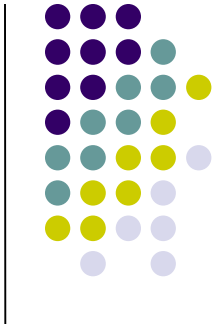
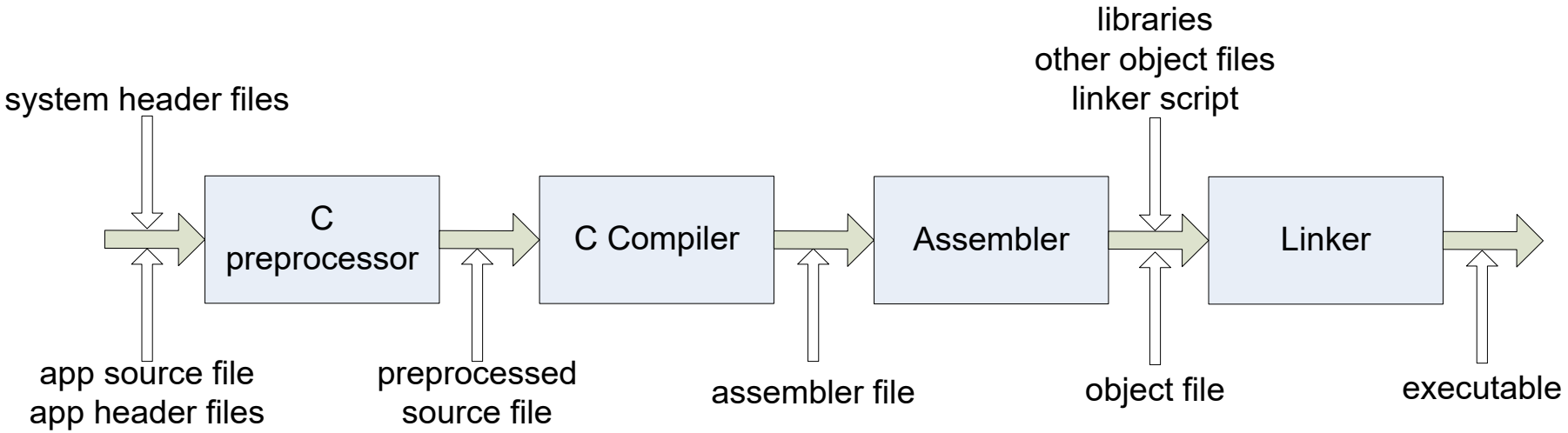


Билд процес

Ток билдовања



name.c – изворне датотеке

name.i – претпроцесиране изворне датотеке

name.s – асемблерске датотеке

name.o – објектне датотеке

name - извршна датотека

NIT

Претпроцесор

- Први корак у превођењу
- Претпроцесирање мења изворани код пре него што почне превођење
- Представља моћан алат. Практично језик у језику.
- Може се користити за различите ствари, али увек се треба трудити да се не претерује, јер код пре свега треба да буде јасан!
- Неке од ствари за које се претпроцесорске директиве најчешће користе:
  - Укључивање заглавља
  - Условно превођење
  - Именовање литерала
  - Брзи „позиви“ кратких функција

Излаз из претпроцесирања

- Код многих компајлера могуће је излистати у датотеку изглед изворног кода након претпроцесирања
- То је некада корисно за правилно тумачење кода и дебаговање претпроцесирања
- Код GCC-а опција –E наређује компајлеру да излиста претпроцесиран код:

```
gcc –E file_name.c –o file_name.i
```

- Претпроцесирани код ће бити уписан у датотеку file_name.i

app.h :

```
int extfunc(int a);
```

app.c:

```
#include "app.h"
#define MAX 30

int func(int a)
{
    if (a < extfunc(a>>2))
        return -1;
#ifdef LIMIT
    if (a > MAX)
        return 1;
#endif
    return MAX;
}
```

```
# 1 "app.c"
# 1 "<built-in>"
# 1 "<command-line>"
# 1 "app.c"

# 1 "app.h" 1
int extfunc(int a);
# 3 "app.c" 2


int func(int a)
{
    if (a < extfunc(a>>2))
        return -1;



    return 30;
}
```

NIT

#include 1/2

- Можда и најважнија команда претпроцесирања. Без ње би се тешко могао замислити било који сложенији пројекат.
- Употреба #include директиве:

```
#include <stdio.h>
#include “app.h”
```

- На месту инклуд директиве након претпроцесирања биће уписан комплетан садржај датотеке која се наводи
- Датотека уопште не мора бити заглавље, већ било шта. Заглавље као концепт је пре свега програмерска конвенција, а не нешто наметнуто од стране претпроцесора.
- Ако је путања датотеке дата у <> заградама онда ће компајлер прво гледати у системским директоријумима. На овај начин се спречава да корисничка датотека истог имена замаскира системску.
- GCC подразумевано гледа у следећим путањама:

```
/usr/local/include
libdir/gcc/target/version/include
/usr/target/include
/usr/include
```

NIT

#include 2/2

- Уколико је путања дата под наводницима, онда компајлер прво гледа по корисничким путањама, а затим по системским.
- Компајлери обично омогућују додавање корисничких путања до заглавља. У GCC-у, а и у многим другим компајлерима, ово је команда којом се саопштавају путање до заглавља: **-Ifolder_name**

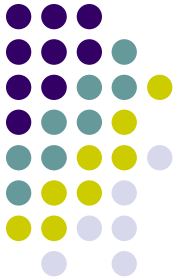
```
gcc -c -I../inc -I../libinc ../src/app.c -o app.o
```

- Све путање задате -I командом се у случају наводника претражују пре системских путања
- Чак је могуће коришћењем **–nostdinc** опције натерати GCC да не претражује системске путање уопште

```
gcc –nostdinc ../src/app.c
```

- Дакле, у случају употребе наводника ово је редослед претраге:
  - Путања на којој се налази .c датотека
  - Путање задате –I опцијом
  - Стандардне путање (уколико –nostdinc није наведено)

NIT



#define - Макрои

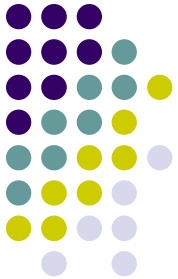
- Две врсте макроа:
  - Макро-објекти
  - Макро-функције
- Ситнакса:

```
Макро-објекти:
#define MACRO_NAME [replacement token list]

Макро-функције:
#define MACRO_NAME(arg1, arg2, ...) [replacement token list]
```

- Где год се MACRO_NAME појави у коду биће замењено од стране претпроцесора са „replacement token list”.
- „Replacement token list” може бити празна
- Употреба макро-функција мора имати заграде
- Уобичајено је да се макрои пишу великим словима да би одмах било јасно да се ради о макроу, а не о редовном идентификатору

NIT



Макро-објекти

- Макро-објекти се користе најчешће за именовање литерала
- Пример:

```
#define DELAY 50
```

- Именовање литерала је погодно из више разлога:
  - Име може далеко боље описати смисао литерала/константе
  - Уколико настане потреба за променом литерала, а он се користи на више места, лакше је променити вредност само на једном месту
  - Јасније истиче употребу литерала

```
for (i = 0; i < 5000; i++)
{
    /* loop body */
    usleep(5000);
}
```

```
for (i = 0; i < NUM_ITER; i++)
{
    /* loop body */
    usleep(DELAY);
}
```

- У C99 стандарду је уведен const квалификатор и обично је боље њега користити

Макро-функције

- Омогућавају да макрои буду параметризовани

```
#define UPOZNAJ(X) Ja sam X.
UPOZNAJ(Djura)
Ja sam Djura.
```

```
#define RADTODEG(X) ((X) * 57.29578)
```

- Макро-функције нису праве функције и не троше се инструкције на њихов позив
- За разлику од редовних функција, код макро-функција не сме постојати размак између имена и отворене заграде

```
#define RADTODEG (X) ((X) * 57.29578)
RADTODEG(2)
```

Биће сведено на:

```
(X) ((X) * 57.29578)(2)
```

не на:

```
((2) * 57.29578)
```

- Ово важи само за дефиницију, не за употребу

`RADTODEG (90)` је исто што и `RADTODEG(90)`

Макори и приоритет операција

- Макро-функције нису праве функције!
- Оне само дефинишу трансформације текста
- Ево једног проблема који се јавља ако примењујемо логику редовне функције на макро-функције

```
#define RADTODEG(X) X * 57.29578
```

```
C / RADTODEG(A+B)

Биће сведено на:
C / A+B * 57.29578
```

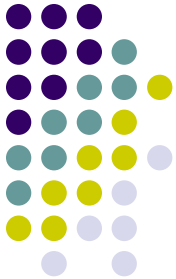
- Оператор множења има предност у односу на оператор сабирања, па у овом случају долази до нежељеног резултата
- Решење је да се сваки параметар макро-функције стави у заграду, као и цела макро-функција

```
#define RADTODEG(X) ((X) * 57.29578)
```

```
C / RADTODEG(A+B)

Биће сведено на:
C / ((A+B) * 57.29578)
```

Макро-функције и бочни ефекти



- Евалуација бочних ефеката аргумената може бити врло другачија код макро-функција него код правих функција
- Пример:

```
#define MIN(a, b) ((a)>(b) ? (b) : (a))
```

- Употребимо ову макро-функцију на следећи начин:

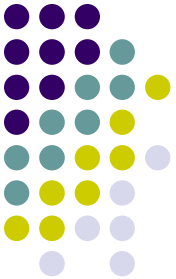
```
MIN(++x, y)
```

Биће сведено на:

```
((++x)>(y) ? (y) : (++x))
```

- Уколико је променљива **x** једнака или већа од променљиве **y**, тада ће она приликом евалуације овог израза бити увећана два пута!
- При позиву редовне функције повећање ће се обавити само једном.
- За овакве употребе макроа можда је боље употребити inline функције које постоје од C99 стандарда. Уколико дефинишемо static inline функцију биће уметнута на сваком месту на којем се зове, а дефиниција неће бити генерисана. Дакле, као макро, само мало боље и безбедније.

NIT



; и макрои

- Обично не ваља стављати ; на крај дефиниције макроа
- Рецимо:

```
#define MIN(a,b) ((a)>(b) ? (b) : (a));
```

```
if (MIN(x,y) > 0)

Биће сведено на:
if ((x)>(y) ? (y) : (x)); > 0) /* SYNTAX ERROR */
```

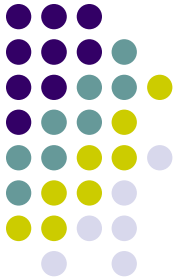
- Или:

```
#define DEBUG(msg) printf(msg);
```

```
if (ret == 0)
   DEBUG("Success");
else
   DEBUG("Failed");

Биће сведено на:
if (ret == 0)
   printf("Success");; /* two statements */
else                   /* else not associated with if  */
   printf("Failed");;
```

NIT



#if 1/3

- Омогућава различито превођење кода у зависности од неких параметара.
- Следеће директиве то омогућавају:
  - #if, #ifdef, #ifndef, #else, #elif
- Сви блокови започети са #if, #ifdef или #ifndef морају бити завршени са одговарајућим #endif

```
syntax:

#if expression
    text
#endif
```

- Израз је Цеовски израз али са следећим ограниченињама:
  - Само интеџерске и знаковне константе/литерали - јер резултат израза мора бити срачунљив током компајлирања
  - Оператори за: сабирање/одузимање, множење/делење, битски оператори, шифтовања, поређења, логички оператори
  - Макрои

NIT

#if 2/3

- Пример

```
#if DEBUG > 2
    printf(“Debug message\n”);
#endif
```

- Само интеџери (и знаковни литерали, који се своде на интеџере):

```
#if DEBUG == “on” /* ERROR */
    printf(“Debug message 1\n”);
#endif

#if DEBUG > 2.0 /* ERROR */
    printf(“Debug message 2\n”);
#endif
```

- Може се користи и за искључивање дела кода из процеса превођења

```
#if 0
    /* code */
#endif
```

- Само као привремено решење. Ако постоји могућност да ће искључени код бити потребан у будућности, боље је ослонити се на систем за контролу верзија.
- Обично постоји могућност и да се симболи дефинишу споља, кроз параметре компајлера.

```
gcc –DDJURA –DDEBUG –DPERA=14 –DMILE=(PERA-2) file_name.c
```

#if 3/3

- Још једна употреба условног превођења је да се избегне вишеструко укључивање истих датотека
- Укључена заглавља могу укључивати друга заглавља, тако да је тешко строго контролисати шта ће и колико пута бити укључено
- За ту стврху су корисне директиве #ifndef и #define

```
#ifndef _FILE_NAME_H
#define _FILE_NAME_H

/* code */

#endif
```

- Слична конструкција се може употребити да се спречи вишеструко дефинисање макроа

```
#ifndef NULL
#define NULL (void*)0
#endif
```

Спајање токена/симбола

- Коришћењем оператора **##** могуће је спојити два токена/симбола
- Пример:

```
#define DESCRIPTOR_FIELD(field) struct1.union1.m_##field
```

```
DESCRIPTOR_FIELD(polje)
```

Биће сведено на:

```
struct1.union1.m_polje
```

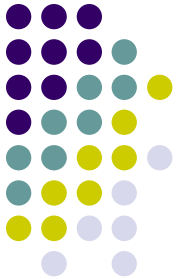
```
#define STR_AB djura##pera

x = STR_AB; -> x = djurapera;
```

али

```
x = djura##pera -> error
```

Третирање токена као знаковних низова



- Могуће је неки токен/симбол тертирати као знаковни низ
- Корисно када желимо исписати симбол
- Користи се # као унарни оператор
- Пример:

```
#define TOKEN(token) printf(#token " = %d\n", token)
```

```
TOKEN (x+y);

Биће сведено на:
printf("x+y" " = %d\n", x+y)
```

```
#define STR_T #djura

printf(STR_T); -> printf("djura");
или
printf(#djura); -> error!
```

Предефинисани макрои

- Листа макроа који су предефинисани:

Назив макроа	Опис
__DATE__	Датум компајлирања
__LINE__	Линија у коду
__FILE__	Назив датотеке
__TIME__	Време компајлирања
__STDC__	Подаци о подржаном стандарду

#error и #warning

- Коришћењем ових директива могуће је наредити компајлеру да пријави грешку или упозорење при превођењу

```
#error "Error message"
```

- Исписује текст грешке и прекида превођење

```
#warning "Warning message"
```

- Исписује текст упозорења и наставља превођење. Ова директива није део стандарда, али већина компајлера је подржава.
- Пример:

```
#ifdef _WIN32
  /* _WIN32 specific code */
#elif defined ( linux )
  /* linux specific code */
  #warning "Linux version not fully supported"
#else
  #error "Not supported OS"
#endif
```

NIT

#pragma

- Ова директива представља наменски направљен механизам за пружање додатних информација компајлеру (које не могу бити пренете кроз сам језик).
- Остављено је потпуно слободно да се одреди шта ће бити параметри директиве.

```
#pragma овде може било шта: симболи, бројеви, стрингови...
```

- Постоје три прагме које се спомињу у стандарду. Може их бити још у будућности и све оне имају следећи облик:

```
#pragma STDC *
```

- Све остале прагме које будете сусретали су специфичне за платформу.
- Прагма се може односити на целу датотеку (без обзира где је дефинисана), на датотеку од тачке дефинисања па на даље (или до, евентуално, места где се другом прагмом поништава важење прве), само на прву наредну наредбу (или ред) итд.

```
#pragma once
#pragma pack(1)
#pragma GCC unroll n
```

- Постоји и прагма оператор **_Pragma**. Исти смисао, само што омогућава да прагма буде резултат обраде макроа.

Компајлер у билд процесу

- Преводи Це код у асемблерски код
- Пример позива GCC-а

```
gcc –S file_name.c –o file_name.s
```

- Опција -S наређује компајлеру да генерише асемблерски код, у супротном биће генерисана објектна датотека.
- GCC не генерише сам објектну датотеку, већ зове асемблер.

```
int main()
{
   printf ("Hello World!\n");
}
```

```
        .file   1 "hello.c"
        .section .mdebug.abi32
        .previous
        .rdata
        .align  2
.LC0:
        .ascii  "Hello World!\000"
        .text
        .align  2
        .globl  main
        .set    nomips16
        .ent    main
        .type   main, @function
main:
        .frame  $sp,0,$31    # vars= 0, regs= 0/0, args= 0, gp= 0
        .mask   0x00000000,0
        .fmask  0x00000000,0
        la      $4,.LC0
        j       puts
        .end    main
        .size   main, .-main
        .ident  "GCC: (GNU) 4.5.0"
```

NIT

Асемблер у билд процесу

- Преводи асемблерски код у објектну датотеку
- Позив асемблера из командне линије:
  може директно, а може и кроз GCC

```
as file_name.s –o file_name.o
gcc file_name.s –o file_name.o
```

- Објектна датотека садржи следеће информације у бинарном облику:
  - Машински код
  - Иницијализоване податке
  - Табелу симбола
  - Релокационе информације
  - Дебаг информације
    - везе између Це идентификатора и физичких ресурса
    - везе између Це линија и инструкција

- Користећи objdump алат (или нешто слично) могуће је излистати садржај објектне датотеке у текстуалном облику

Објектна датотека

- Objdump -t

```
SYMBOL TABLE:
l    df *ABS*        00000000 link.c
l    d  .text        00000000 .text
l    d  .data        00000000 .data
l    d  .bss         00000000 .bss
l    d  .comment     00000000 .comment
g     F .text        0000001d foo
      *UND*          00000000 func
      *UND*          00000000 var
```

- Objdump -d

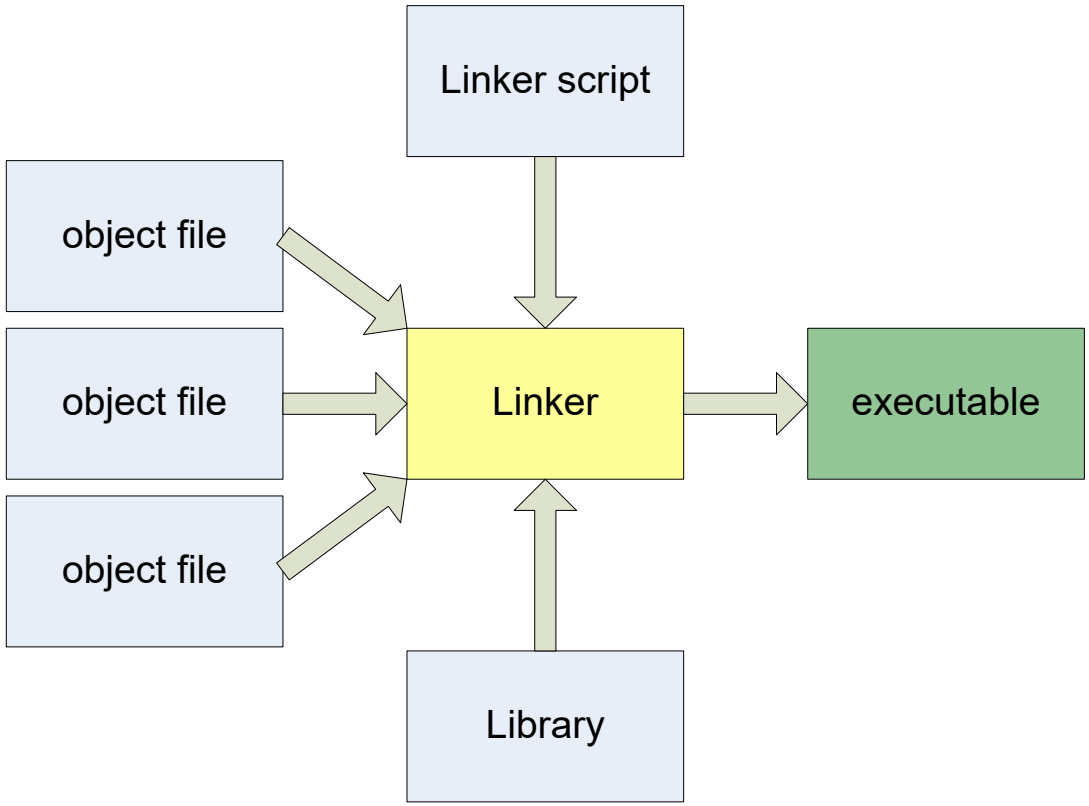
```
00000000 <foo>:
   0:   55                      push   %ebp
   1:   89 e5                   mov    %esp,%ebp
   3:   83 ec 18                sub    $0x18,%esp
   6:   8b 45 08                mov    0x8(%ebp),%eax
   9:   89 04 24                mov    %eax,(%esp)
   c:   e8 fc ff ff ff          call   d <foo+0xd>
  11:   a3 00 00 00 00          mov    %eax,0x0
  16:   a1 00 00 00 00          mov    0x0,%eax
  1b:   c9                      leave
  1c:   c3                      ret
```

- Objdump -h

```
Sections:
Idx Name          Size      VMA       LMA       File off  Algn
  0 .text         0000001d  00000000  00000000  00000034  2**2
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, RELOC, READONLY, CODE
  1 .data         00000000  00000000  00000000  00000054  2**2
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, DATA
  2 .bss          00000000  00000000  00000000  00000054  2**2
                  ALLOC
  3 .comment      00000024  00000000  00000000  00000054  2**0
                  CONTENTS, READONLY
  4 .note.GNU-stack 00000000  00000000  00000000  00000078  2**0
                  CONTENTS, READONLY
```

Повезивач 1/2

- Последња фаза у билд процесу
- Повезује више објектних датотека у јединствену извршну датотеку



Повезивач 2/2

- Главни задатак повезивача је да разреши међусобне зависности датотека:
  - Позиви спољних функција
  - Приступи спољним променљивама

```
extern int var;
extern int func(int);

int foo(int a)
{
    var = func(a);
    return var;
}
```

```
foo:
    addiu   $sp,$sp,-24
    sw      $31,20($sp)
    jal     _func
    lw      $31,20($sp)
    sw      $2,_var
    j       $31
    addiu   $sp,$sp,24
```

- Симболи који су означени црвеном бојом морају бити разрешени током процеса превођења

NIT

Пуњач

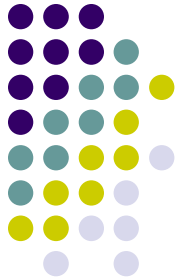
- Пуњач је често део оперативног система. Чак и када постоји као засебан алат (да ли на платформи домаћину или на циљној платформи) обично је у тесној вези са оперативним системом.
- Пуњење подразумева преношење машинских инструкција са спољне меморије у адресни простор процесора.
- Осим за машинске инструкције у процесорској меморији се мора обезбедити место и за глобалне променљиве (променљиве статичке трајности). Почетне вредности за иницијализоване променљиве се већ налазе у извршној датотеци. Те вредности морају бити пренете у процесорску меморију.
- За неиницијализоване глобалне променљиве обично нема потребе преносити вредности, већ само заузети место за њих у посебном сегменту меморије. Тај сегмент меморије се назива **bss** сегмент и подразумевано је постављен на 0.

Пуњач - локалне променљиве и димачки заузета меморија

- Локалне променљиве и динамички заузета меморија обично се не тичу ни повезивача ни пуњача:
  - **Локалне променљиве** се обично налазе у регистрима или на програмском стеку. Дакле, све адресе су релативне у односу на почетак стека, а то је динамичка категорија.
  - **Динамички заузета меморија** се обично заузима у меморијском простору који се назива „хрпа” (енг. heap). Адреса динамички заузете меморије се не зна током превођења, повезивања и пуњења. За доделу динамички заузете меморије најчешће је одговоран оперативни систем.

NIT

Начини повезивања



- Постоје три начина повезивања:

1) Статичко повезивање (током повезивања)
   - Код сваке спољне функције на крају завршава у извршној датотеци.
   - Позиви функција се обављају директно преко адресе, која се разрешава током повезивања

2) Динамичко повезивање током пуњења
   - Спољне функције се налазе на једном, физички одвојеном месту.
   - Оперативни систем пресликава адресе спољних функција на адресни простор програма који се извршава.
   - Позиви се обављају кроз Procedure Linkage Table (PLT) која се делом генерише током повезивања, али се довршава тек током пуњења (сваки спољни симбол има поље у PLT)

3) Динамичко повезивање током извршавања
   - Нема правих спољних функција.
   - Програм садржи експлицитан код који пресликава адресе неких функција на свој адресни простор.
   - Дакле, показивачи на функције се експлицитно добављају током извршавања.

Статичка библиотека

- Пример:

avglib.h:

```
double avg(double a, double b);
```

avglib.c:

```
double avg(double a, double b)
{
    return (a + b) / 2.0;
}
```

- Билдовање библиотеке:

```
gcc -c avglib.c
ar rs libavg.a avglib.o
```

- Прва линија генерише објектну датотеку
- Друга линија позива архивер алат (**ar**) који се користи за прављење библиотека
- По конвенцији назив библиотеке треба да почиње са „lib” а да му екстензија буде „.a”
- Статичка библиотека је у суштини само скуп објектних датотека

Употреба статичке библиотеке

- Пример:

app.c:

```
#include "avglib.h"

int main()
{
    printf("average value %lf\n",
    avg(3.7, 4.6);
    return 0;
}
```

- Билдовање програма:

```
gcc --static -I../include -L../lib -o app app.c -lavg
```

- --static наређује повезивачу (који се позива из GCC-а) да користи статичку верзију библиотеке (у супротном, биће коришћена динамичка верзија исте бибилиотеке - уколико постоји)
- -lavg наређује повезивачу да повеже програм са libavg.a библиотеком (видимо да је почетак имена библитеке подразумевано „lib”)

Динамичка (дељена) библиотека

- Пример:

avglib.h:

```
double avg(double a, double b);
```

avglib.c:

```
double avg(double a, double b)
{
    return (a + b) / 2.0;
}
```

- Билдовање библиотеке:

```
gcc -c –fpic avglib.c
gcc –shared -o libavg.so avglib.o
```

- Прва линија генерише објектну датотку, али коришћењем наредбе **–fpic**. Та наредба говори компајлеру да генерише код који не зависи од позиције, тзв. **position independent code**. Ово је важно зато што тај код треба да се преслика на различите меморијске адресе.
- У другој линији наредба -shared говори компајлеру да генерише дељену библиотеку („дељени објекат”, „shared object” у Линукс терминологији)
- По конвенцији назив библиотеке треба да почиње са „lib” а да му екстензија буде „.so”

Употреба динамичке (дељене) библиотеке

- Пример:

```
app.c:

#include "avglib.h"

int main()
{
    printf("average value %lf\n",
    avg(3.7, 4.6));
    return 0;
}
```

- Билдовање програма:

```
gcc -I../include -L../lib -o app app.c -lavg
```

- -lavg наређује повезивачу да повеже програм са libavg.so библиотеком (видимо да је почетак имена библитеке подразумевано „lib”)
- Динамичка (дељена) библиотека је подразумевани облик библиотеке
- Библиотека мора бити на истој путањи као и извршна датотека. Ако није, путања до библиотеке мора бити додата на следећи начин:

```
export LD_LIBRARY_PATH=/library/path:$LD_LIBRARY_PATH
```

Динамичко повезивање током извршавања

- Користи се иста динамичка (дељена) библиотека
- Пример:

```
#include <dlfcn.h>
#include "avglib.h“

int main()
{
    void* handle;
    double (*avg)(double,double);
    char* error;

    handle = dlopen("libavg.so", RTLD_LAZY);
    if (handle == NULL)
    {
       fputs(dlerror(), stderr);
        exit(1);
    }

    avg = dlsym(handle, "avg");
    if ((error = dlerror()) != NULL)
    {
       fputs(error, stderr);
        exit(1);
    }

    printf("%f\n", (*avg)(3.7, 4.6));
    dlclose(handle);
    return 0;
}
```

- Мора постојати код који ће:
  - Отворити динамичку библиотеку

```
void* dlopen(const char* filename, int flag);
```

  - Добавити адресе симбола (променљиве или функције) које ће бити коришћене

```
void* dlsym(void* handle, const char* symbol);
```

  - Затворити динамичку библиотеку

```
int dlclose(void* handle);
```

- Библиотека се нигде не помиње током билдовања програма

gcc -I../include -L../lib -o app app.c

Које повезивање користити?

- Предности статичког повезивања:
  - Позиви функција су бржи (нема индирекције)
  - Покретање програма је брже, јер не мора се трошити време на повезивање
  - Све је у једној извршној датотеци - дистрибуција програма је једноставнија
- Предности динамичког повезивања током пуњења:
  - Мања извршна датотека
  - Нема дуплирања кода уколико више различитих програма користе исту библиотеку (постоји само један примерак библиотеке, а различити процеси/програми је користе – „дељена”)
  - Нове верзије библиотека (унапређене на разне начине) могу бити коришћене у програму без његовог поновног превођења (докле год спрега није промењена)
- Предности динамичког повезивања током извршавања:
  - Време које је потребно за повезивање (и пуњење библиотеке) троши се само ако се током извршавања јави потреба за функционалношћу те библиотеке
  - Програм се може другачије понашати у зависности од тога да ли је нека библиотека присутна или не (нпр. неке функционалности постају доступне кориснику само ако је библиотека присутна, итд.)