program header table
  - Page size, virtual addresses memory segments (sections), segment sizes.
- `.text` section
  - Code
- `.data` section
  - Initialized (static) data
- `.bss` section
  - Uninitialized (static) data
  - "Block Started by Symbol"
  - "Better Save Space"
  - Has section header but occupies no space

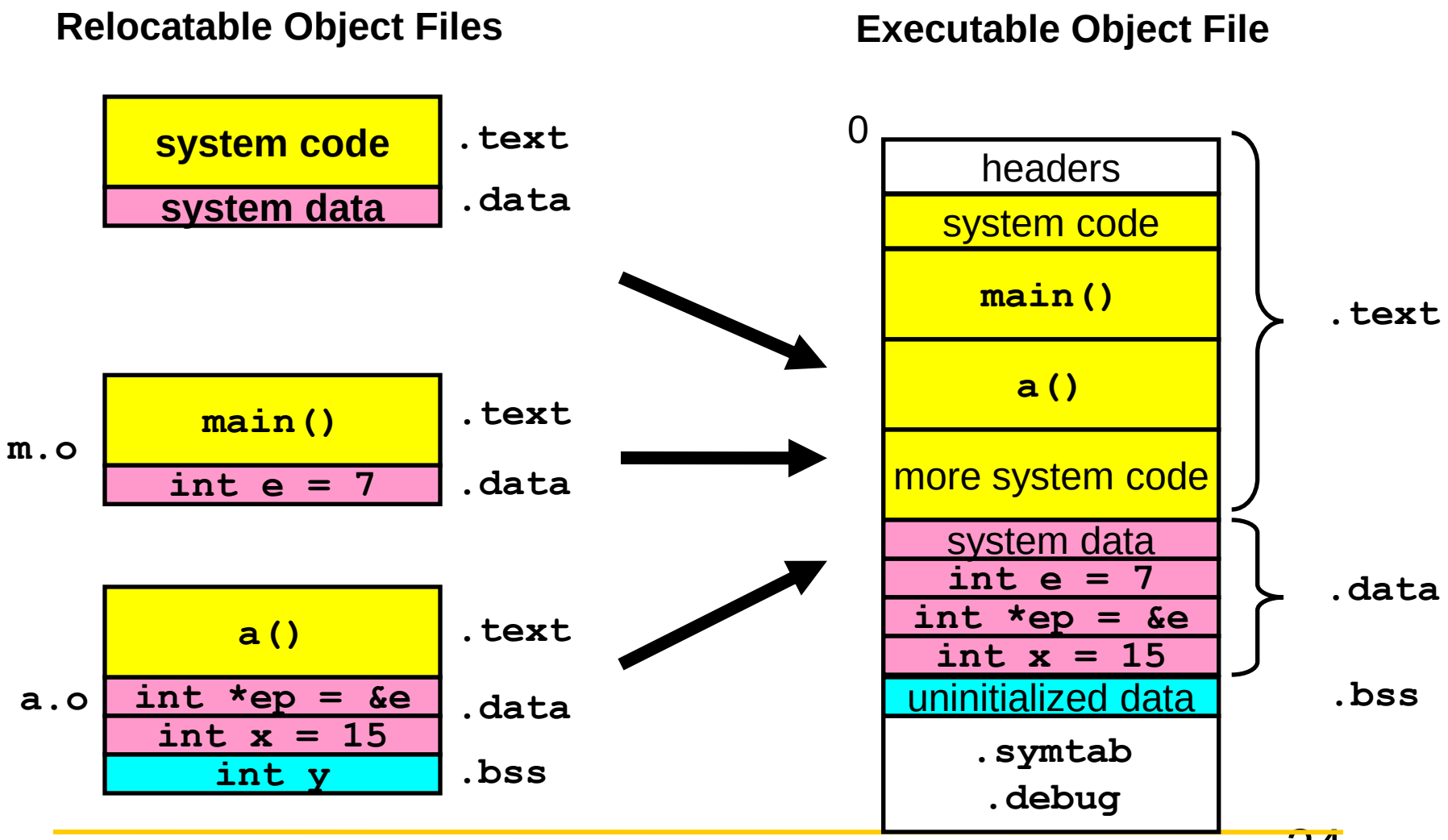


ELF Object File Format (cont)

- `.symtab` section
  - Symbol table
  - Procedure and static variable names
  - Section names and locations
- `.rel.text` section
  - Relocation info for `.text` section
  - Addresses of instructions that will need to be modified in the executable
  - Instructions for modifying.
- `.rel.data` section
  - Relocation info for `.data` section
  - Addresses of pointer data that will need to be modified in the merged executable
- `.debug` section
  - Info for symbolic debugging (`gcc -g`)



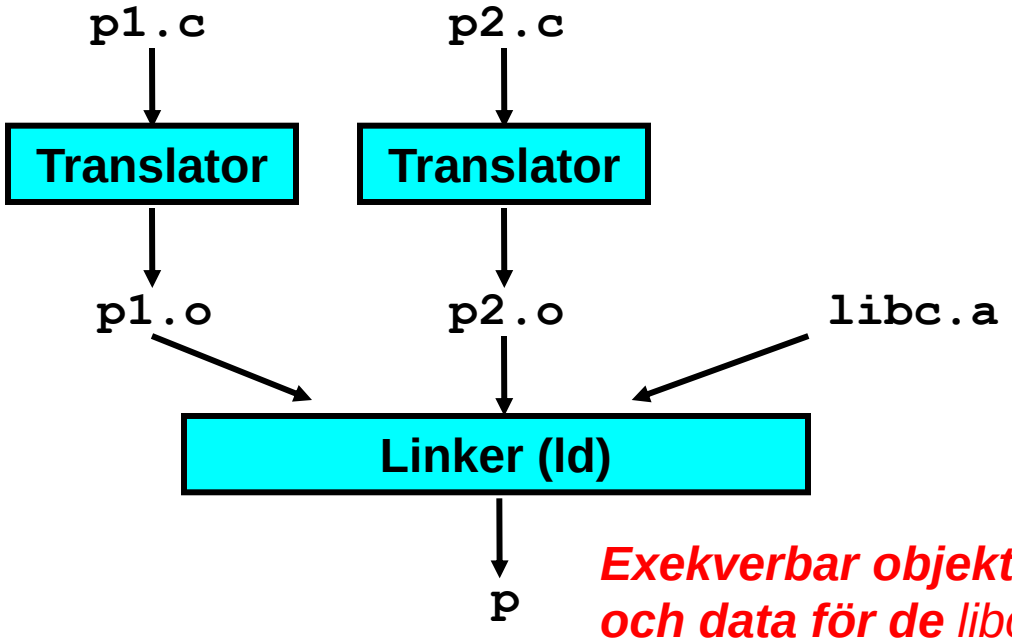
Kombination av objektfiler till exekverbar fil



Länkningsmodeller

- Statisk länkade exekverbara filer
  - Koden för biblioteksfunktioner är inkluderad i den slutliga exekverbara filen
    - **`gcc –static myfile.c –o myfile.c`**
  - Exekverbara filer blir större
  - Dock bättre resistent mot ändringar i biblioteksfunktioner
- Dynamisk länkade exekverbara filer
  - Koden för biblioteksfunktioner laddas vid körning från bibliotek
    - **`gcc myfile.c –o myfile.c`**
  - Mindre exekverbara filer
  - Kan dock bli problem med inkompatibla bibliotek

Statisk länkning



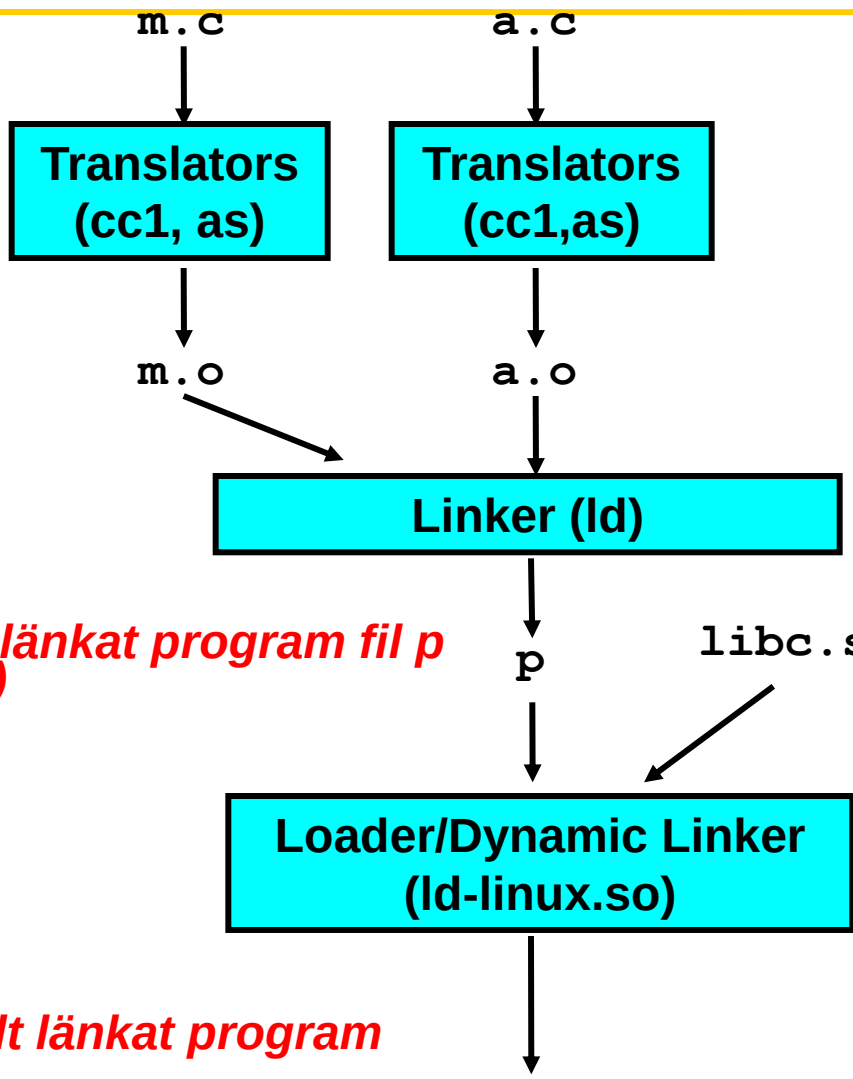
Statiskt bibliotek (arkiv) av flyttbara objektfiler sammanfogade till en helhet

Exekverbar objektfil (innehåller endast kod och data för de libc-funktioner som kallas av p1.c och p2.c)

Further improves modularity and efficiency by packaging commonly used functions [e.g., C standard library (`libc`), math library (`libm`)]

Linker selectively only the `.o` files in the archive that are actually needed by the program.

Dynamisk länkning



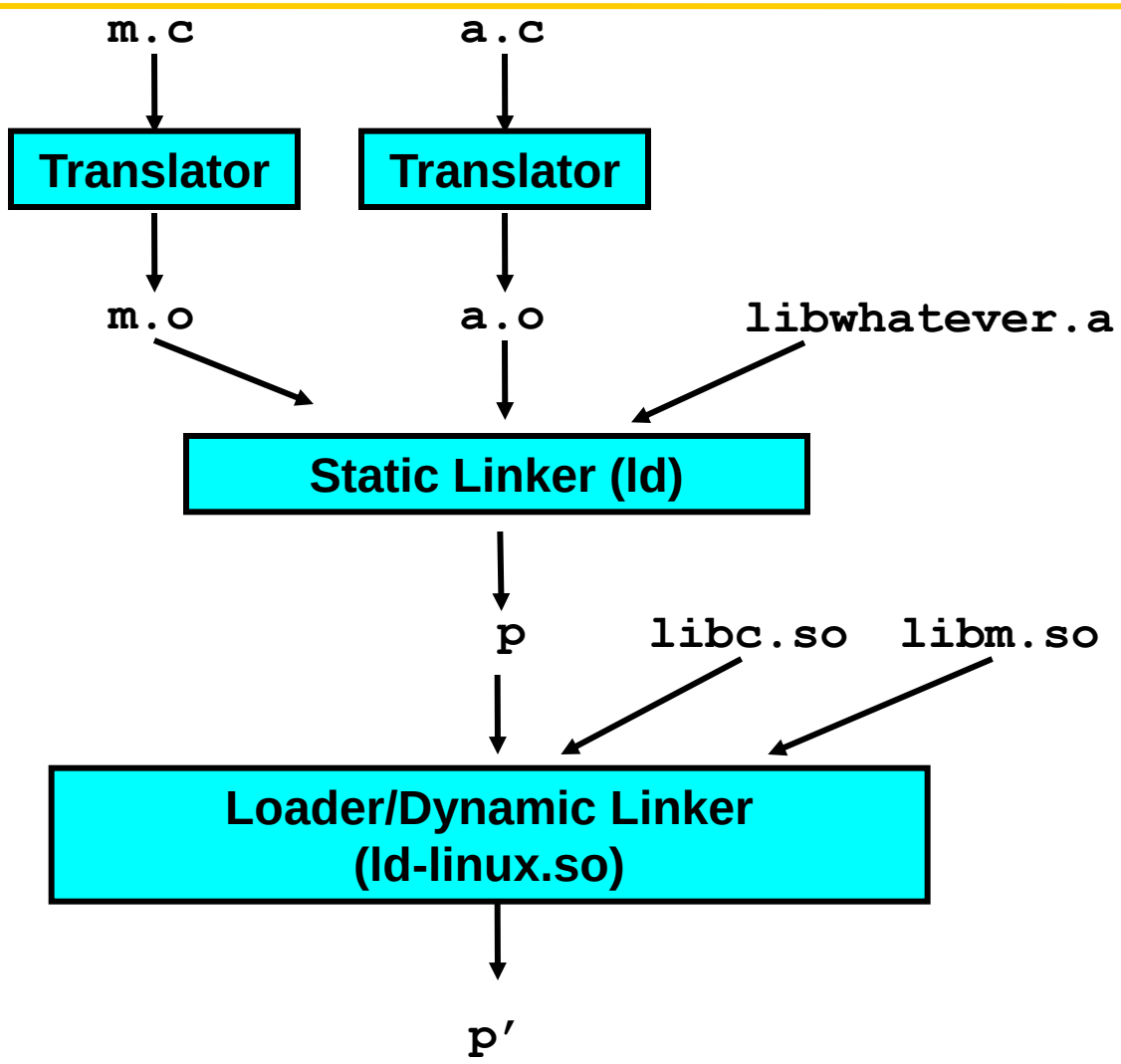
Partiellt länkat program fil p (på disk)

Bibliotek med dynamiskt relokerbara objektfiler

libc.so-funktioner som kallas från m.c och a.c laddas, länkas och (eventuellt) delas mellan processer

Fullt länkat program p' (i minnet)

Blandning av statisk / dynamisk



Windows och länkning

- I MS Windows (7, 8, ...) används motsvarande
  - Statisk länkning
    - Kod från bibliotek (.a) bifogas till den exekverbara filen
  - Dynamisk länkning
    - Kod från ett bibliotek (.a) innehållande stub:s bifogas till den exekverbara filen
      - stub: Kod som laddar en rätt DLL (Dynamic Link Library) och överför kodexekveringen till detta funktionen i DLL:n
    - Man kan också ladda under körtid
      - **`LoadLibrary(), GetProcAddress()`**

Makefiles

- C-projekt blir snabbt stora
  - Många källkodsfiler
  - Bibliotek spridda på olika ställen
  - Olika konfigurationer (t.ex. via **`#defines`**)
- Att manuellt skriva kommandona för att bygga systemet blir invecklat, pga. många långa parametrar, ex:

```
gcc –I/usr/local/include/ -
  L/usr/local/lib –DDEBUG –DWIN32
  myfile.c –g –O2 –Wall –o myfile.o –lm
  –lcrypt -lext
```

Makefiles

- Istället bygger man en s.k. Makefile som innehåller regler för hur ett programpaket skall byggas
- Baserar sig på
  - definitioner, tex.
    - kataloger där filer finns
    - flaggor / parametrar
  - beroendeförhållanden, tex.
    - att en viss objektfil byggs från vissa källkodsfiler
    - vissa system byggs utgående från vissa objektfiler
  - regler för hur man bygger komponenter
    - hur en kompilator / linker skall aktiveras

Makefile - exempel

```
#-----Macros-----------------------------------

# for cs machines
#BASEDIR = /usr/project/courses/cps008/lib
# for acpub machines
BASEDIR = /afs/acpub.duke.edu/users8/ola/courses/lib

TLIB = $(BASEDIR)/libtapestry.a
INCLUDES = -I. -I$(BASEDIR)

# set up compiler and options
CXX = g++
CXXFLAGS = -g $(INCLUDES)
```

Makefile - exempel

```
#-----Suffix Rules-----------------------------
# set up C++ suffixes and relationship between
   .cc and .o files

.SUFFIXES: .cc

.cc.o:
    ->    $(CXX) $(CXXFLAGS) -c $<

.cc :
    ->    $(CXX) $(CXXFLAGS) $< -o $@ -lm $(TLIB) -
  lg++
        NOTE!! → correspond to a TAB
```

Makefile - exempel

```
#-----File Dependencies----------------------
PROG = HelloWorld
SRC = HelloWorld.c
OBJ = $(SRC:.c=.0)
all: $(PROG)
#--Build-----------------------------------
$(PROG): $(OBJ)
   ->   $(CC) $(CFLAGS) -o $(PRG) $(LFLAGS) $(LIBS)
.c.o:
   $(CC) $(CFLAGS) $(INCLUDES)

#-----Other stuff----------------------------
depend:
   ->   makedepend $(CFLAGS) -Y $(SRC)
clean:
   ->   rm -f $(OBJ)
```

Makefile - delar

- Beroendeförhållanden

```
usepix: $(OBJ)
   -> $(CXX) $(CXXFLAGS) -o $@ $(OBJ) –lm $(TLIB) -lg++
```

  - Obs ”->” svarar för tab-tecknet
  - Dvs. usepix är beroend av alla objektfiler, och raden under berättar hur man skall bygga ”usepix”
  - Från kommandoraden aktiverar man genom att skriva

```
$ make usepix
```

Speciella beroenden

- Första beroendeförhållande aktiveras som ”default” (dvs bara ”**`make`**” på kommandoraden)
- Pseudo-targets:Egentlig målfil finns ej, men kan användas t.ex.för att bygga andra mål

```
testsuite: test1 test2
```

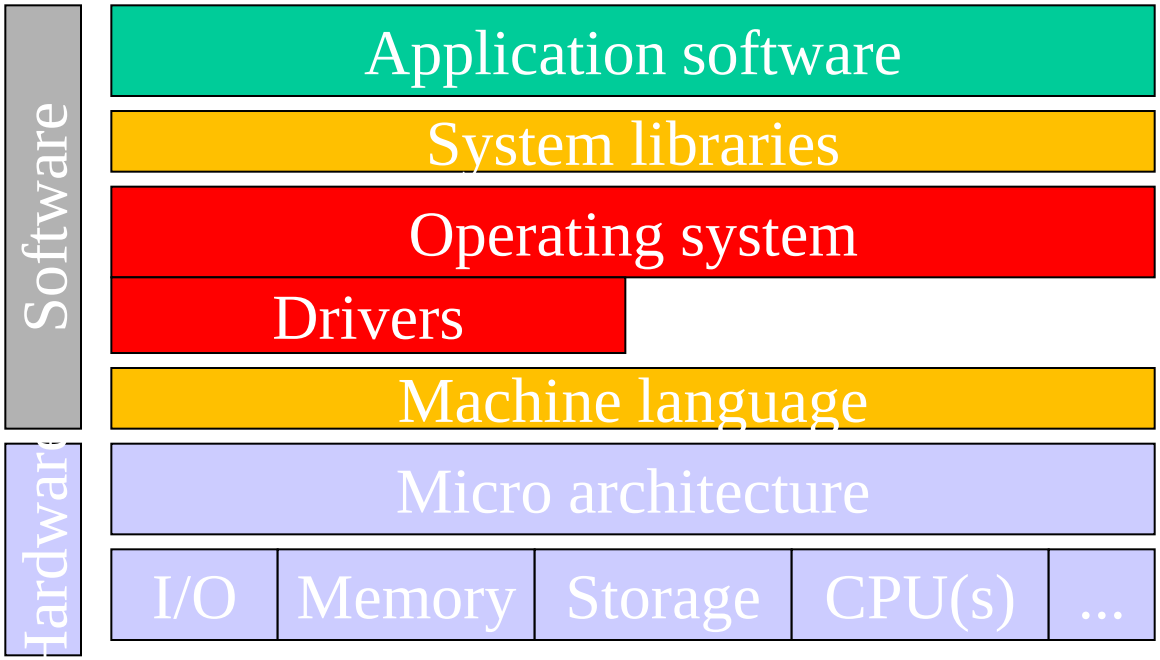
- Mål utan beroenden kan användas för att exekvera vissa kommandon

```
clean:
    -> rm -f $(OBJ)
```

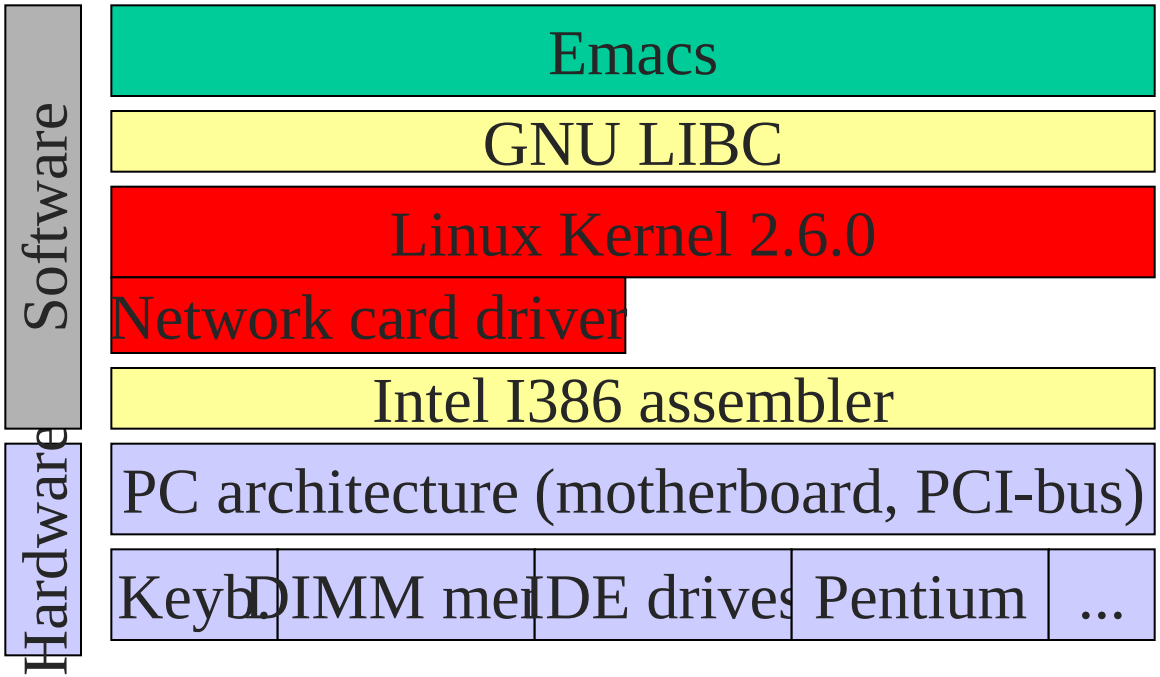
C-programmering

LIBC i korthet

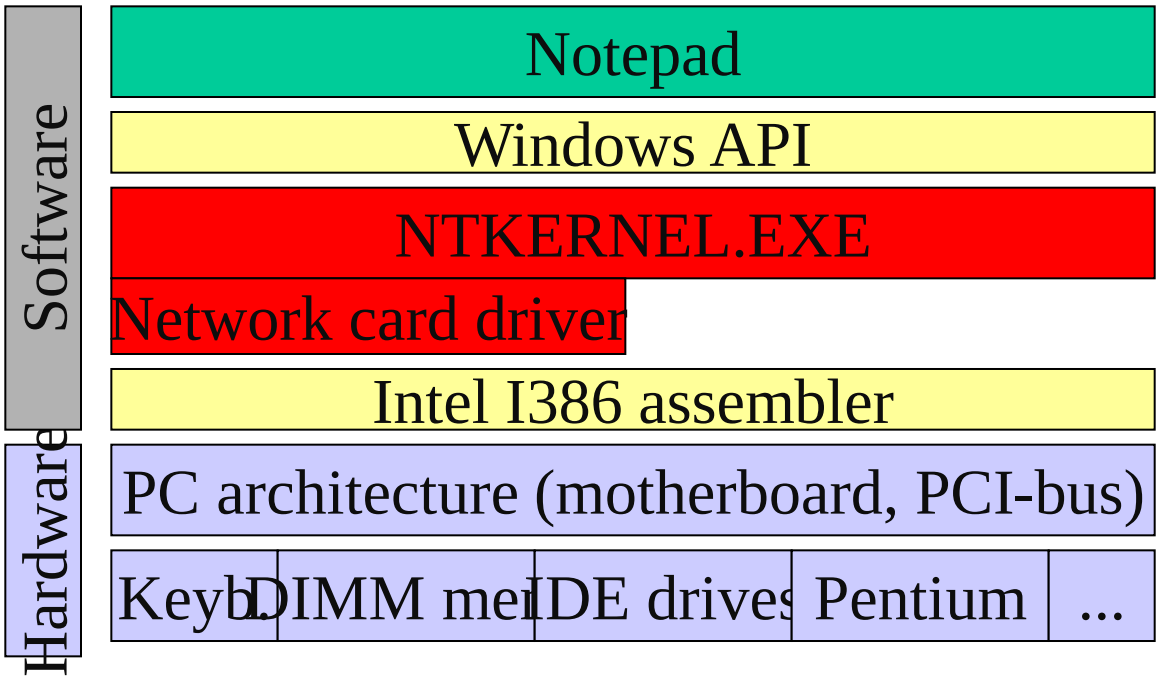
Systembibliotek i ett datorsystem



Systembibliotek i Unix / Linux



Systembibliotek Windows



Libc-översikt

2 Error Reporting
3 Virtual Memory Allocation And Paging
4 Character Handling
5 String and Array Utilities
6 Character Set Handling
7 Locales and Internationalization
8 Message Translation
9 Searching and Sorting
10 Pattern Matching
11 Input/Output Overview
12 Input/Output on Streams
13 Low-Level Input/Output
14 File System Interface
15 Pipes and FIFOs
16 Sockets
17 Low-Level Terminal Interface
18 Syslog
19 Mathematics
20 Arithmetic Functions
21 Date and Time
22 Resource Usage And Limitation
23 Non-Local Exits
24 Signal Handling
25 The Basic Program/System Interface
26 Processes
27 Job Control
28 System Databases and Name Service Switch
29 Users and Groups
30 System Management
31 System Configuration Parameters
32 DES Encryption and Password Handling
33 Debugging support

I/O

- Input / output är bland de viktigaste stödfunktionerna man behöver
- Filhantering
  - fopen(), fclose(), fread(), fwrite(), fprintf(),...
- Lågnivå-filhantering
  - open(), close(), read(), write()

Filfunktioner i libc <-> systemet

- UNIX (Linux)-varianter använder internt i OS heltal för att identifiera filer <int>
- libc anväder internt en datastruktur (FILE) för att buffra operationer till filer

```
libc: size_t fread( void *ptr, size_t size,
   size_t nmemb, FILE *stream);
OS: ssize_t read(int fd, void *buf, size_t
   count);
fopen(), fread(),fclose(),fwrite(),fseek(),
   ftell()
```

Sträng-hantering

- Prototyper för sträng hantering i **`string.h`**
- Funktioner för att
  - Beräkna längd på sträng (strlen)
  - Kopiera och förena strängar (strcpy, strcat)
  - Jämföra strängar (strcmp)
  - Söka i strängar (strchr, strrchr, strcspn)
  - Konvertering av strängar till numeriska värden (atoi, atol, atof)
  - Test för specifika värden (isalnum, isalpha, isdigit, …)

Stränghantering - exempel

```
#include <string.h>
#include <stdio.h>

main () {
   char str1[100] = "Testing string handling";
   char str2[100];
   char *p;

   int i;
   printf("Längd sträng1: %u\n", strlen(str1));
   strcpy(str2, str1);
        /* ~Ekvivalent med */
   for (i=0; i<=strlen(str1);i++) str2[i] = str1[i];
        /* Men … strängbiblioteket använder sig t.ex. av processorns
        Single-Instruction-Multiple-Data (SIMD) egenskaper */

   p = strstr(str1, "hand");
   printf("hand hittades på position %u i '%s'\n", p-str1, str1);
   return = 0;
}
```

Matematiska funktioner

- Matematikbiblioteket används genom att
  - inkludera: **`#include <math.h>`**
  - länka med matematiska biblioteket lm
    - **`gcc myfile.c –o myfile –lm`**
  - exempel:

```
#include <math.h>
main() {
  double x;
  x = cos(0.32*2*M_PI);
}
```

Tidsfunktioner

Prototyper:

```
#include <time.h>
#include <sys/timeb.h>
```

- **`time_t time(time_t *tloc)`** – antal sekunder sedan 00:00:00 GMT, 1. Jan 1970
  - Historist tillabakablick: När inträffar ”Y2K-buggen??”
    - time_t är typedef som long int
    - Om 32-bitars arkiktektur 2^32 /2 / 365 / 24 / 60 / 60 = 68 år → år 2038
    - Om 64-bitar räknare.... år 292 471 296 707 (solen antals äta upp jorden ca år 4000000000, så det lär inte bli något problem med den räknaren)
- **`int ftime(struct timeb *tp)`** - Mera noggrann tidsfunktion

```
struct timeb {
   time_t   time;  /* se ovan */
   unsigned short millitm; /* 1/1000 s interval */
   short    timezone; /* tidszon (i minuter) */
   short    dstflag; /* flagga för sommartid */
   };
```

Tidsfunktioner (2)

- **`char *ctime(time_t *clock)`** – koverterar tid till ASCII-representation
- **`char asctime(struct tm *tm)`** – konverterar en tm-struktur till ASCII

```
struct tm   {
                        int     tm_sec;         /* seconds */
                        int     tm_min;         /* minutes */
                        int     tm_hour;        /* hours */
                        int     tm_mday;        /* day of the month */
                        int     tm_mon;         /* month */
                        int     tm_year;        /* year */
                        int     tm_wday;        /* day of the week */
                        int     tm_yday;        /* day in the year */
                        int     tm_isdst;       /* daylight saving time
   */
                };
```

Nätverk - funktioner

- BSD Socket
  - Ändpunkt för kommunikation
  - Fil som det går att skriva till / läsa från
    - Skapas med **`socket()`**
    - Kopplas med **`connect()`**
- Nätverk OBS. Host byte/bit order är kanske inte samma som på nätet
  - Funktioner som htons() – host to network byte order

Nätverk – läs från webserver

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>

char msg[] = "GET / HTTP/1.0\n\n";
char retbuf[4096];

int main() {
  int sockfd;
  struct sockaddr_in raddr;
  int count;

  sockfd = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, IPPROTO_TCP);

  raddr.sin_family = AF_INET;
  raddr.sin_port = htons(80);
  /* www.abo.fi = 130.232.213.156 */
  inet_pton(AF_INET, "130.232.213.156", &raddr.sin_addr);

  if (-1 == connect(sockfd, (struct sockaddr *)&raddr, sizeof (struct
   sockaddr_\
in))) {
    perror();
    exit(-1);
  }

  write(sockfd, msg, strlen(msg)+1);
  count = read(sockfd, retbuf, 4096);
  retbuf[count] = 0;
  printf(retbuf);
}
```

Nätverk – liten server

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>

char msg[] = "GET / HTTP/1.0\n\n";
char retbuf[4096];

int main() {
  int sockfd, c_sock;

  struct sockaddr_in saddr;
  struct sockaddr_in caddr;
  int count;

  sockfd = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, IPPROTO_TCP);

  saddr.sin_family = AF_INET;
  saddr.sin_port = htons(9876);
  saddr.sin_addr.s_addr = inet_addr("127.0.0.1");
  bind(sockfd, (struct sockaddr *)&saddr, sizeof(saddr));

  listen(sockfd, 5);
  while (1) {
    char ch;
    socklen_t clen = sizeof(caddr);
    printf("Server waiting\n");

    c_sock = accept(sockfd, (struct sockaddr *)&caddr,
&clen);
    printf("Connection from '%s'\n",
inet_ntoa(&caddr.sin_addr.s_addr));

    read(c_sock, &ch, 1);
    ch++;
    write(c_sock, &ch, 1);
    close(c_sock);
  }
}
```