Instrumente si Tehnici de Baza in Informatica

Semestrul I 2024-2025

Vlad Olaru

Curs 12 - outline

- compilarea si link-editarea programelor
- depanarea programelor
- gestiunea proiectelor de programare

De la sursa la executabil

- sursa – fisierul scris in limbaj de programare (ex. C, C++)
- compilator – traduce fisierul sursa in limbaj de nivel jos (limbaj masina)
- obiect – fisier binar rezultat din compilarea unui fisier sursa
- bibliotecă – fisier binar (deja compilat) ce oferă o anumita functionalitate (ex. functii de comunicare in retea)
- linker – leagă obiecte si biblioteci pentru a produce executabilul
- executabil static – toate obiectele si bibliotecile sunt incluse in fisierul executabil rezultat
- executabil dinamic – contine doar datele si instructiunile proprii + functii stub catre apelurile de biblioteca; bibliotecile sunt pastrate in fisiere separate

Load time

Rezolvarea dependentelor executabilelor dinamice la momentul incarcarii in memorie:

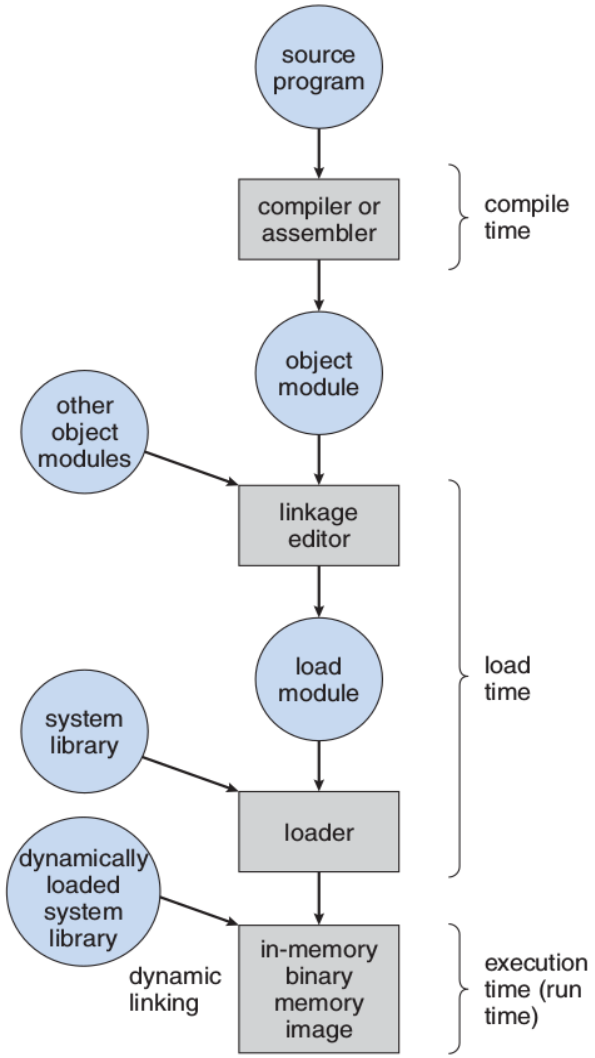
1. sistemul de operare incarca executabilul in memorie
2. inainte de a fi executat se cauta bibliotecile folosite
3. se incarca toate bibliotecile necesare
4. in caz ca nu se gasesc una sau mai multe biblioteci, executabilul este scos din memorie si executia este anulata

Run time

Rezolvarea dependentelor executabilelor dinamice la nevoie:

1. sistemul de operare incarca executabilul in memorie
2. inainte de a fi executat se caută bibliotecile strict necesare lansarii programului
3. pe parcursul executiei dacă este nevoie de o functie de biblioteca
    1. executia programului este oprita
    2. se cauta in sistem biblioteca necesara
    3. se incarca in memorie
    4. se reporneste de unde a ramas executia programului
4. in orice moment daca o biblioteca nu este gasita si incarcata executabilul este scos din memorie si executia este anulată

Compilare



http://codex.cs.yale.edu/avi/os-book/

Compilatoare

Solutii UNIX:

- gcc – GNU Compiler Collection (C, C++, Java etc)
- clang – LLVM front-end pentru C, C++, Objective C, OpenCL etc.

Indiferent de compilator, in UNIX există comanda `cc` (C compiler) si, optional, comanda `c++` (C++ compiler).

Executabil simplu

In forma cea mai simpla compilatorul

- primeste ca argumente fisierele sursa
- produce executabilul `a.out`
- denumire istorica: formatul de executabil standard pe prima versiune UNIX

```
$ ls hello.c
$ cc hello.c
$ ls
 a.out hello.c
$ ./a.out
Hello, World!
```

Executie prefixata cu `./` - shell-ul cauta executabilul in directorul curent (nu in `$PATH`)
Cu nume de executabil:

```
$ cc –o hello hello.c
$ ./hello
```

Obiecte

- generate cu optiunea `-c`
- compilatorul se opreste dupa producerea obiectului
- nu continua cu crearea unui executabil
- obiectul va fi folosit impreuna cu alte obiecte si biblioteci pentru a produce executabilul final

```
$ ls hello.c
$ cc -c hello.c
$ ls
hello.o  hello.c
```

Biblioteci predefinite

- Bibliotecile externe accesate cu optiunea -l*nume* (**fara spatii!**)

  Obs: numele complet al bibliotecii este *libnume.a* sau *libnume.so*

  - compilatorul cauta biblioteca intr-o lista de directoare
  - lista este de regula generata si intretinuta de comanda `ldconfig(1)`
  - variabila de mediu `$LD_LIBRARY_PATH` contine directoare proprii ce contin biblioteci
  - biblioteca gasita este folosita impreuna cu alte obiecte si biblioteci pentru a produce executabilul final

Folosirea bibliotecii de sistem *crypto*:

```
$ cc hello.c -lcrypto
```

Crearea bibliotecilor statice

- se creeaza o arhiva cu fisierele obiect

  $ ar –r libhello.a hello.o

- eventual se verifica arhiva

  $ ar –t libhello.a

  $ objdump –p libhello.a

  $ nm libhello.a

- se linkediteaza programul

  $ gcc –o main main.c –L. -lhello

- se ruleaza programul

  $ ./main

Crearea bibliotecilor dinamice

- se creeaza fisierele obiect in format fpic/fPIC

  $ gcc –c hello.c -fpic

- se creeaza biblioteca dinamica (shared object)

  $ gcc –shared –o libhello.so hello.o

- eventual se pune biblioteca in directoarele predefinite ale sistemului (/lib,/usr/lib,/usr/local/lib, samd) si se ruleaza ldconfig
- se linkediteaza programul (cu –L daca nu s-a efectuat pasul anterior)

  $ gcc –o main main.c –L. -lhello

- se verifica dependentele programului

  $ ldd main

Rularea programelor linkeditate dinamic

- daca biblioteca e in rpath (s-a rulat ldconfig, ldd o gaseste)

```
$ ./main
```

- altfel, trebuie specificata calea catre biblioteca dinamica

```
$ LD_LIBRARY_PATH=. ./main
```

sau

```
$ export LD_LIBRARY_PATH=.
$ ./main
```

Optiuni de compilare utile

Optiuni utile folosite des la compilare

- `-o` *nume* – numele executabilului sau obiectului rezultat (ex. `hello` in loc de `a.out`)
- `-Wall` – afiseaza toate mesajele de *warning*
- `-g` – pregateste executabilul pentru o sesiune de depanare (debug)
- `-O`*numar* – nivelul de optimizare (0 → fara optimizari)
- `-O2` este folosit implicit, `-O0` este folosit adesea impreuna cu `-g` pentru depanare

Ex: compilare `hello.c` cu simboluri de debug, fara optimizare, in executabilul cu numele `hello`

```
$ cc -g -O0 hello.c -o hello
```

Depanare

Notiuni folosite intr-o sesiune de depanare

- break, breakpoint
  - punct in care sa se opreasca executia
  - poate fi o functie, o linie dintr-un fisier, chiar și o intructiune de asamblare
  - se poate investiga starea variabilelor la momentul respectiv
- backtrace, trace, stack trace
  - apelul de functii care a dus in punctul curent
  - exemplu: `main()` → `decompress()` → `zip decompress()`
- watch, watchpoint
  - punct in care să se opreasca executia *daca este indeplinita o conditie ceruta de utilizator*
  - poate fi modificarea unei zone de memorie sau a unei variabile

Programul cel mai comun folosit pentru depanarea executabilelor este `gdb(1)`.

Comenzi gdb(1)

Comenzi uzuale

- break *simbol* – seteaza breakpoint la simbolul respectiv (ex. main() sau hello.c:10)
- run – incepe executia (de regula dupa ce au fost setate breakpoint-urile)
- next – o dată ajuns intr-un punct de oprire, mergi la urmatoarea instructiune
- continue – continua pana la urmatorul punct de oprire sau pana la terminara executiei programului
- print *variabila* – afiseaza valoarea unei variabile
- quit – iesire din gdb(1)

Sesiune de depanare

```
$ cc –g –O0 hello.c –o hello
$ gdb hello
(gdb) break main
Breakpoint 1 at 0x546: file hello.c, line 5.
(gdb) run
Starting program: /home/user/src/hello
Breakpoint 1 at 0x101a49c00546: file hello.c, line 5.

Breakpoint 1, main () at hello.c:5
5                 printf(”Hello , World!”);
(gdb) next
Hello , World!
6                 return 0;
(gdb) continue
Continuing.
Program exited normally.
(gdb) quit
```

Proiecte

Produsele software sunt alcatuite din mai multe componente:

- diferite module (ex. comunicatie, logging)
- diferite biblioteci (ex. compresie, criptografie, http)
- mai multe fisiere sursa (numite si unitati de compilare)
- intre ele apar diferite dependente (ex. modulul de comunicatie depinde de biblioteca http)
- inter-dependentele dicteaza ordinea de compilare
- dependentele si ordinea de compilare descrise formal in fisiere de tip `Makefile`
- instructiunile dintr-un `Makefile` sunt executate cu ajutorul comenzii `make(1)`

Obs: Makefile e nume implicit, se poate insa folosi orice alt nume

```
$ make –f MyOwnMakefile
```

Makefile

Format fix

```
target:    dependency1  dependency2  [...]
           commands
```

- `target` – rezultatul regulii
- `dependency` – ingredientele necesare (deja existente)
- `commands` – comenzile pentru a produce `target`-ul
- **Atentie!** – este un `TAB` inaintea `commands`
- primul `target` din fisier sau, daca exista, `target`-ul `all` vor fi executate implicit

Avantaj: recompileaza doar fisierele modificate!

Makefile simplu

```
$ cat Makefile
all: hello
hello: hello.c
	cc -o hello hello.c
clean:
	rm hello
$ make
cc -o hello hello.c
$ make clean
rm hello
$ make hello
cc -o hello hello.c
```

Variabile Makefile

Variabile utile

- $@ – numele `target`-ului curent (partea stanga)
- $^ – toate dependentele (partea dreapta)
- $< – numele primei dependente (ex. dependency1)
- `.type1.type2:` – `target`-ul transforma fisiere de tip 1 in fisiere de tip 2 (ex. `.c.o:`)
- $(VAR:old=new) – inlocuieste `old` cu `new` in variabila VAR

Makefile complex

```
PROG=hello
SRCS=hello.c
OBJS=$(SRCS:.c=.o)
CC=cc
CFLAGS=-g -O0
INSTALL=install

all: $(PROG)

$(PROG): $(OBJS)
	$(CC) -o $@ $^ $(CFLAGS)
.c.o:
	$(CC) -c -o $@ $< $(CFLAGS)
install: $(PROG)
	$(INSTALL) $< ${HOME}/bin
clean:
	-rm $(PROG) $(OBJS)
```