Εισαγωγή στο περιβάλλον προγραμματισμού του εργαστηρίου

Λειτουργικά Συστήματα
6ο εξάμηνο ΣΗΜΜΥ
ακ. έτος 2020-2021
http://www.cslab.ece.ntua.gr/courses/os

Εργαστήριο Υπολογιστικών Συστημάτων
ΕΜΠ

Μάρτιος 2021

Εργαστήριο

- Εργαστηριακές Ασκήσεις
- Τρίτη
  - 10:45-12:30
  - 12:45-14:30
  - 14:45-16:30
- Εξέταση ασκήσεων: ασκήσεις που δεν εξετάζονται εμπρόθεσμα θα έχουν βαθμολογική επιβάρυνση

Ασκήσεις

- Περιβάλλον Linux
- Προγραμματισμός σε C

Τυπική διαδικασία:

- Εκφώνηση
- Παρουσίαση
  (περιέχει ό,τι χρειάζεται για τη λύση)
- Επίδειξη
- Αναφορά (μία εβδομάδα μετά)
  - κώδικας
  - έξοδος προγράμματος
  - απάντησεις σε ερωτήσεις
    - Σύνοπτικές απαντήσεις!

Βιβλιογραφία για το εργαστήριο

Βιβλία

- The C Programming Language (K&R)
  Brian Kernighan and Dennis Ritchie
- Advanced Programming in the UNIX® Environment
  W. Richard Stevens
- The Linux Programming Interface
  Michael Kerrisk
- Linux System Programming:
  Talking Directly to the Kernel and C Library
  Robert Love

Σύνδεσμοι τεκμηρίωσης

- Linux man-pages:
  `http://www.kernel.org/doc/man-pages/`
- GNU C library:
  `http://www.gnu.org/software/libc/manual/`

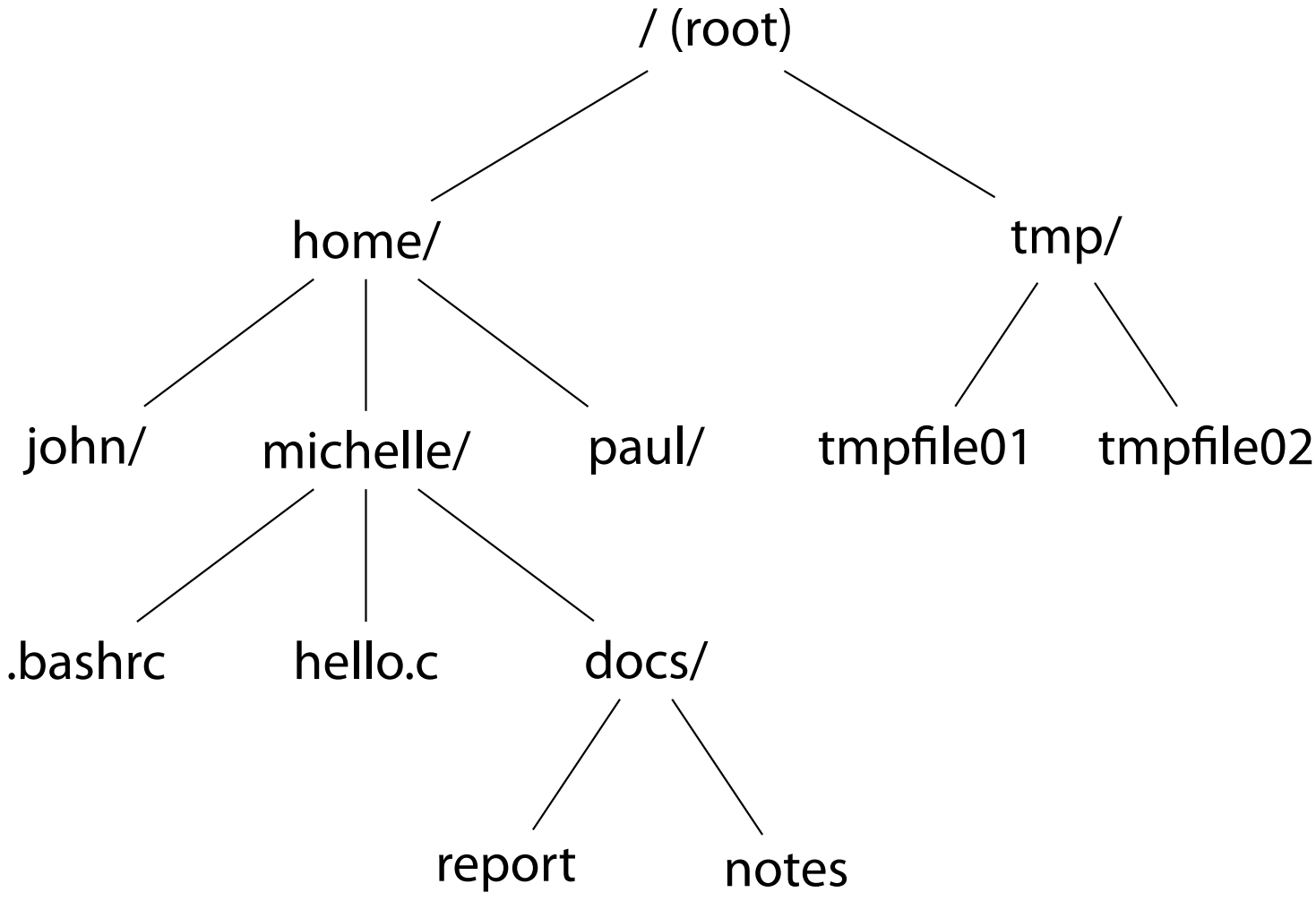
Διαδικαστικά

- Λογαριασμοί (Accounts)
  - Χρήστης: oslabXYY
  - Αλλαγή password: `yppasswd`
- Μηχανήματα
  - orion.cslab.ece.ntua.gr
  - `student-pc`: Εκτέλεση από το orion, για σύνδεση σε τυχαίο μηχάνημα φοιτητών
- Λοιπά
  - Σύνδεση: ssh
    - Windows: putty,winscp
    - Linux: ssh/scp/sftp
  - **δεν** υποστηρίζονται USB sticks
  - Mailing list

Το περιβάλλον προγραμματισμού

Σύστημα αρχείων

Ιεραρχική δομή



- Κατάλογοι
- Αρχεία

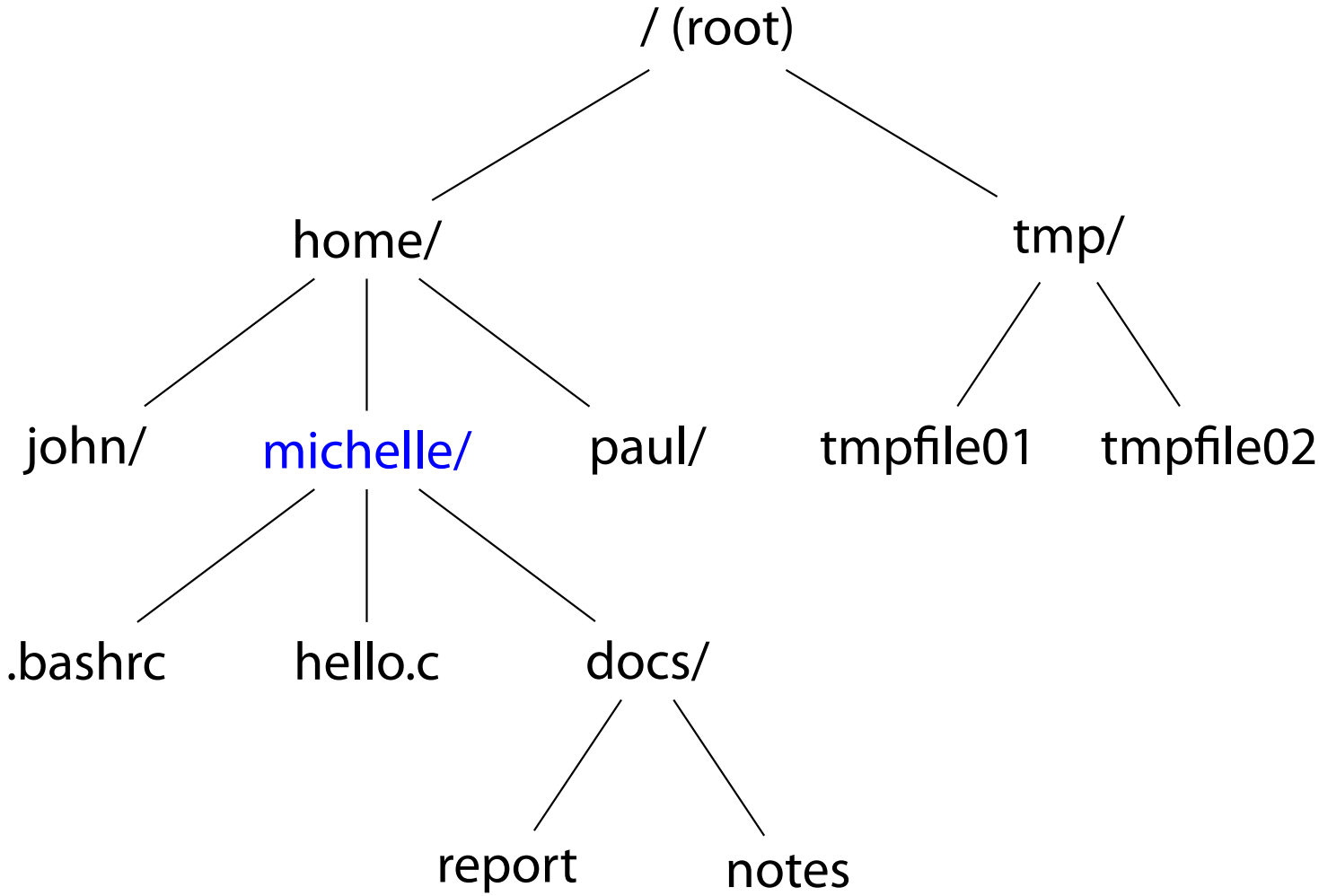
Μονοπάτια στο σύστημα αρχείων

Μονοπάτι (paths):
Συμβολοσειρα από αναγνωριστικά χωρισμένα από τον χαρακτήρα **/**
πχ: `/this/is/a/path/name`
Κανόνες:

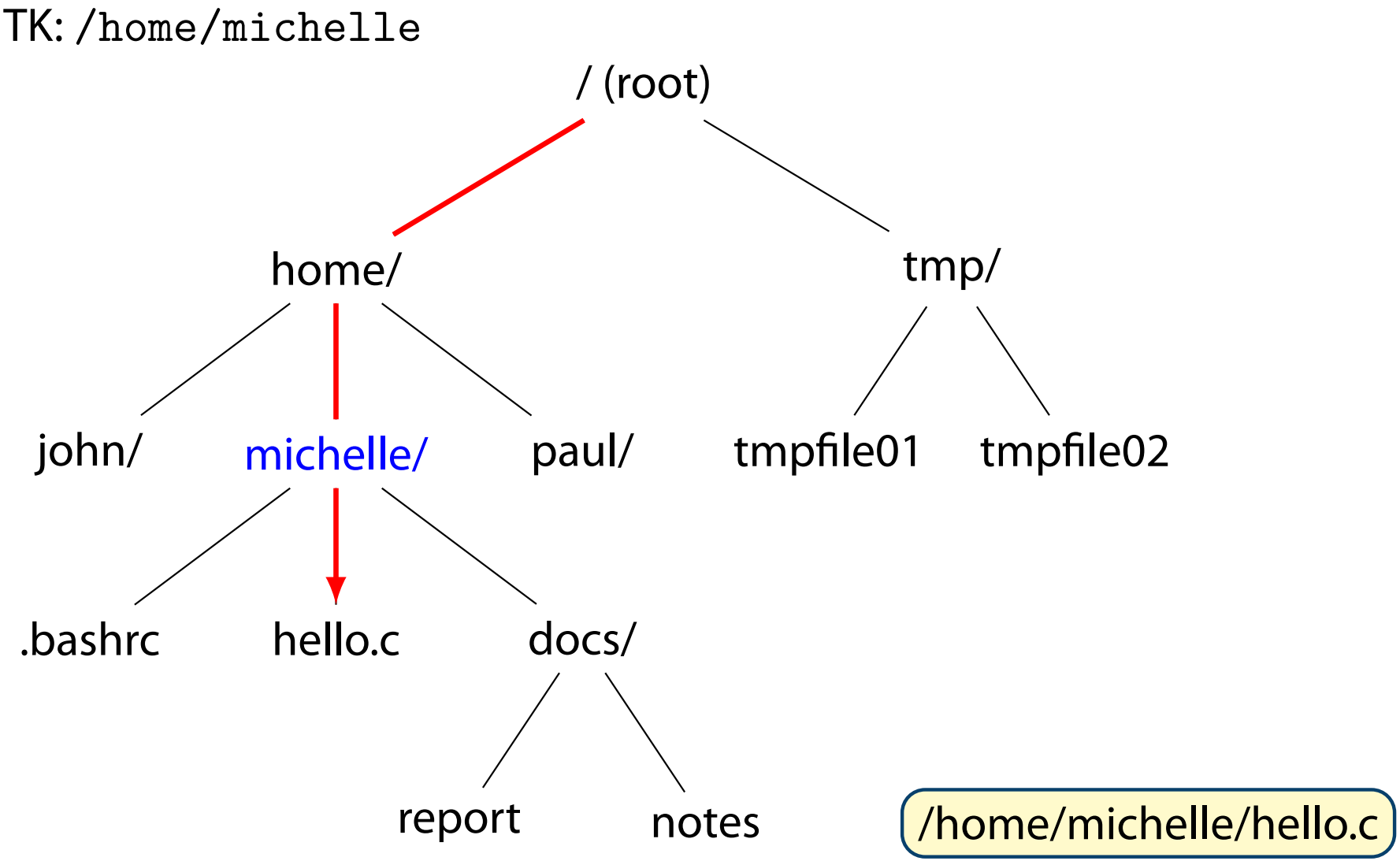
- Το μονοπάτι είναι
  1. *απόλυτο* αν ξεκινάει με **/** – αφετηρία είναι η αρχή της ιεραρχίας
  2. *σχετικό* (αν όχι) – αφετηρία είναι ο τρέχων κατάλογος (ΤΚ)
- Το αναγνωριστικό:
  - σηματοδοτεί τον ΤΚ
  - σηματοδοτεί τον πατέρα του ΤΚ

Παραδείγματα μονοπατιών

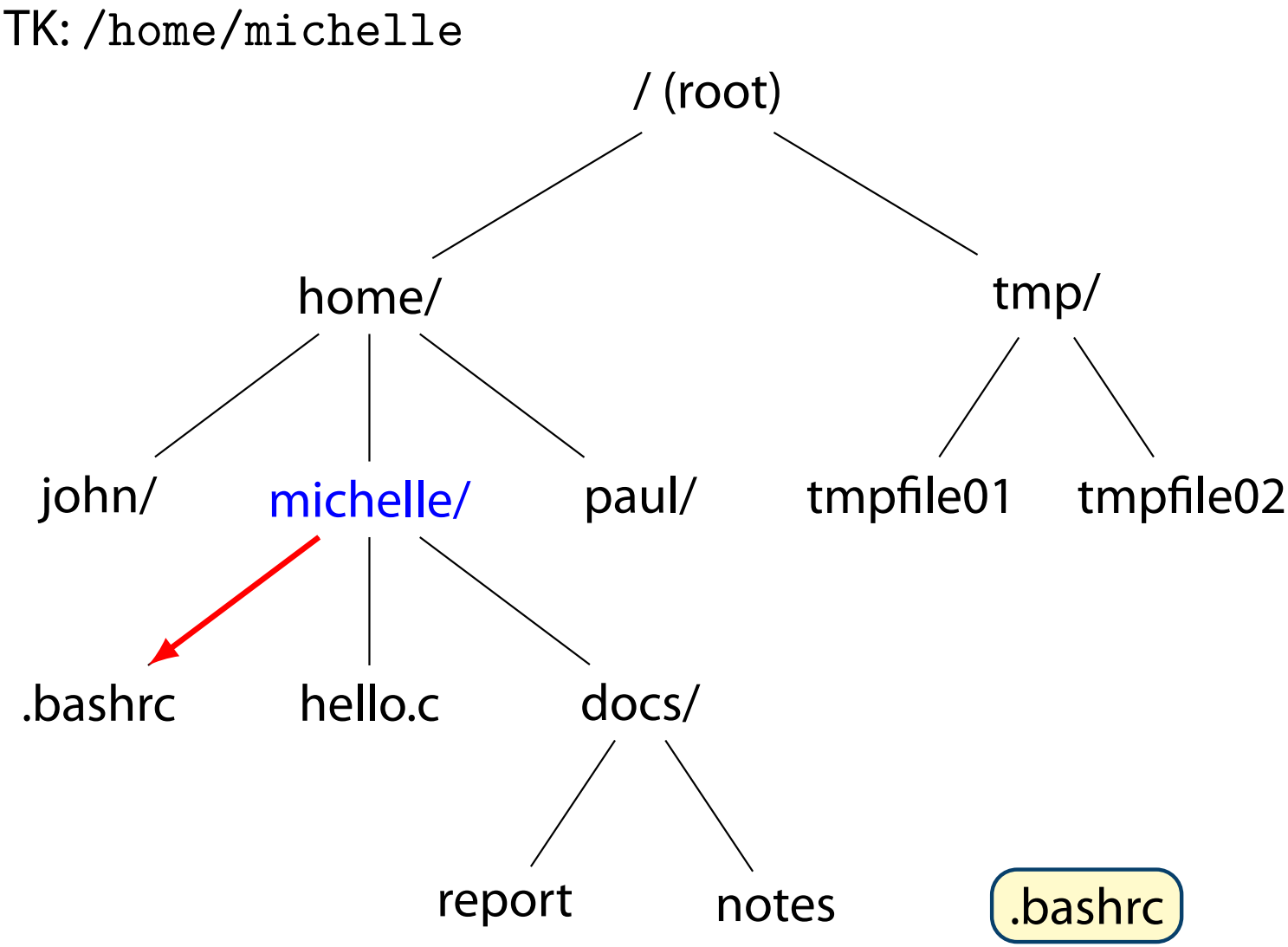
TK: `/home/michelle`



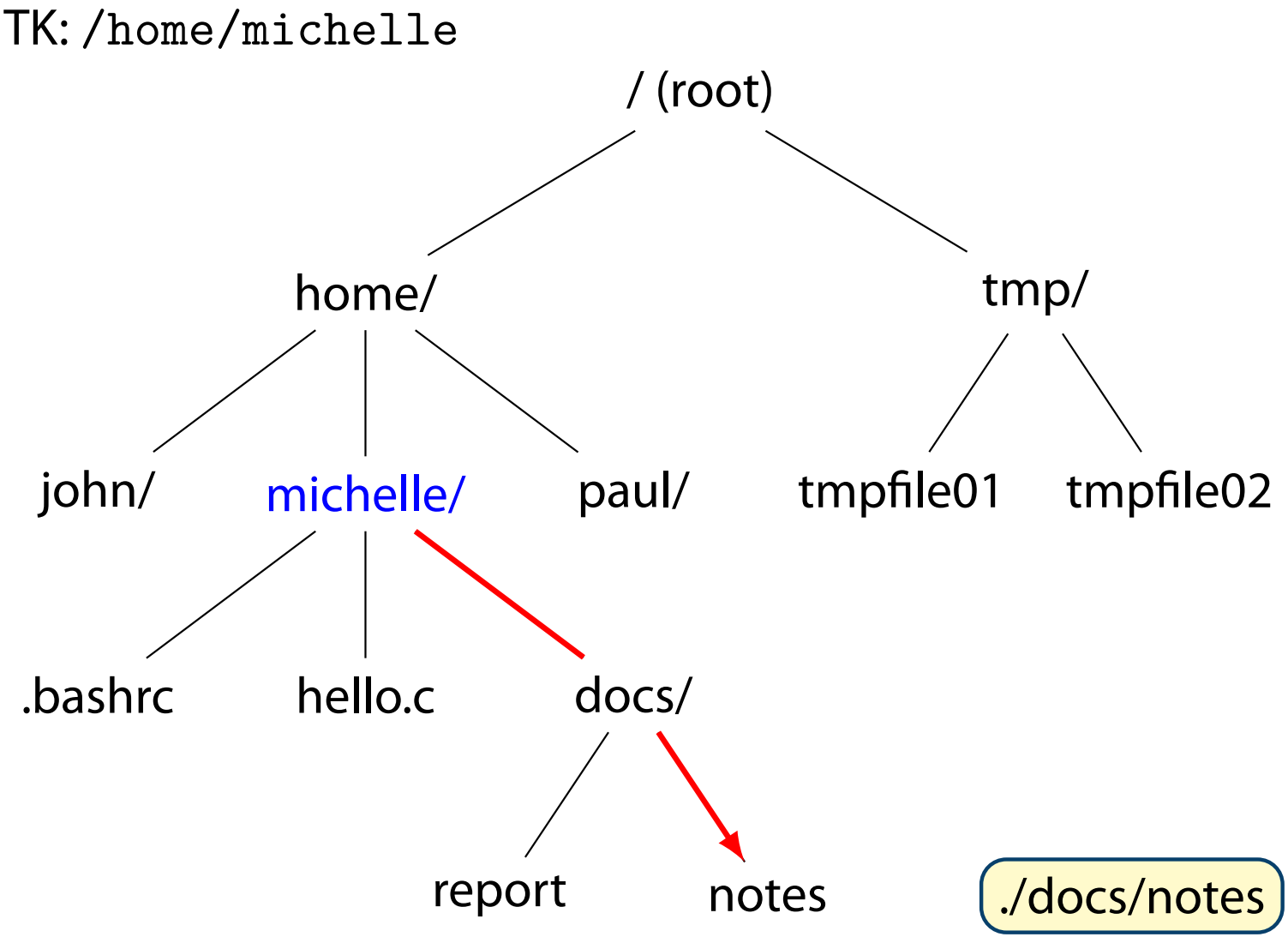
Παραδείγματα μονοπατιών



Παραδείγματα μονοπατιών

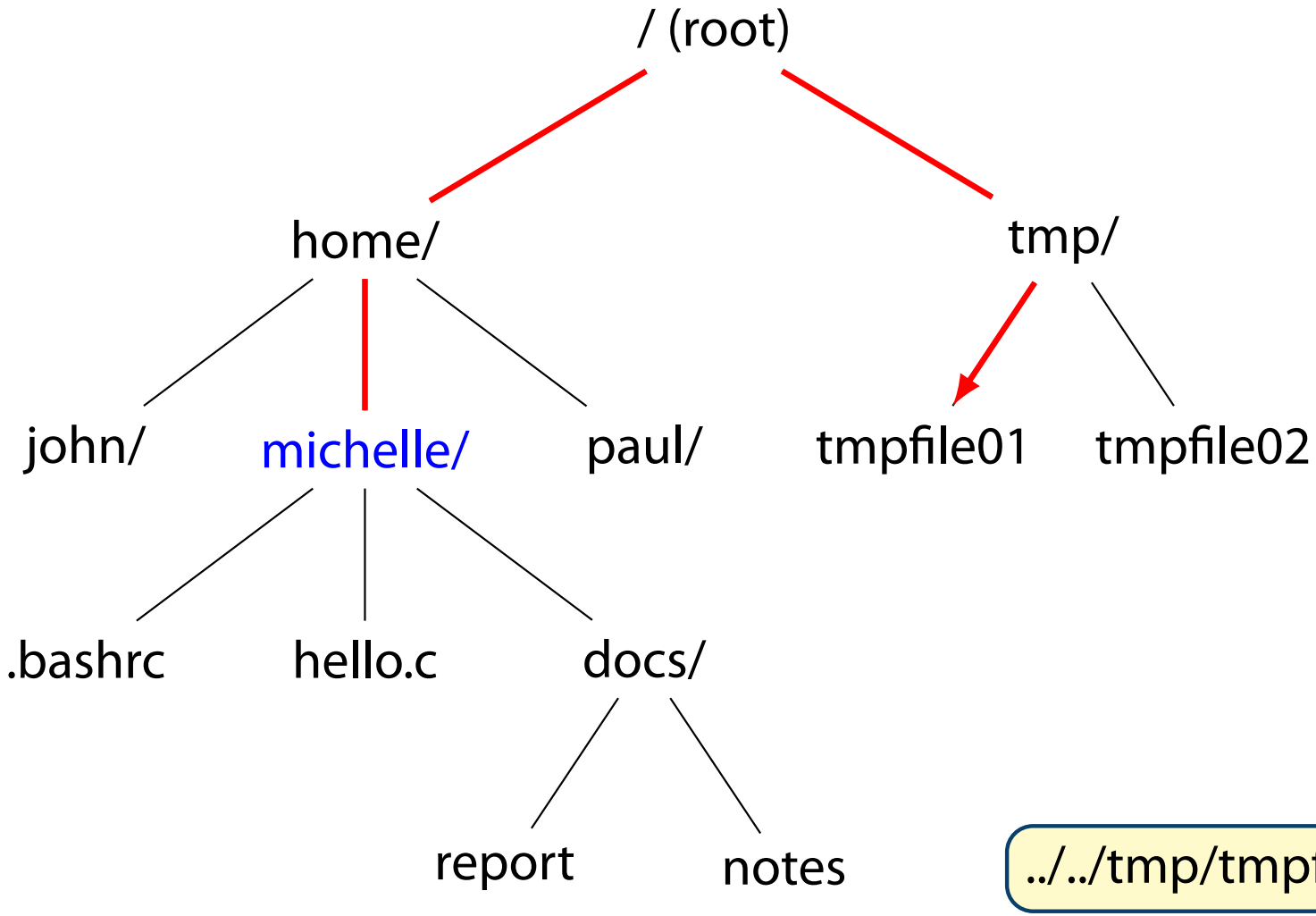


Παραδείγματα μονοπατιών



Παραδείγματα μονοπατιών

TK: `/home/michelle`



../../tmp/tmpfile01

Ο φλοιός (shell)

- prompt (↑,↓,<TAB>)
- Προσωπικός κατάλογος (home directory): $HOME,~
- Τρέχων κατάλογος (current directory)

Γραμμή εντολών

```
$ echo $HOME
/home/oslab/oslabf23
$ pwd
/home/oslab/oslabf23
$ cd /home/
$ pwd
/home
$ cd ~
$ pwd
/home/oslab/oslabf23
```

Διαχείριση καταλόγων

Εντολές

- `cd`: Αλλαγή τρέχοντος καταλόγου
- `mkdir`: Δημιουργία καταλόγου
- `rmdir`: Διαγραφή καταλόγου

Γραμμή εντολών

```
$ mkdir dir
$ cd dir/
$ mkdir -p 1/2/3/4
$ ls 1/2/3
4
$ rmdir -p 1/2/3/4
$ cd ../
$ rmdir dir/
```

Διαχείριση Αρχείων (+Ανακατεύθυνση)

Εντολές

- `cat`: Εκτύπωση
- `cp`: Αντιγραφή
- `mv`: Μετακίνηση
- `rm`: Διαγραφή

Γραμμή εντολών

```
$ echo "Hello World" > file
$ cat file
Hello World
$ mv file file-1
$ cp file-1 file-2
$ cat file-1 file-2
Hello World
Hello World
$ rm file-1 file-2
```

Τεκμηρίωση (Documentation)

- Η εντολή man (`man man`)
- Τμήματα (sections) (`man 3 printf` – `printf(3)`)
- man -k (`man -k printf`)

Γραμμή εντολών

```
$ man 2 read
NAME
  read - read from a file descriptor

SYNOPSIS
  #include <unistd.h>

  ssize_t read(int fd, void *buf, size_t count);

DESCRIPTION
  read() attempts to read up to count bytes from
  file descriptor fd into the buffer starting at buf.
```

Editor(s)

- vim
  - Δύο κατάστασεις:
    - εντολών
    - εισαγωγής κειμένου
  - gvim
- nano
- gedit
- ...

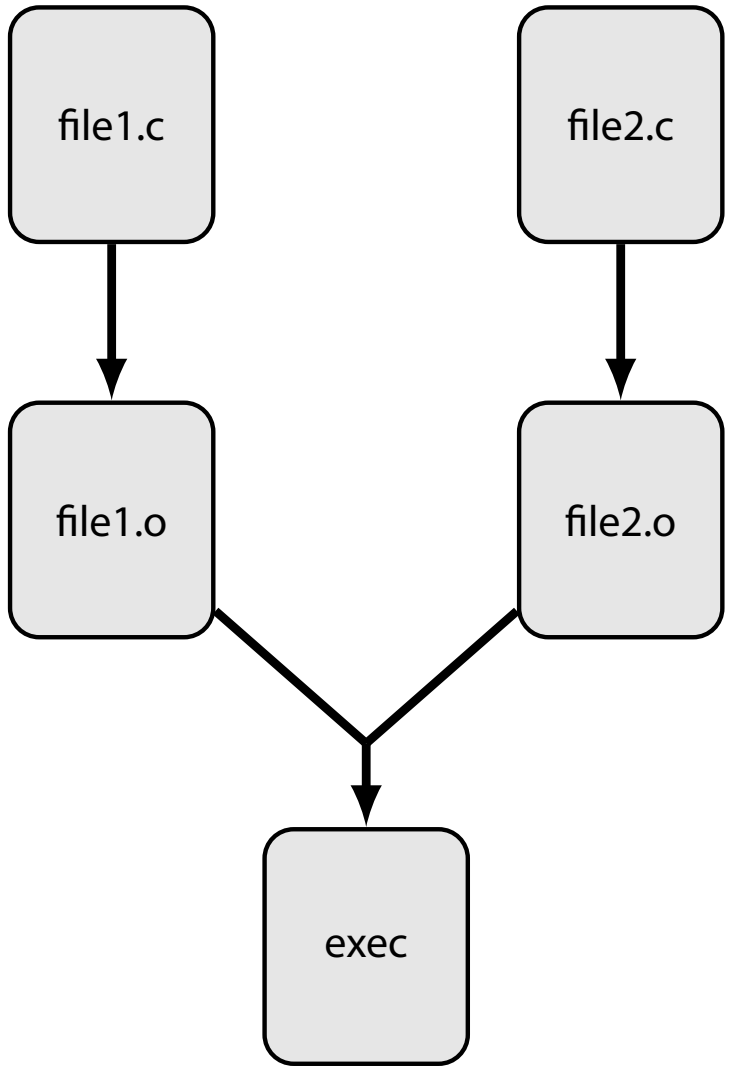
Μεταβλητές περιβάλλοντος

- $HOME: Προσωπικός κατάλογος χρήστη
- $PATH: Λίστα καταλόγων που περιέχουν εκτελέσιμα αρχεία. Για προγράμματα που δεν υπάρχουν στο $PATH, απαιτείται μονοπάτι
  π.χ. `./myprog`
- `env(1)`, `getenv(3)/setenv(3)`

Παραγωγή εκτελέσιμου

1. Compile (Μεταγλώττιση):
   file1.c ($\Rightarrow$ file1.*s*) $\Rightarrow$ file1.o

2. Link:
   file1.o + file2.o $\Rightarrow$ exec



Παράδειγμα: Hello World!

hello.c

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv)
{
   printf("Hello World!\n");
   return 0;
}
```

Γραμμή εντολών

```
$ gcc -Wall hello.c -o hello
$ ./hello
Hello World!
```

Παράδειγμα: Hello World! (compiling & linking)

Γραμμή εντολών

```
$ gcc -Wall -c hello.c
$ gcc hello.o -o hello
$ ./hello
Hello World!
```

Πολλαπλά αρχεία

hello.c

```
#include <stdio.h>

void hello(const char *name)
{
    printf("Hello %s!\n", name);
}
```

main.c

```
void hello(const char *);

int
main(int argc, char **argv)
{
    hello("World");
    return 0;
}
```

Γραμμή εντολών

```
$ gcc -Wall -c main.c
$ gcc -Wall -c hello.c
$ gcc main.o hello.o -o hello
$ ./hello
Hello World!
```

Επικεφαλίδες

- Διεπαφή προς άλλα κομμάτια κώδικα (API)
- Περιέχουν πρότυπα και δηλώσεις
  - Συναρτήσεις
  - Καθολικές (global) μεταβλητές
- `.h` αρχεία
- preprocessor:

```
#include "header.h"
```

Επικεφαλίδες: Παράδειγμα

hello.h

```
void hello(const char *);
```

hello.c

```
#include <stdio.h>

void hello(const char *name)
{
    printf("Hello %s!\n", name);
}
```

main.c

```
#include "hello.h"

int main(int argc, char **argv)
{
    hello("World");
    return 0;
}
```

Ορίσματα Προγράμματος

- `int main(int argc, char **argv)`

argc: Αριθμός ορισμάτων προγράμματος
argv: Πίνακας με τα ορίσματα
argv[0]: Το όνομα του προγράμματος

- βοηθητική βιβλιοθήκη: `getopt(3)`

args.c

```
#include <stdio.h>
int main(int argc, char **argv)
{
    int i;
    for (i=0; i<argc; i++)
        printf("%d %s\n", i, argv[i]);
    return 0;
}
```

Γραμμή εντολών

```
$ ./args arg1 arg2
0 ./args
1 arg1
2 arg2
```

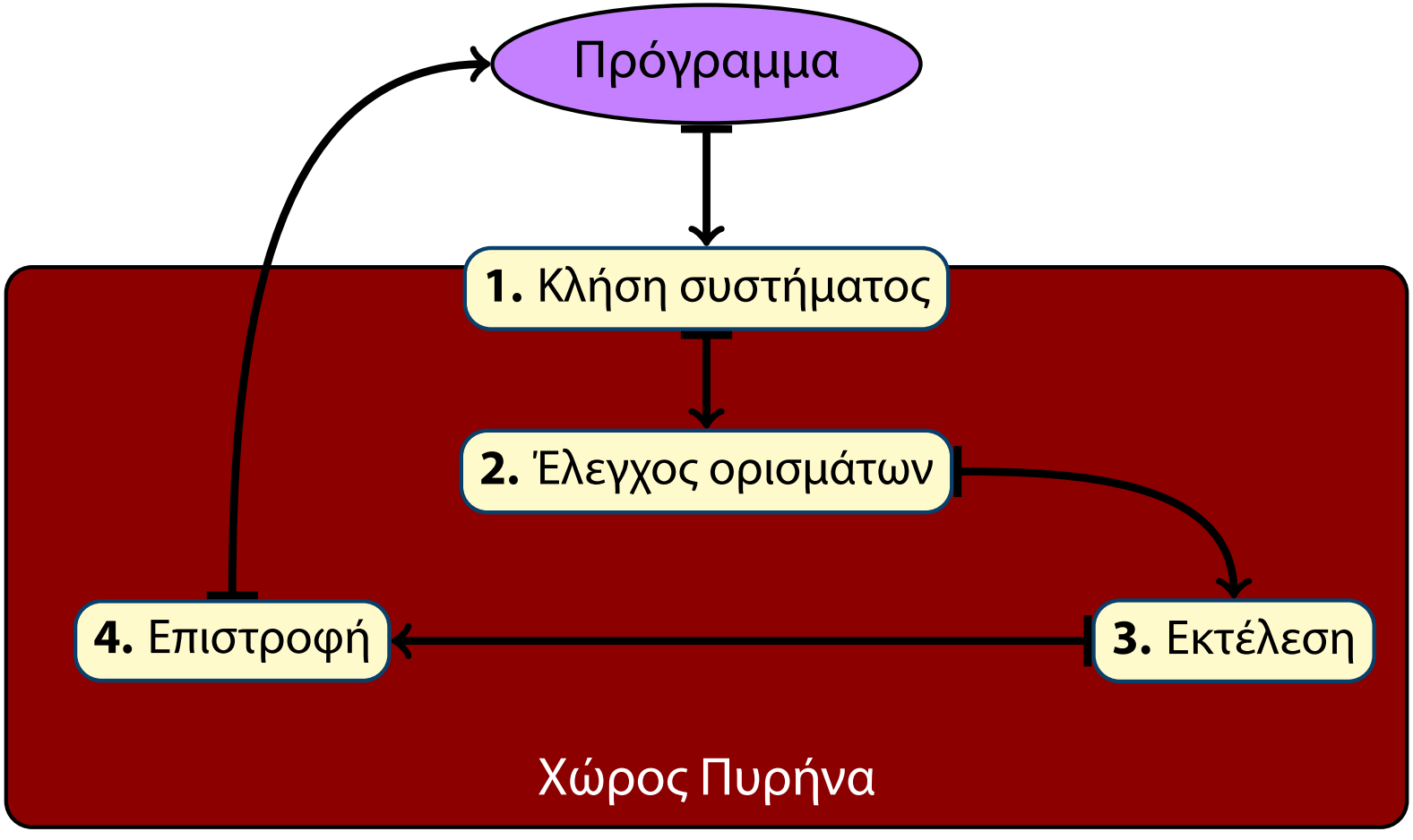
Αρχεία

- όνομα/μονοπάτι
  (π.χ. `/home/michelle/hello.c`)
- δεδομένα/περιεχόμενα
  (π.χ. `int main() ...`)
- μέτα-δεδομένα
  (π.χ. ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης)
- persistent
  (παραμένουν μετά το κλείσιμο του υπολογιστή)
- ”Everything is a file”
  (ρητό του Unix)
- Για την πρόσβαση σε αυτά χρησιμοποιούμε:
  κλήσεις συστήματος (system calls)

Κλήσεις συστήματος

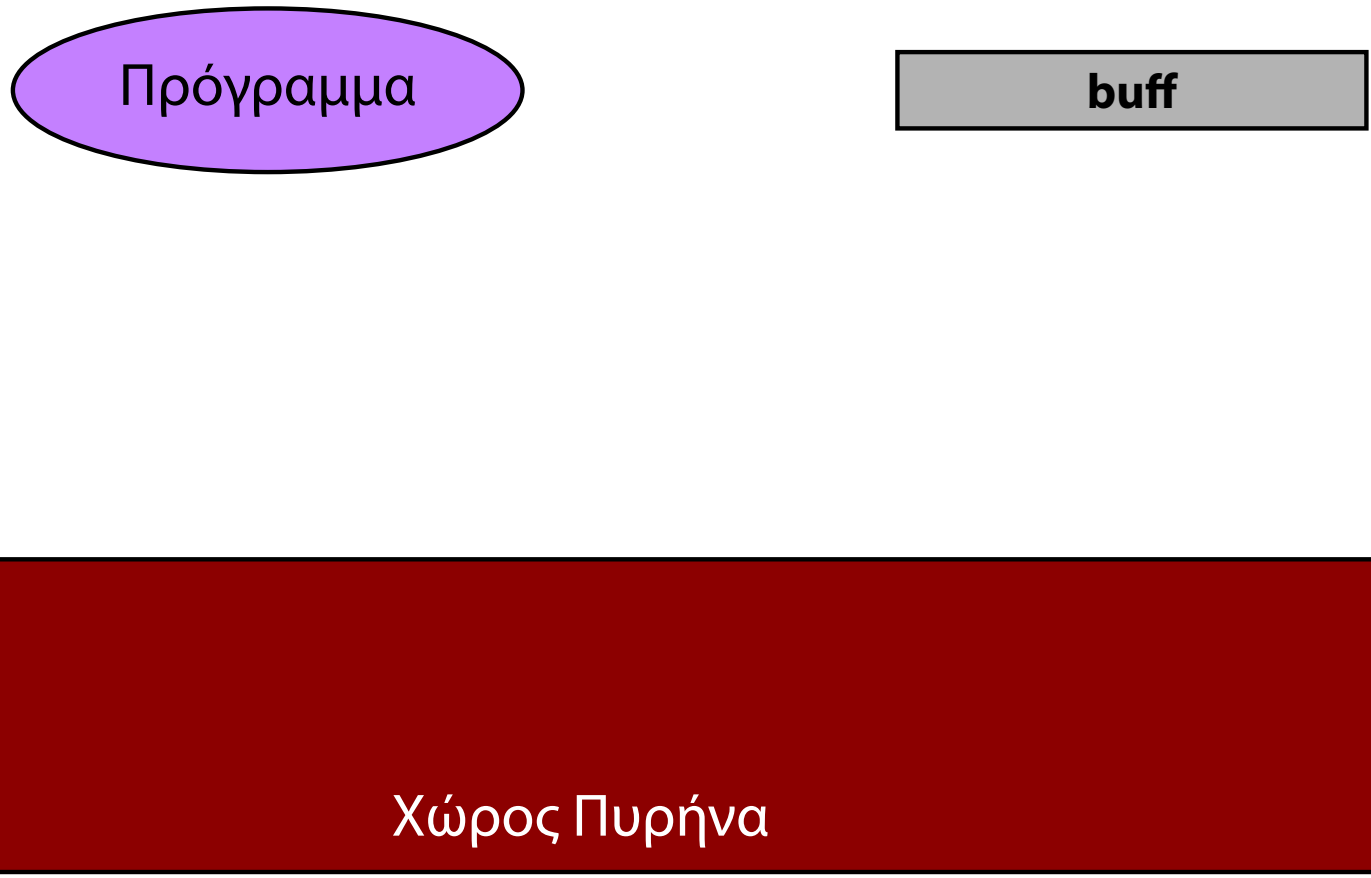
(system calls)

Προγραμματιστική διεπαφή για τις υπηρεσίες που προσφέρει το ΛΣ στις εφαρμογές.



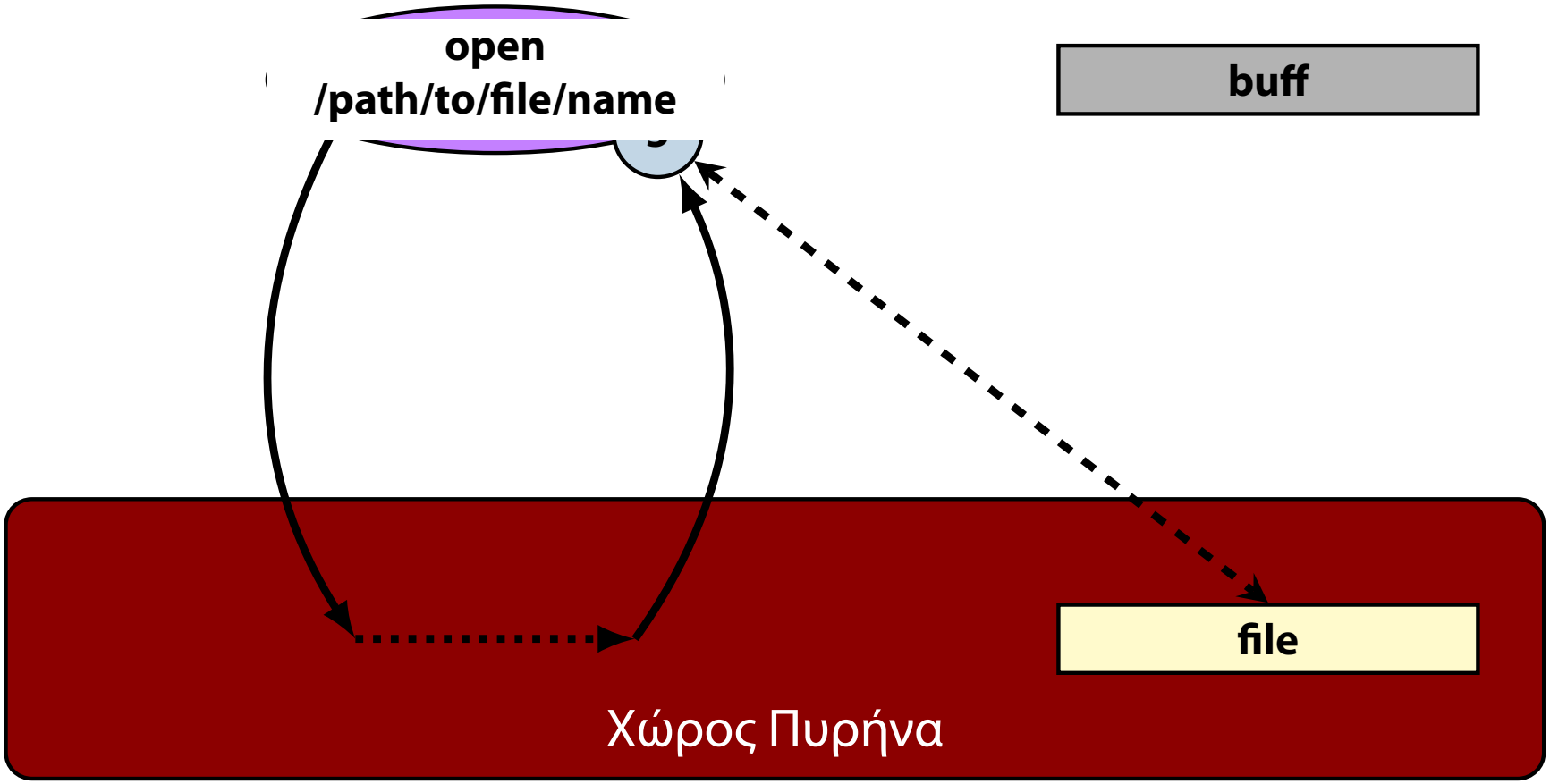
Βασικές κλήσεις Ε/Ε

(open,read,close)



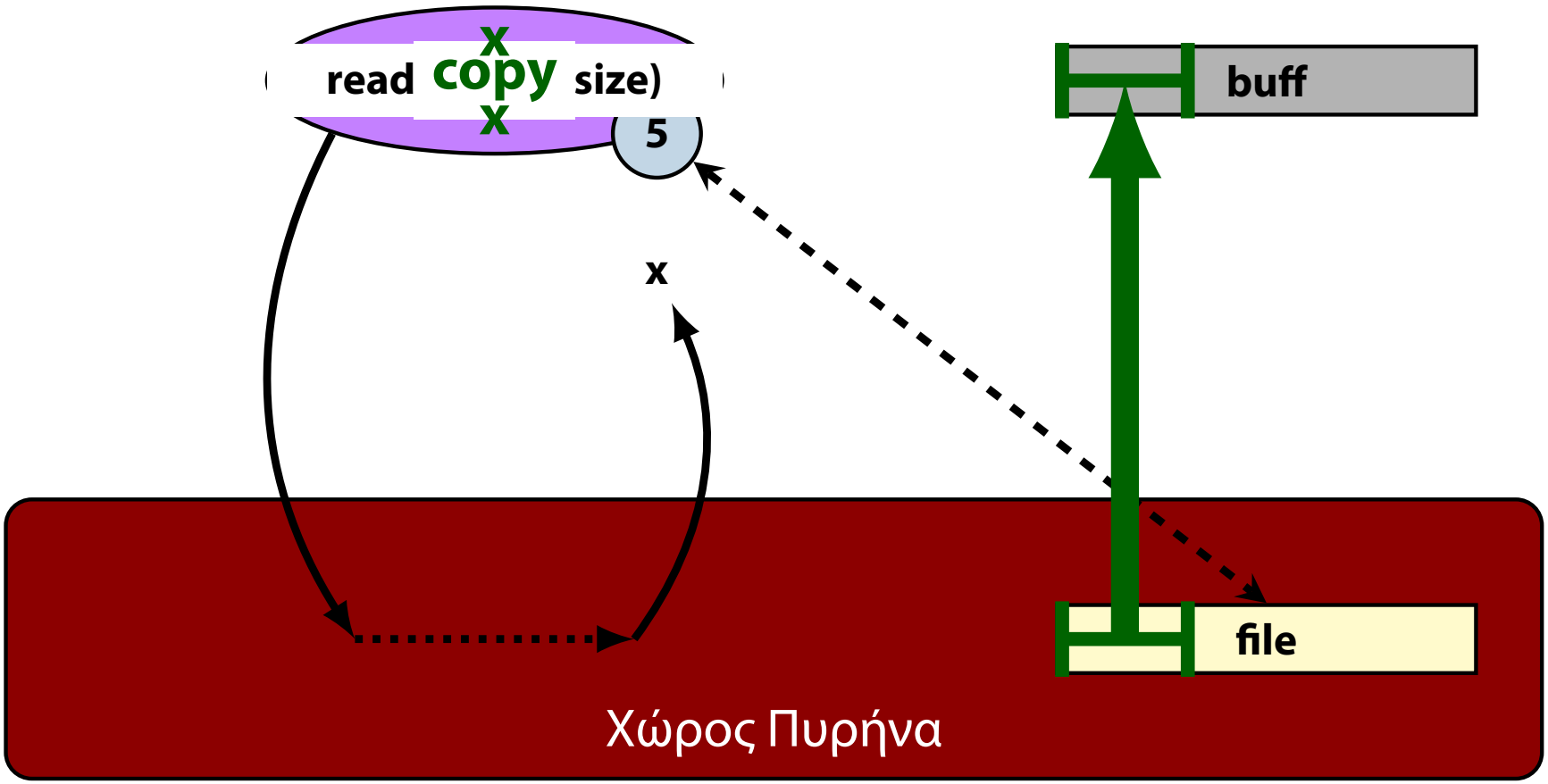
Βασικές κλήσεις Ε/Ε

(open,read,close)



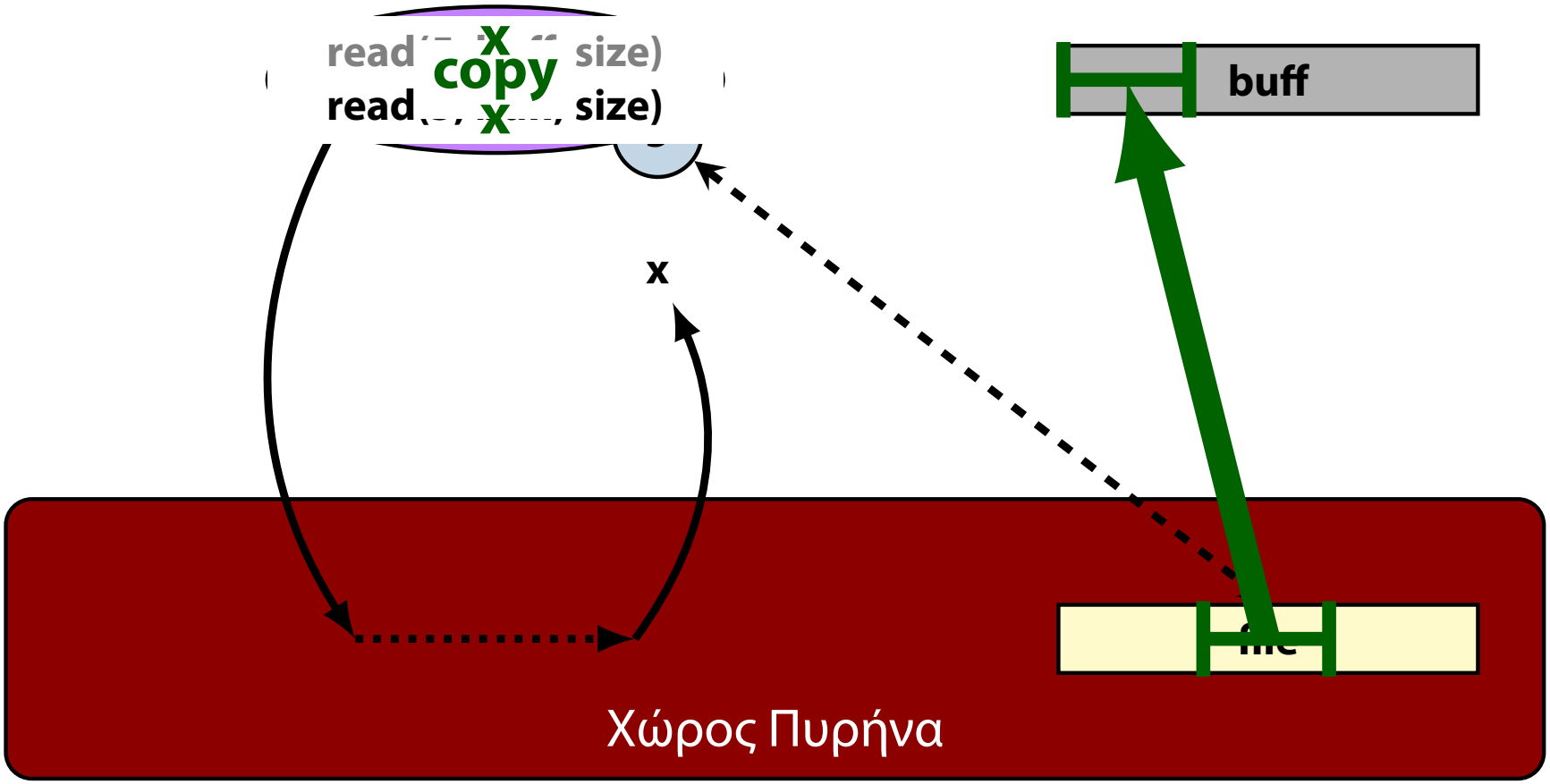
Βασικές κλήσεις Ε/Ε

(open,read,close)



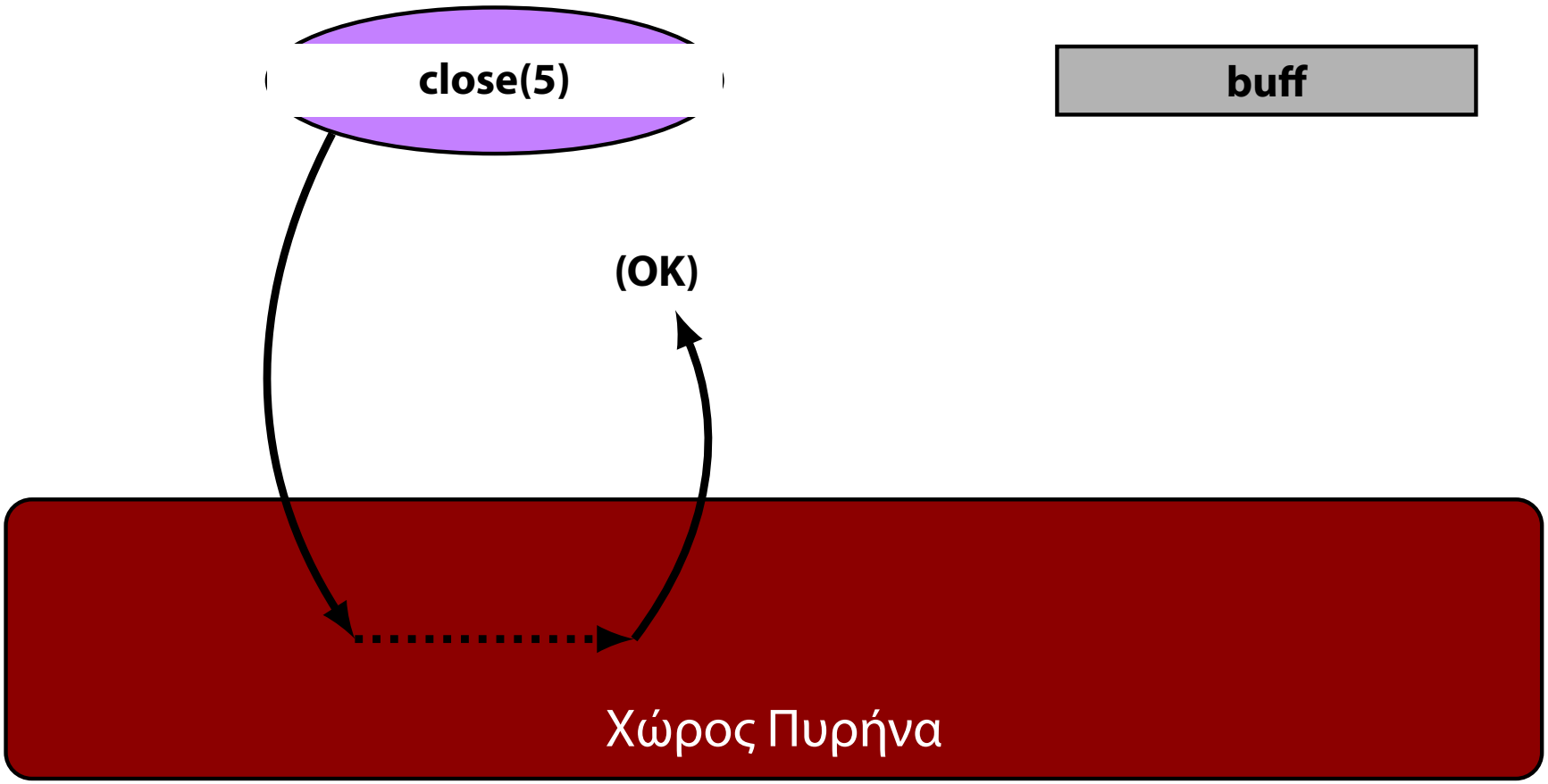
Βασικές κλήσεις Ε/Ε

(open,read,close)



Βασικές κλήσεις Ε/Ε

(open,read,close)



Βασικές κλήσεις Ε/Ε

Ανάγνωση:

- Άνοιγμα (open)
- Ανάγνωση σε μνήμη (read)
- Κλείσιμο (close)

Εγγραφή:

- Άνοιγμα (open)
- Εγγραφή από μνήμη (write)
- Κλείσιμο (close)

Από (εγγραφή) και Πρός (ανάγνωση) τη μνήμη

υπάρχουν εξαιρέσεις (πχ `sendfile()`)

Η open επιστρέφει έναν ακέραιο (*file descriptor*) που λειτουργεί ως αναγνωριστικο για τις υπόλοιπες κλήσεις συστήματος (`read`,`write`,κλπ)

Διαθέσιμα αναγνωριστικά στην έναρξη του προγράμματος:

0: είσοδος (stdin)

1: έξοδος (stdout)

2: έξοδος σφαλμάτων (stderr)

Παράδειγμα

read

read.c

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

int main(int argc, char **argv)
{
    char buff[1024];
    ssize_t rcnt;
    for (;;){
        rcnt = read(0,buff,sizeof(buff)-1);
        if (rcnt == 0) /* end-of-file */
            return 0;
        if (rcnt == -1){ /* error */
            perror("read");
            return 1;
        }
        buff[rcnt] = '\0';
        fprintf(stdout, "%s", buff);
    }
}
```

Παράδειγμα

write

write.c

```
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
int main(int argc, char **argv){
    char buff[1024];
    size_t len, idx;
    ssize_t wcnt;
    for (;;){
        if (fgets(buff,sizeof(buff),stdin) == NULL)
            return 0;
        idx = 0;
        len = strlen(buff);
        do {
            wcnt = write(1,buff + idx, len - idx);
            if (wcnt == -1){ /* error */
                perror("write");
                return 1;
            }
            idx += wcnt;
        } while (idx < len);
    }
}
```

Παράδειγμα

open (για ανάγνωση)

open-read.c

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>

int main(int argc, char **argv)
{
    int fd;
    fd = open("filename", O_RDONLY);
    if (fd == -1){
        perror("open");
        exit(1);
    }
    // perform read(...)
    close(fd);
    return 0;
}
```

Παράδειγμα

open (για εγγραφή)

open-write.c

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>

int main(int argc, char **argv)
{
    int fd, oflags, mode;
    oflags = O_CREAT | O_WRONLY | O_TRUNC;
    mode = S_IRUSR | S_IWUSR;
    fd = open("filename", oflags, mode);
    if (fd == -1){
        perror("open");
        exit(1);
    }
    // perform write(...)
    close(fd);
    return 0;
}
```

Παράδειγμα

open (για εγγραφή)

C

```
#i
#i
#i
#i
#i
#i

in
{
    int fd, oflags, mode;
    oflags = O_CREAT | O_WRONLY | O_TRUNC;
    mode = S_IRUSR | S_IWUSR;
    fd = open("filename", oflags, mode);
    if (fd == -1){
        perror("open");
        exit(1);
    }
    // perform write(...)
    close(fd);
    return 0;
}
```

- oflags:
  - O_CREAT : Δημιουργία αρχείου αν δεν υπάρχει.
  - O_WRONLY: Εγγραφή (μόνο).
  - O_TRUNC : Μηδενισμός αρχείου αν υπάρχει.
- mode:
  - S_IRUSR : δικαίωμα ανάγνωσης στον κάτοχο
  - S_IWUSR: δικαίωμα εγγραφής στον κάτοχο

Makefile(s)

- Εφαρμογή `make`
- Χρήση για την αυτόματη δημιουργία προγραμάτων από αρχεία κώδικα.
- Διαδικασία:
  - Συγγραφή αρχείου `Makefile` που περιέχει *κανόνες*
  - Κλήση εντολής `make` για την παραγωγή του προγράμματος
- Κανόνες:
  - Αρχείο-στόχος (target)
  - Αρχεία-απαιτήσεις (prerequisites)
  - Εντολή παραγωγής στόχου απο απαιτούμενα αρχεία

Παράδειγμα:

```
target : prerequisites
    command
```

Παράδειγμα Makefile

Makefile

```
hello: hello.o main.o
    gcc -o hello hello.o main.o

hello.o: hello.c
    gcc -Wall -c hello.c

main.o: main.c
    gcc -Wall -c main.c
```

Γραμμή εντολων

```
$ make
gcc -Wall -c hello.c
gcc -Wall -c main.c
gcc -o hello hello.o main.o
$ make
make: `hello' is up to date.
$ edit main.c
$ make
gcc -Wall -c main.c
gcc -o hello hello.o main.o
```

strace

- Εφαρμογή
- Εκτέλεση προγράμματος που δίδεται ως όρισμα
- Καταγραφή των κλήσεων συστήματος που πραγματοποιούνται
- Χρήσιμο για εντοπισμό λαθών

Παράδειγμα strace

Γραμμή εντολων

```
$ echo 'Hello World!' > hello
$ cat hello
Hello World!
$ strace cat hello
execve("/bin/cat", ["cat", "hello"], [/* 52 vars */]) = 0
...
open("hello", O_RDONLY)                 = 3
read(3, "Hello World!\n", 32768)        = 13
write(1, "Hello World!\n", 13Hello World!
)       = 13
read(3, "", 32768)                      = 0
...
```

Στοίχιση
(indentation)

- Δεν είναι απαραίτητη για να μεταγλωττιστεί το πρόγραμμα
- Είναι απαραίτητη για να είναι κατανοήτο

main

```
int main(void)
{
        blah();
        return 0;
}
```

if-else

```
void func()
{
        if (condition) {
                this();
                that();
        } else {
                other();
                whatever();
        }
}
```

- Πρόγραμμα `cslab-indent`
- Περισσότερες πληροφορίες:
  `http://www.cslab.ece.ntua.gr/courses/os/ql/indent.html`

Στοίβα (stack)

- Αυτόματη αύξηση μεγέθους
- Όχι για πολλά δεδομένα (8 MB)

stack.c

```
void foo(double *);

int main(int argc, char **argv)
{
    double matrix[1048576];
    foo(matrix);
    return 0;
}
```

stack.s

```
sub    $0x800008,%rsp
mov    %rsp,%rdi
callq  f <main+0xf>
xor    %eax,%eax
add    $0x800008,%rsp
retq
```

Διαχείριση μνήμης

Σωρός (Heap) – `malloc` / `free`

malloc.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
void foo(double *);

int main(int argc, char **argv)
{
   double *array;
   array = malloc(1048576*sizeof(double));
   if (!array){
      printf("error in allocation\n");
      return 1;
   }
   foo(array);
   free(array);
   return 0;
}
```