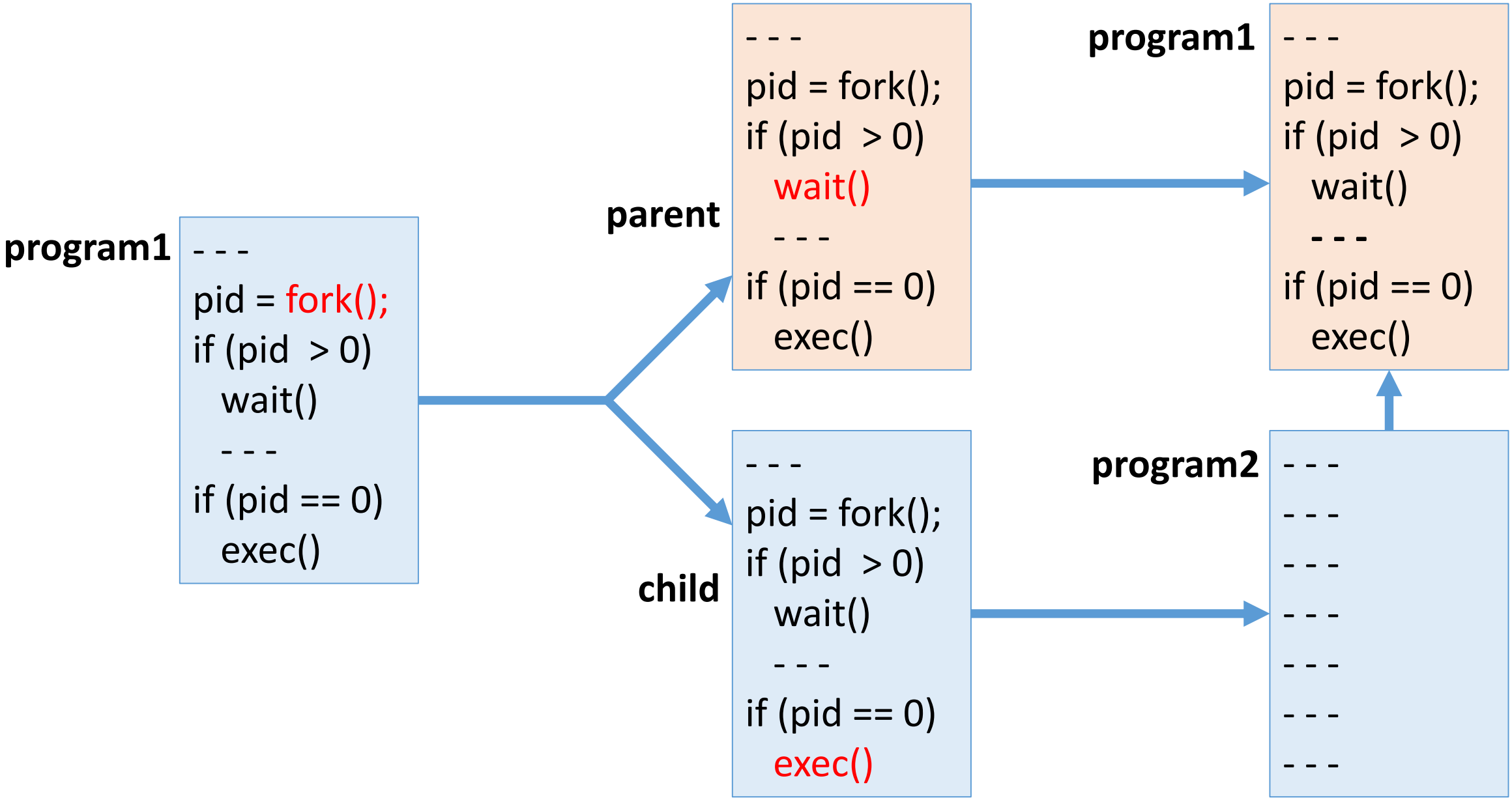
מערכות הפעלה

5

תהליכים

יצירת תהליך ביוניקס



יצירת תהליך

- במערכת יוניקס, תהליך חדש נוצר על ידי קריאת המערכת fork().
  - התהליך החדש שנקרא **ילד** יורש את ההרשאות והמשאבים של התהליך היוצר שנקרא **הורה.**
  - כל קטעי הזיכרון של ההורה מועתקים לילד, גם הקבצים שההורה פתח פתוחים עבור הילד.
  - לאחר הקריאה ל- fork(), שני התהליכים ממשיכים לבצע החל מהפקודה שאחרי ה- fork().
  - הערך המוחזר מהקריאה ל- fork() הוא אפס עבור הילד ומספר התהליך של הילד עבור ההורה.
- בדרך כלל הילד יבצע exec() כדי להחליף את התכנית שהוא מריץ בתכנית אחרת, הקריאה ל- exec() לא חוזרת.
  - מערכת ההפעלה תשחרר את קטעי הזיכרון של התכנית הקודמת.
  - תקצה קטעי זיכרון עבור התכנית החדשה.
  - תטען את התכנית מהדיסק לזיכרון.

המתנה לסיום תהליך - wait()

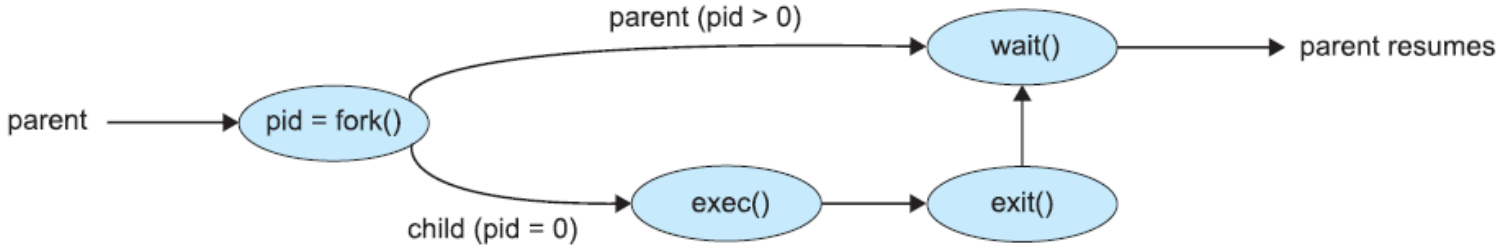
- לאחר fork(), ההורה והילד מבצעים את התכניות במקביל.
- אם ההורה רוצה להמתין לסיום תהליך הילד, הוא יבצע wait().
  - wait() יעביר את ההורה למצב שינה, כשהילד יסיים ההורה יעבור למצב מוכן לרוץ.
- הערך המוחזר מ- wait() הוא מספר תהליך הילד שסיים.
- גם סטטוס הסיום של הילד מוחזר, wait() מעביר מצביע למשתנה שיכיל את הסטטוס.

```
pid = wait(&status);
```

- כאשר תהליך מסיים (בעקבות exit() או exception), מערכת ההפעלה משחררת את קטעי הזיכרון שתפס וסוגרת את הקבצים שפתח.
- אך ה- PCB עדיין נשמר בזיכרון כי הוא מכיל את סטטוס הסיום.
- לאחר שהורה קרא ל- wait(), ה- PCB של הילד ישוחרר.

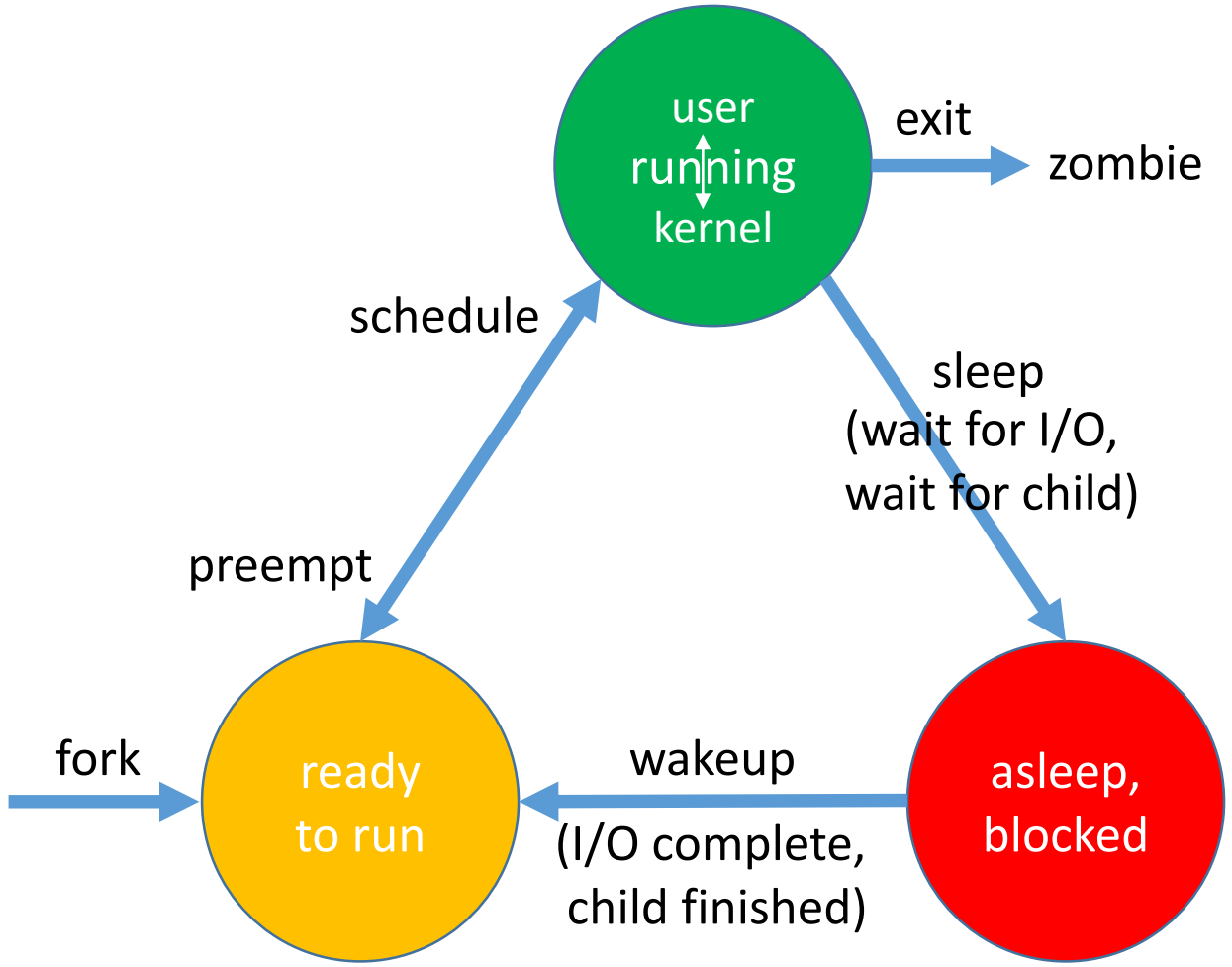
fork(), exec() and wait()

```
int main()
{
    int pid;
    int status;
    pid = fork();
    if (pid == 0) { // child
        execlp("ls", "ls", "-l", "a.out",  NULL);
    }
    else if (pid > 0) { // parent
        wait(&status);
        printf("exit status of child is: %d\n", status >> 8);
    }
}
```



fork4.c

מצבי תהליך

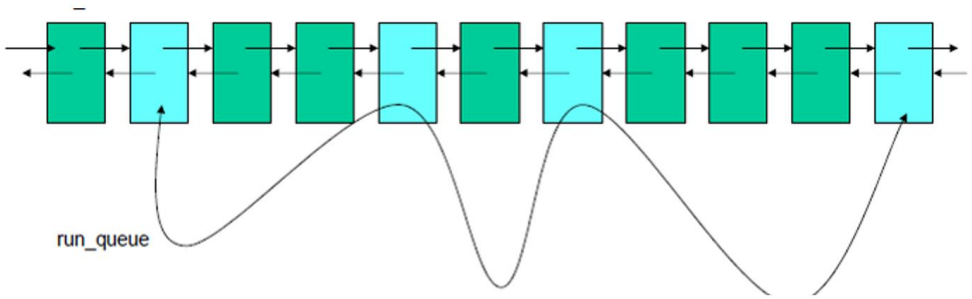


1. **ריצה** – תהליך שכעת מתבצע על ידי המעבד, אם יש מעבד אחד רק תהליך אחד יכול להיות במצב ריצה.
2. **מוכן לריצה** – תהליך שלא מחכה למאורע כלשהו ומוכן לרוץ כאשר מערכת ההפעלה תיתן לו את המעבד.
3. **חסום (ישן)** – תהליך שמחכה למאורע ולא יכול להמשיך עד שאותו מאורע יקרה, דוגמה: המתנה לקלט/פלט.

פרטים אודות כל תהליך נמצאים במבנה task_struct (PCB)

```
struct task_struct {
  int        state;
  struct     list_head      tasks;
  struct     list_head      run_list;
  int        pid;
  int        uid;
  int        gid;
  struct     task_struct    *parent;
  int        exit_code;
  int        priority;
  struct     signal_struct *signal;
  struct     files_struct  *files;
  struct     mm_struct      *mm;
  ...
```

```
struct list_head {
    ... *next, *prev;
};
```



הודעות לתהליך (signals)

הודעה לתהליך (signal) היא הודעה קצרה אודות מאורע, לכל **הודעה** (signal) יש מספר וסמל.

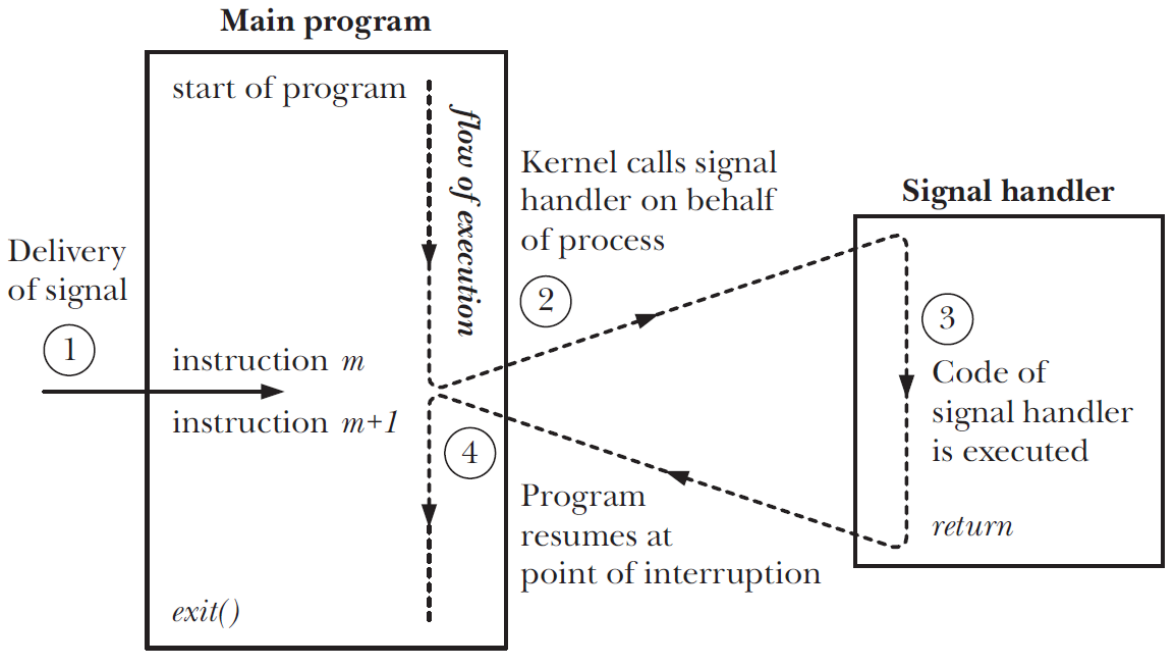
- כאשר מתרחשת פסיקה, המעבד מעביר את הביצוע למערכת ההפעלה.
- אם הפסיקה נגרמה מבצוע התכנית, מערכת ההפעלה תשלח **הודעה** לתהליך.
- ישנם מקרים נוספים בהם המערכת תשלח **הודעה** לתהליך, כפי שיפורט להלן.

סוגי הודעות (signals):

1. פסיקה שנגרמה מבצוע התכנית:
   - חלוקה ב- 0 (SIGFPE), גישה לא חוקית לזיכרון (SIGSEGV).
2. מאורע שלא גרם לפסיקת חומרה:
   - ילד סיים כאשר ההורה לא חיכה לו (SIGCHLD), תכנית בקשה הודעה כעבור זמן (SIGALRM).
3. מאורע שנגרם מהקשה על מקש או צרוף מקשים:
   - Control-C (SIGINT), Control-Z (SIGTSTP).
4. הפקודה kill שולחת signal (SIGKILL) לתהליך - בתנאי שהתהליך השולח מורשה.

הודעות לתהליך (signals)

- כאשר נשלחת הודעה לתהליך (generation), היא רק נרשמת ב- PCB של התהליך בשדה signals.
- ההודעה נמסרת (delivery) לתהליך כאשר הוא עובר למצב ריצה.
- כאשר התהליך מקבל את ההודעה, הוא מבצע את אחת מהאפשרויות הבאות:
  1. **מתעלם** מההודעה - signal is ignored.
  1. **מפסיק** לרוץ - process is terminated.
  2. **מריץ פונקציה** שמטפלת בהודעה - signal handler.



התקנת signal handler לשגיאת זיכרון

```
void handler()
{
        printf("Received segmentation fault\n");
}

int main() {
        signal(SIGSEGV, handler);  // Install handler
        int array[100];
        int index = 0;
        while (1) {
                printf("Index: %d\n", index);
                array[index] = 10;
                ++index;
        }
}
```

segv.c

התקנת signal handler ל- Control-C

```
void handler()
{
        printf("Received SIGINT (ctrl-C)\n");
}

int main()
{
        signal(SIGINT, handler);  // Install handler
        while (1) ; // Wait for SIGINT
}
```

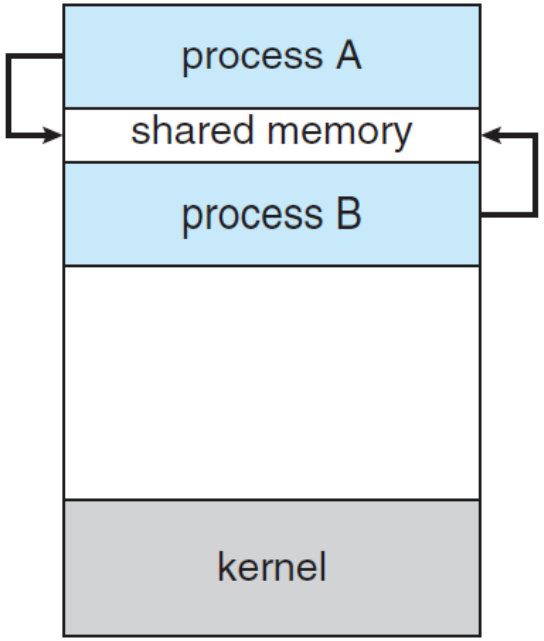
int.c

תקשורת בין תהליכים באמצעות זיכרון משותף או תיבת דואר

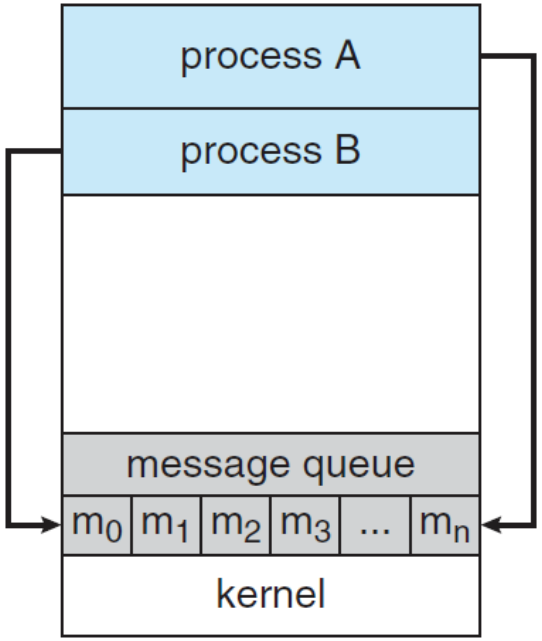
- כאשר תהליכים רוצים לשתף מידע, הם יכולים לעשות זאת בשתי דרכים:
- זיכרון משותף - **Shared Memory**
  - דומה ללוח הודעות.
  - מהיר – אין צורך בקריאת מערכת עבור קריאה או כתיבה.
  - יש צורך בסנכרון.
  - מתאים להודעות ארוכות.
- תיבת דואר - **Message Passing**
  - דומה לאימייל.
  - איטי - יש צורך בקריאת מערכת עבור כל קריאה או כתיבה.

    ויש צורך להעתיק פעמיים את ההודעה.
  - מתאים להודעות קצרות.

זיכרון משותף

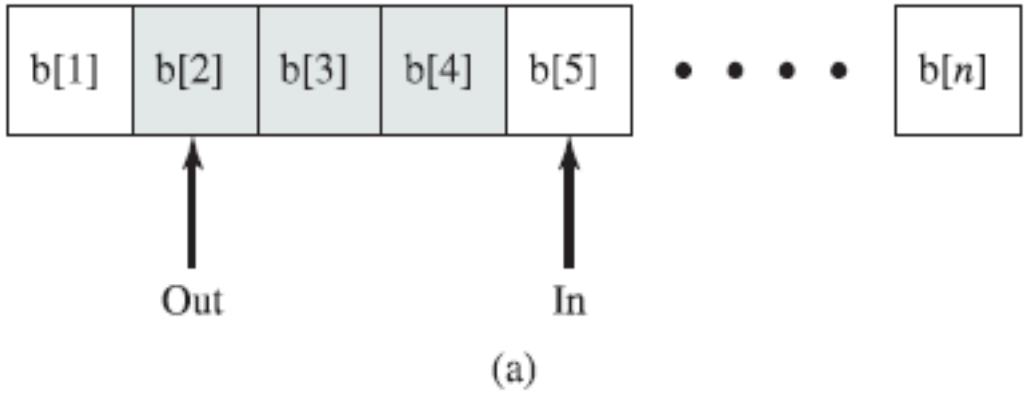


תיבת דואר

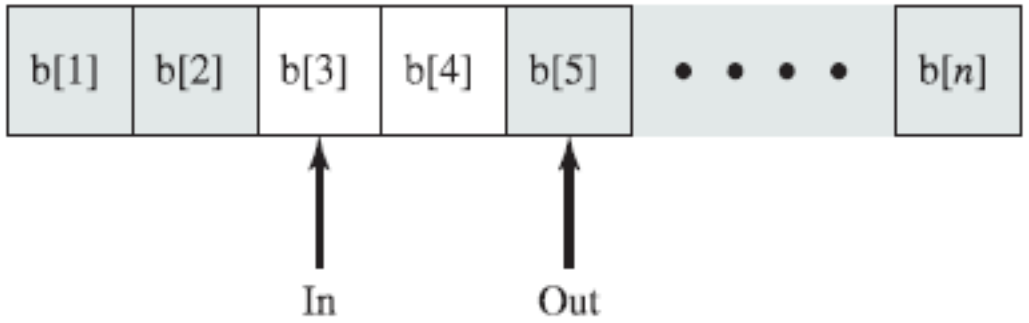


בעיית היצרן צרכן בזיכרון משותף

- כאשר תהליכים רוצים לשתף מידע באמצעות זיכרון משותף (buffer) הם יבקשו זיכרון משותף ממערכת ההפעלה.
  - חוטים לא צריכים לבקש זיכרון משותף.
- אם כמות המידע שרוצים להעביר גדולה, קטע הזיכרון לא יספיק.
  - אבל אפשר להשתמש בו בצורה מעגלית.
- נחלק את קטע הזיכרון לחלקים בגודל פריטי המידע שרוצים להעביר.
  - יצרן המידע יכניס פריטים.
  - צרכן המידע יוציא פריטים - במקומות שהתפנו היצרן יכניס פריטים אחרים.
- היצרן והצרכן לא פועלים באותו קצב.
  - צריך לסדר שהיצרן יעצור כאשר קטע הזיכרון מלא.
  - צריך לסדר שהצרכן יעצור כאשר קטע הזיכרון ריק.



(a)



(b)

פתרון לא שלם לבעיית היצרן צרכן

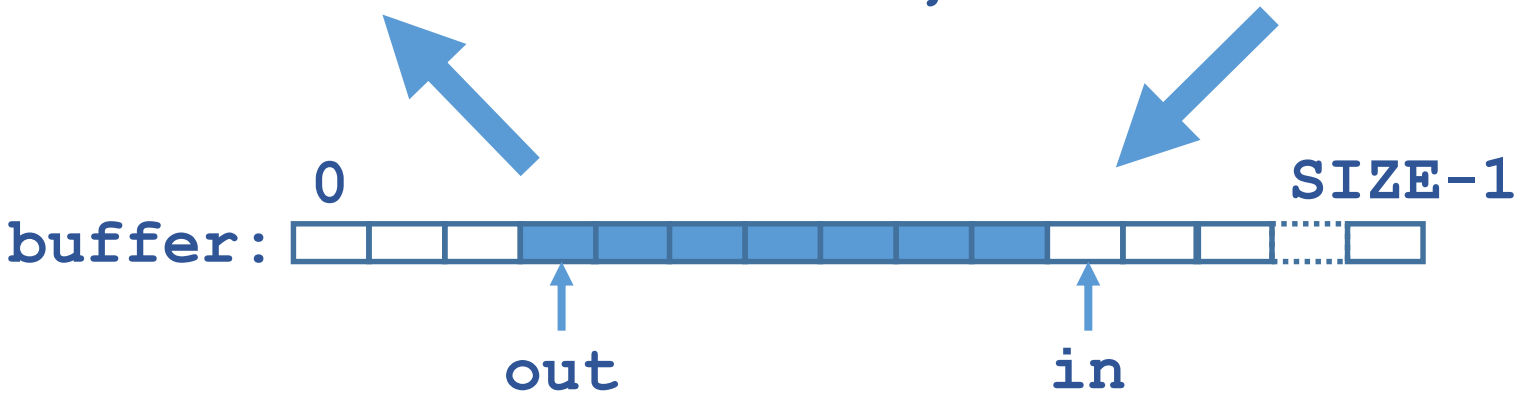
```
#define SIZE 100
typedef struct {
. . .
} item;
item buffer[SIZE]; // array of SIZE items

int in = 0; // in points to next free position
int out = 0; // out points to the first full position
counter = 0; // number of items in buffer

// Problems:
// No synchronization for counter
// Busy waiting
```

צרכן

```
item next_out;
while (true) {
  while (counter == 0)
    ; // do nothing
  next_out = buffer[out];
  out = (out + 1) % SIZE;
  counter--;
  consume_item()
}
```

יצרן

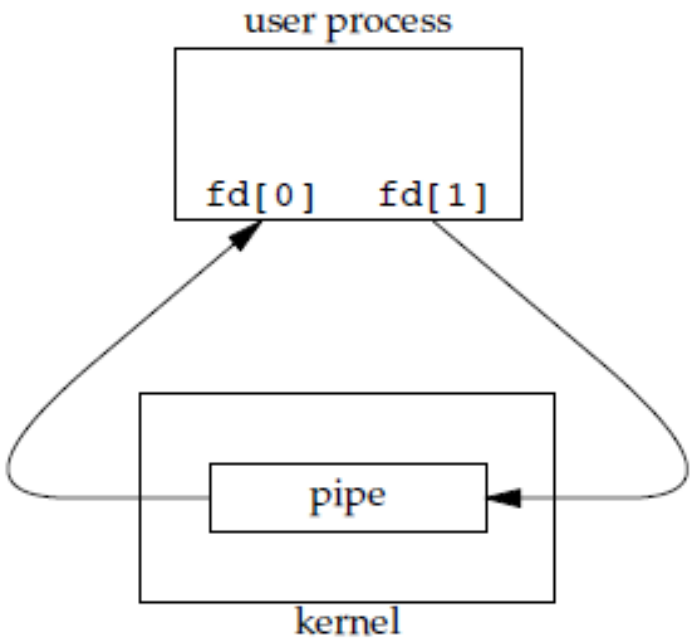
```
item next_in;
while (true) {
  produce_item()
  while (counter == SIZE)
    ; // do nothing
  buffer[in] = next_in;
  in = (in + 1) % SIZE;
  counter++;
}
```



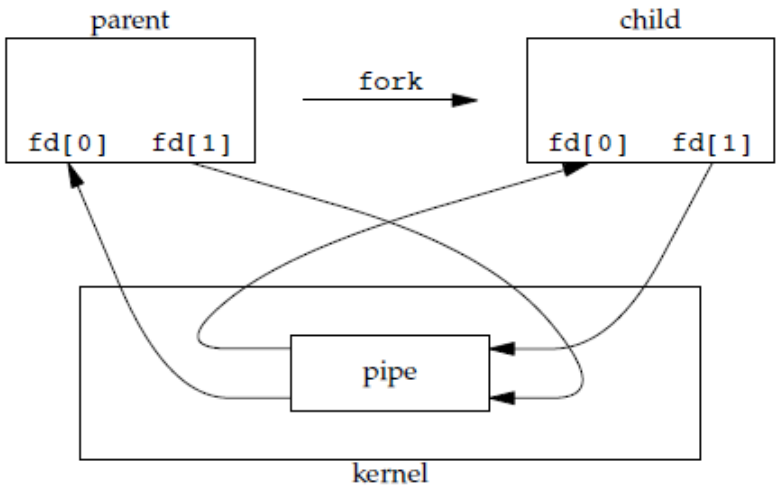
תקשורת בין תהליכים באמצעות pipe

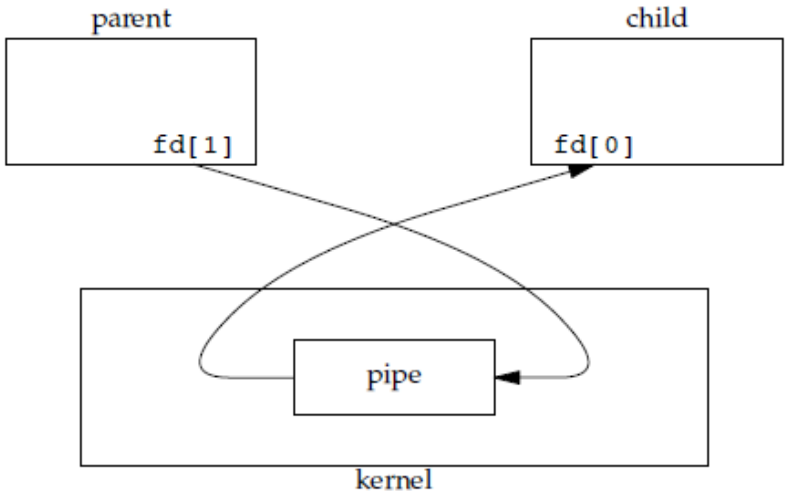
- pipe הוא מימוש של יוניקס לתקשורת בין יצרן וצרכן באמצעות זיכרון משותף.
- כדי ליצור pipe משתמשים בקריאת המערכת pipe(fd).
  - מערכת ההפעלה תקצה קטע זיכרון בקרנל (4K) לצורך העברת המידע.
  - מערכת ההפעלה תחזיר שני file descriptors, אחד ישמש לקריאה (צרכן) ואחד לכתיבה (יצרן).
  - בקריאה ל- pipe הפרמטר הוא מצביע למערך שיש בו שני מספרים: int fd[2]
  - לאחר הקריאה, fd[0] יכיל את file descriptor של צד הקריאה, ו- fd[1] את file descriptor של צד הכתיבה.

```
int fd[2];
pipe(fd);
```



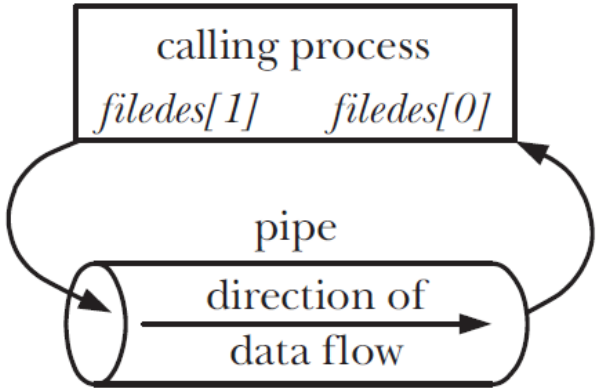
סגירת file descriptors שאינם בשימוש



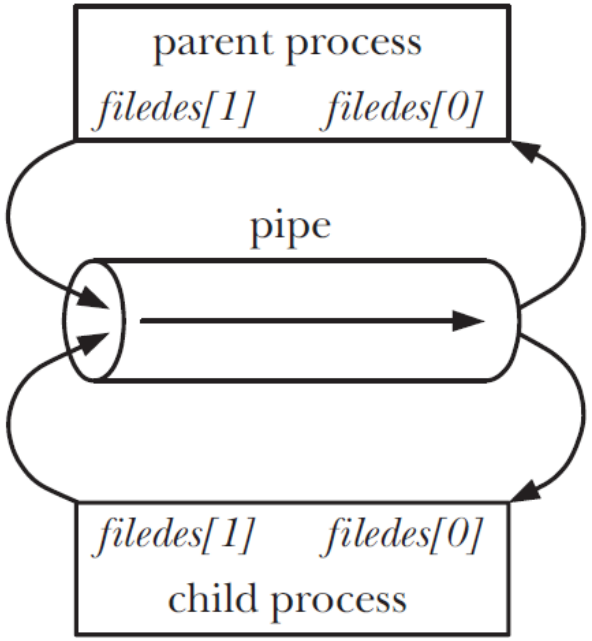


- כדי ש- pipe ישמש לתקשורת בין תהליכים, לאחר שתהליך יצר pipe הוא יבצע fork.
  - ואז ההורה והילד יהיו שותפים ב- file descriptors של הקריאה והכתיבה.
- קריאה מ- pipe ריק, תעביר את הקורא להמתנה במצב שינה.
  - אם הכותב סיים וסגר את צד הכתיבה ואין כותב אחר, קריאה מ- pipe ריק תחזיר סוף קובץ והקורא ימשיך לרוץ.
  - לכן חשוב שהקורא יסגור את צד הכתיבה, כדי שיקבל סוף קובץ ולא יעבור למצב שינה.
- כתיבה ל- pipe מלא, תעביר את הכותב להמתנה במצב שינה.
  - כתיבה ל- pipe מלא כאשר הקורא סיים וסגר את צד הקריאה ואין קורא אחר, תשלח לכותב הודעה SIGPIPE.
  - לכן חשוב שהכותב יסגור את צד הקריאה, כדי שיקבל הודעה ולא יעבור למצב שינה.

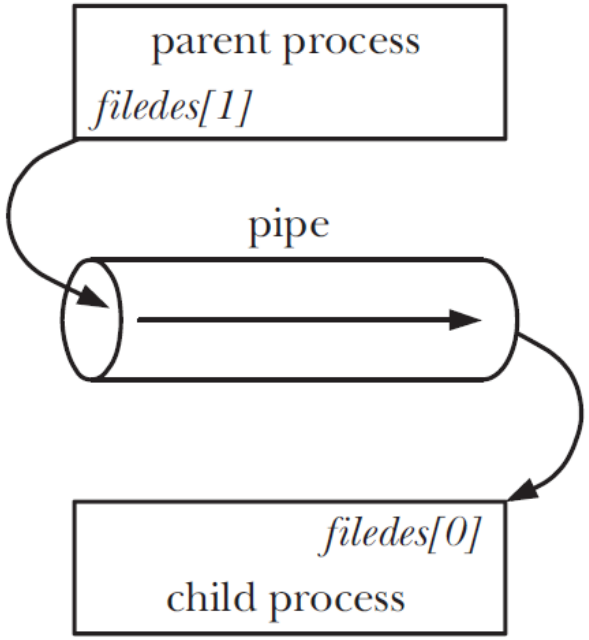
סיכום השלבים ביצירת pipe



1. אחרי ביצוע pipe()



2. אחרי ביצוע fork()



3. אחרי סגירת הצדדים שאינם בשימוש

תכנית שמעבירה הודעה באמצעות pipe

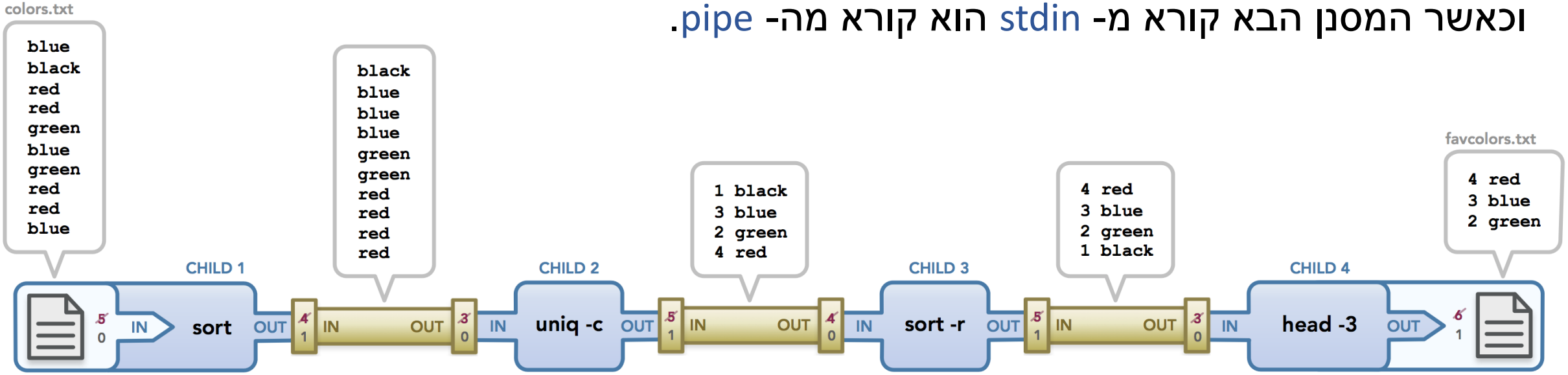
```
#define BUFFER_SIZE 25
int main(void)
{
char write_msg[BUFFER_SIZE] = "Greetings";
char read_msg[BUFFER_SIZE];
int fd[2];              /* two file descriptors */
int pid;
if (pipe(fd) < 0) { /* create the pipe */
   fprintf(stderr,"Pipe failed");
   return 1;
}
```

תכנית שמעבירה הודעה באמצעות pipe

```
pid = fork();        /* fork a child process */
if (pid > 0) {       /* parent process */
   close(fd[0]);     /* close the unused read end */
   write(fd[1], write_msg, strlen(write_msg)+1);
   close(fd[1]);     /* close the write end */
}
else {               /* child process */
   close(fd[1]);     /* close the unused write end */
   read(fd[0], read_msg, BUFFER SIZE);
   printf("read %s",read_msg);
   close(fd[0]);     /* close the read end */
}
return 0;
}
```

שימוש ב- pipe לחיבור מסננים (filters)

- פקודות יוניקס כתובות כך שניתן לחבר אותם בשרשרת כדי לפתור בעיות יותר מורכבות:
  - cat, cut, grep, head, sort, uniq, tail, wc
  - בדוגמה למטה, מחברים פקודות כדי למצוא מתוך רשימת צבעים את שלושת הצבעים השכיחים ביותר.
- כדי שהפתרון יהיה מהיר, שיתוף המידע בין התכניות הוא באמצעות זיכרון משותף (ולא קובץ).
- הפקודות המחוברות נקראות מסננים (filters), וכדי שנוכל לחבר ביניהם כל מסנן צריך לקרוא מ- stdin (מקלדת) ולכתוב ל- stdout (מסך).
- החיבור מתבצע באמצעות pipe, וצריך לסדר שכאשר מסנן כותב ל- stdout זה נכתב ל- pipe, וכאשר המסנן הבא קורא מ- stdin הוא קורא מה- pipe.

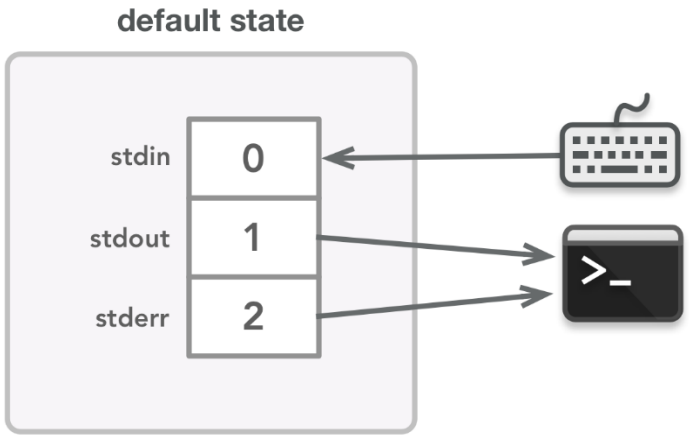


שימוש ב- pipe לחיבור מַסננים

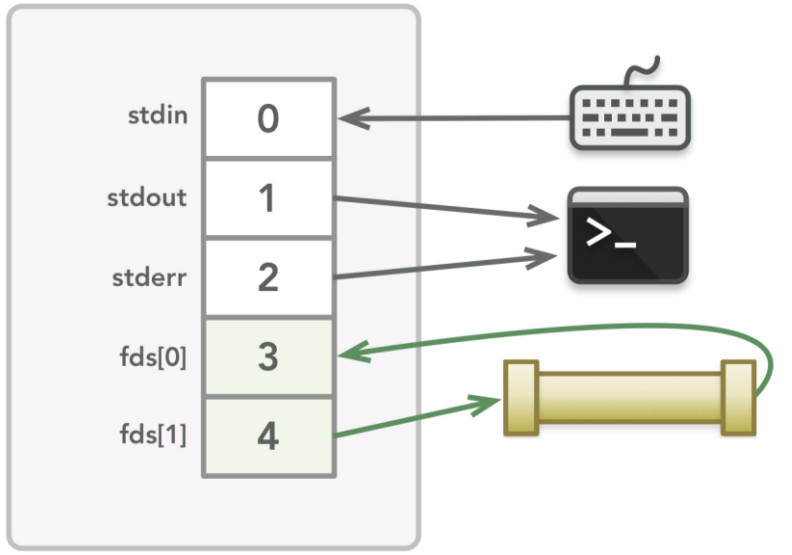
בעיה:

- המקלדת והמסך פתוחים באמצעות file descriptors 0 ו- 1.
- מערכת ההפעלה תקצה file descriptors גבוהים יותר לפתיחת ה- pipe (3 ו- 4).
- אם כן איך הקריאה מ- 0 (stdin) והכתיבה ל- 1 (stdout) תקרא ותכתוב ל- pipe (3 ו- 4)?

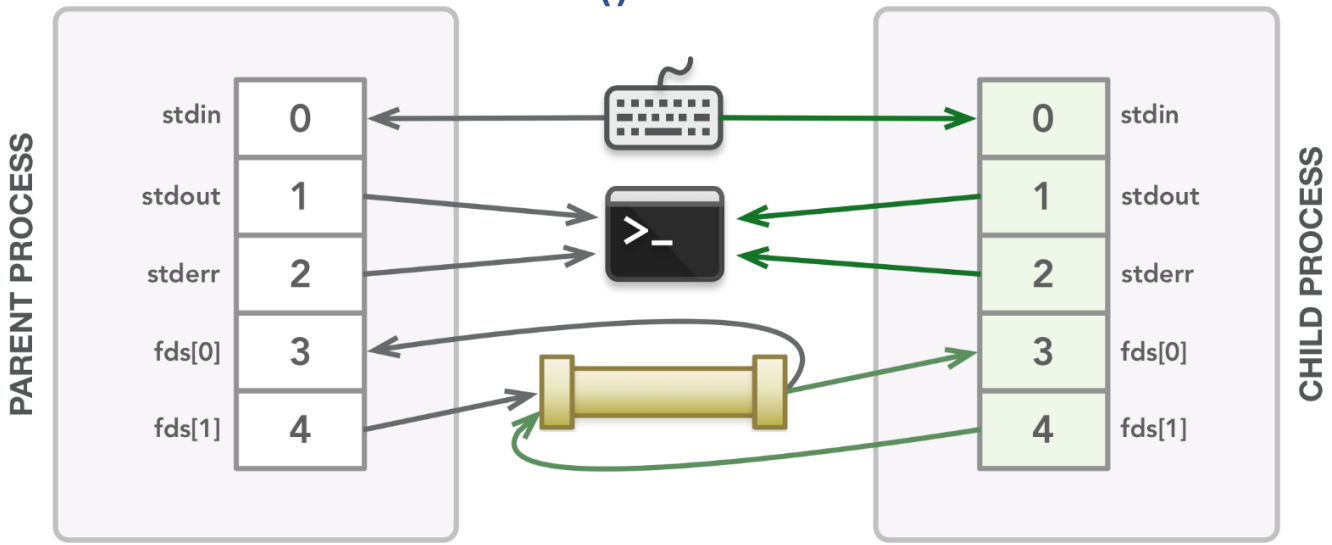
1. לפני pipe()



2. אחרי pipe()

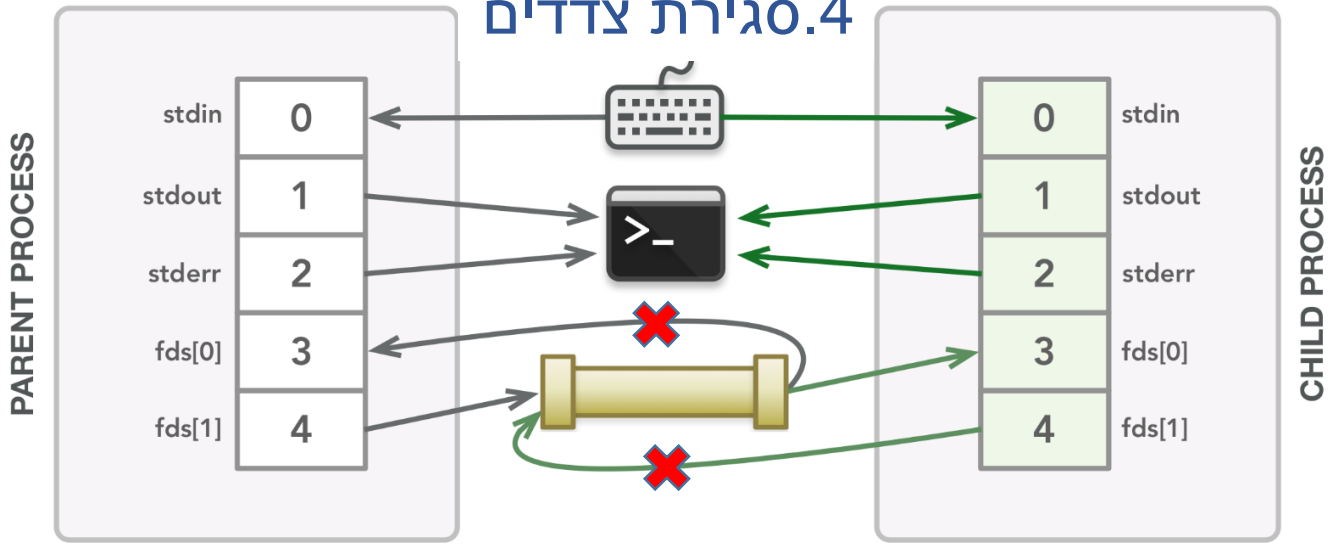


3. אחרי fork()

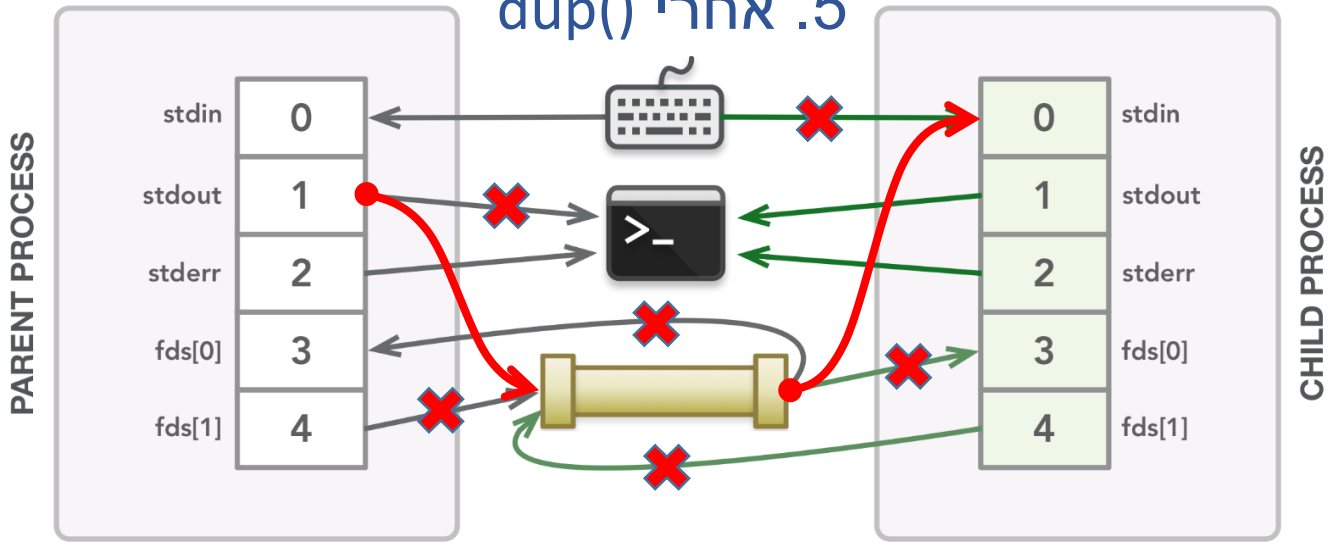


שימוש ב- pipe לחיבור מסננים

4.סגירת צדדים



5. אחרי dup()



פתרון:

- נעתיק באמצעות dup את ה- file descriptors (מצביעים) של ה- pipe ל- file descriptors של stdin ו- stdout.

קורא יבצע:

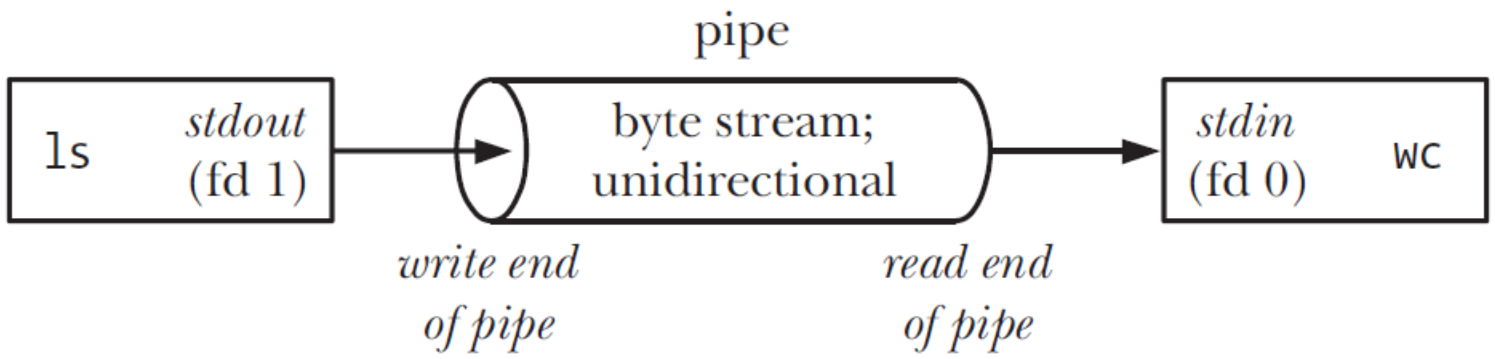
```
dup2(3,0);
close(3);
```

כותב יבצע:

```
dup2(4,1);
close(4);
```

ניתוב הפלט של ls לקלט של wc

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    int fd[2]; // Pipe file descriptors
    if (pipe(fd) == -1) // ... error
    switch (fork()) {
        case -1: // ... error
        case 0:  // First child: exec 'ls'
            if (close(fd[0]) == -1) // ... error
            if (dup2(fd[1], STDOUT_FILENO) == -1) // ... error
            if (close(fd[1]) == -1)  // ... error
            execlp("ls", "ls", NULL); // Writes to pipe
        default: // Parent falls through to create next child
            break;
    }
```

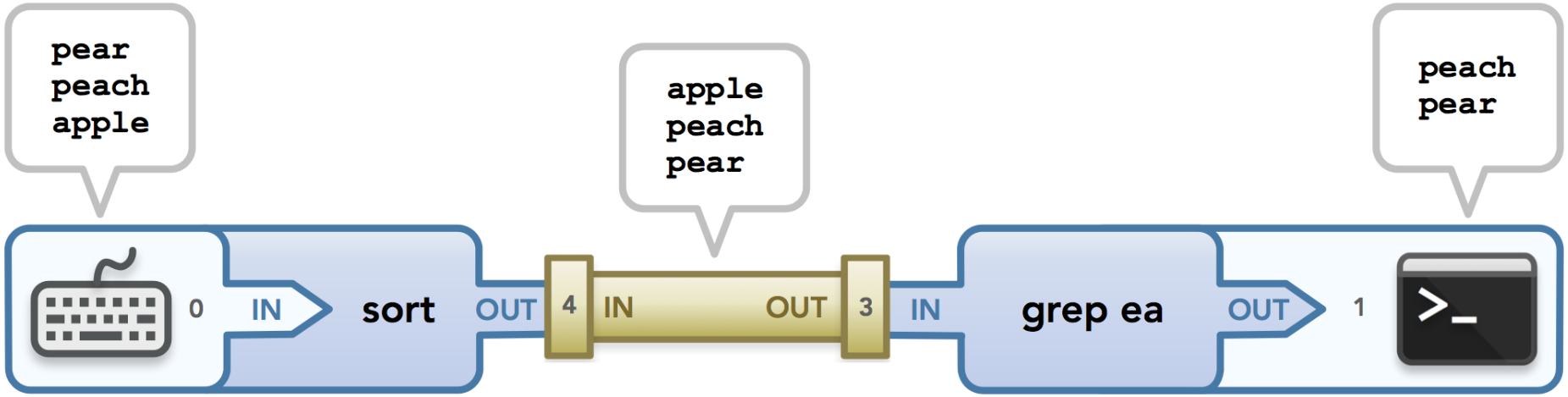


ניתוב הפלט של ls לקלט של wc

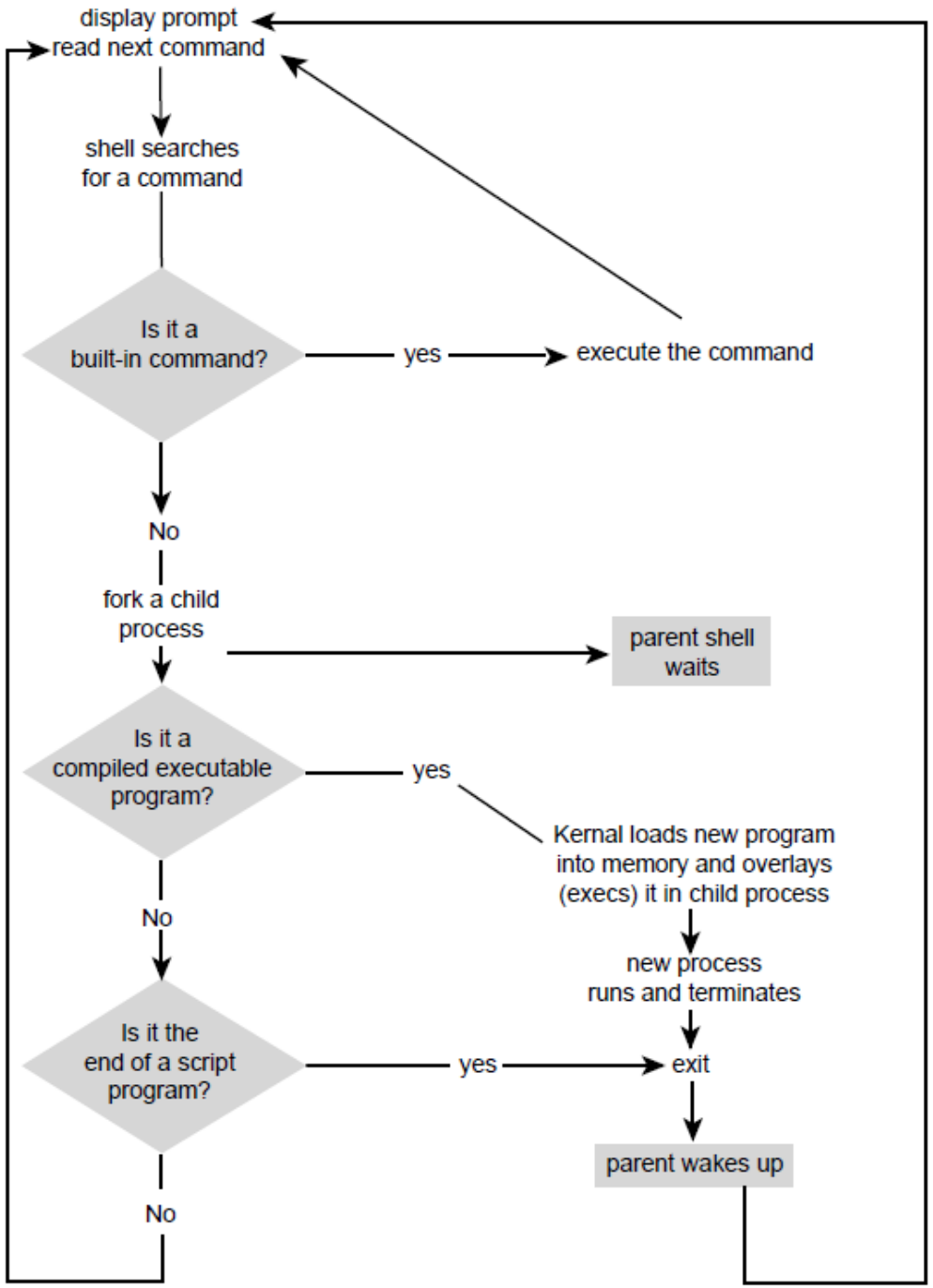
```
    switch (fork()) {
        case -1: // ... error
        case 0:  // Second child: exec 'wc'
            if (close(fd[1]) == -1) // ... error
            if (dup2(fd[0], STDIN_FILENO) == -1) // ... error
            if (close(fd[0]) == -1) // ... error
            execlp("wc", "wc", "-l", NULL); // Reads from pipe
        default: // Parent falls through
            break;
    }
    if (wait(NULL) == -1) // Parent waits for child
    if (wait(NULL) == -1) // Parent waits for child
}
```

ניתוב קלט ופלט ב- shell

- ">" מנתב את הפלט של הפקודה לקובץ במקום למסך: `ls -l > temp`
- ">>" מוסיף את הפלט של הפקודה לקובץ: `ls -l >> temp`
- "<" הפקודה קוראת מקובץ במקום לקרוא מהמקלדת: `wc -l < myfile`
- "|" מנתב את הפלט של פקודה לקלט של פקודה אחרת: `sort | grep ea`
- הסימן "|" נקרא pipe, ה- shell מממש את "|" באמצעות pipe של יוניקס.



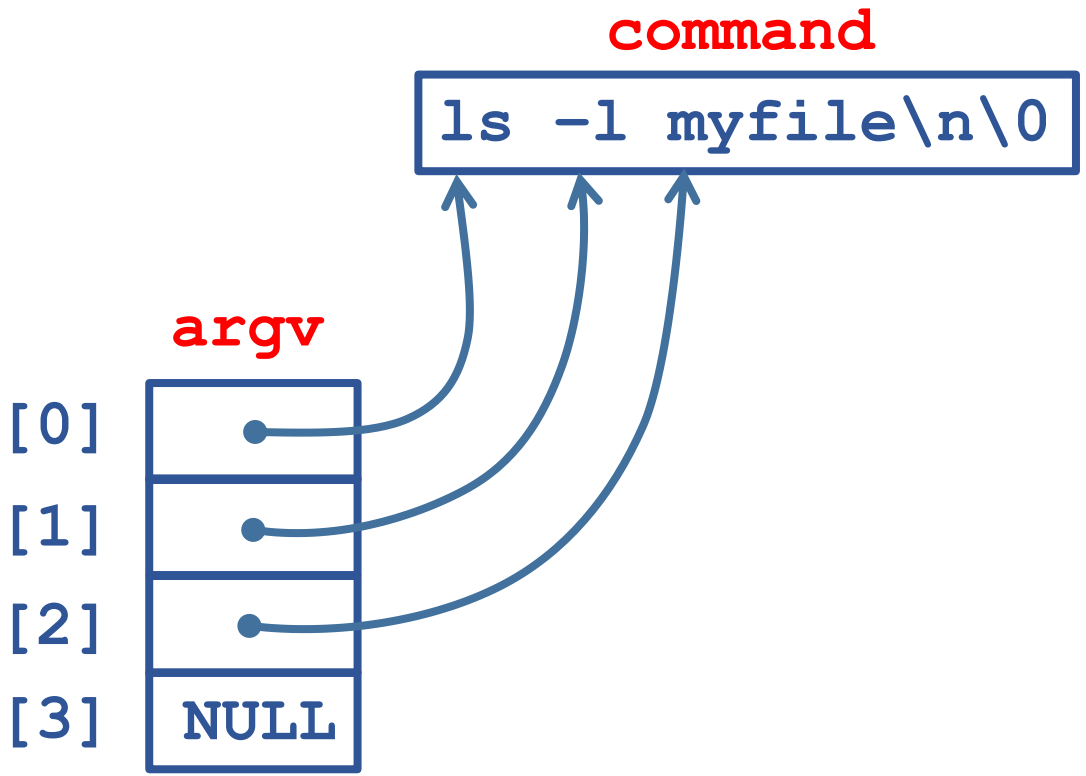
מבנה Shell




```
while (TRUE) {
    display_prompt();
    read_command();
    pid = fork();
    /* Parent */
    if (pid > 0) /* Parent */
        /* wait for child */
        wait(&status);
    else    /* Child */
        /* Execute Command */
        exec(command);
}
```

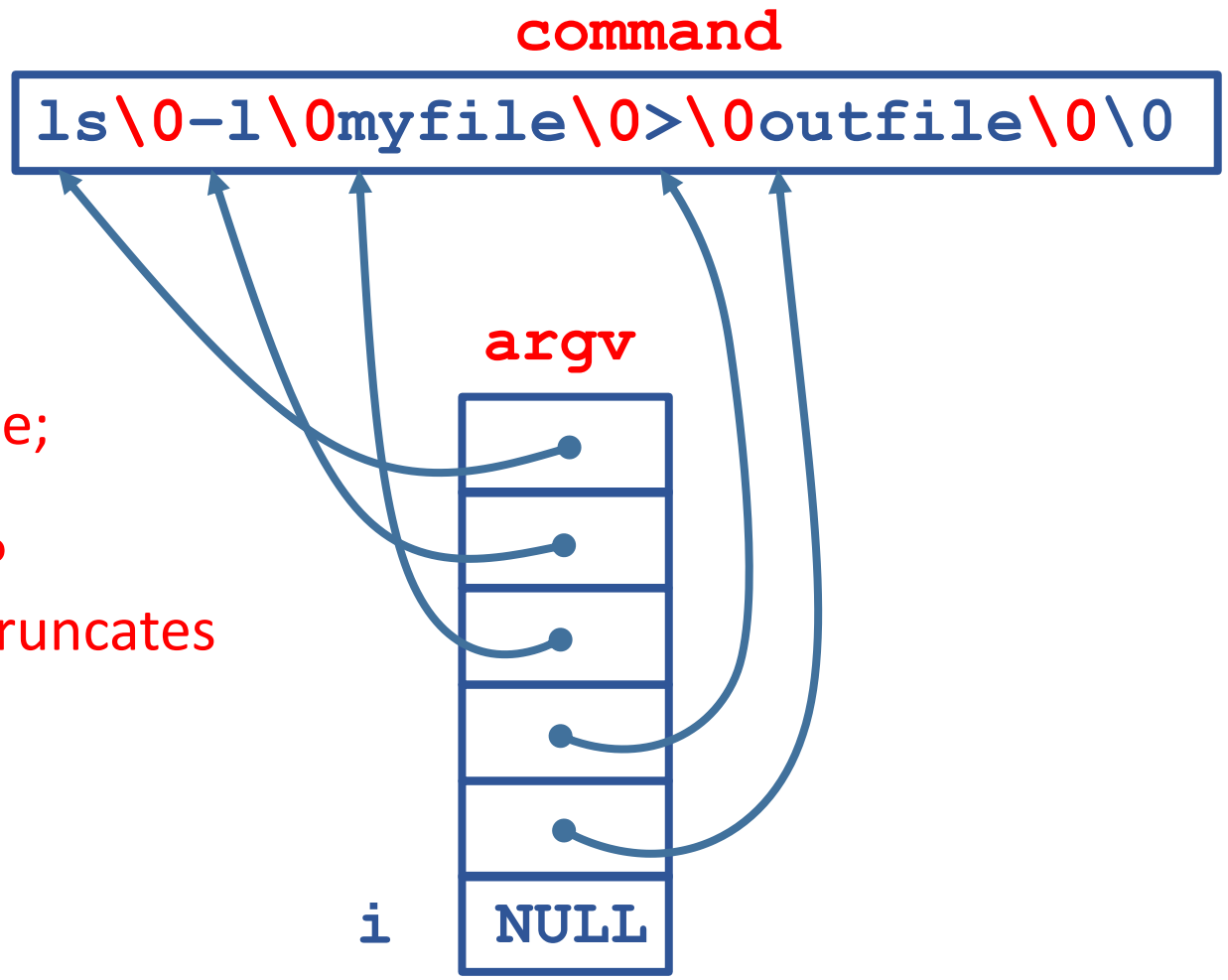
shell עם ניתוב פלט

```
int main() {
  char *argv[10]; char command[1024]; char *token, *outfile; int i, fd, redirect;
while (1) {
    printf("hello: ");
    fgets(command, 1024, stdin);
    command[strlen(command) - 1] = '\0';
    i = 0;
    // parse command line
    token = strtok (command," ");
    while (token != NULL) {
      argv[i] = token;
      token = strtok (NULL, " ");
      i++;
    }
    argv[i] = NULL;
    if (argv[0] == NULL) // Is command empty
      continue;
```



shell עם ניתוב פלט

```
  if (i > 1 && ! strcmp(argv[i - 2], ">")) { // redirection of output ?
    redirect = 1;
    argv[i - 2] = NULL;
    outfile = argv[i - 1];
  }
  else
    redirect = 0;
  // put here internal commands; continue;
  if (fork() == 0) { // child
    if (redirect) { // redirection of output ?
      fd = creat(outfile, 0660); // if exists truncates
      dup2(fd, STDOUT_FILENO);
      close(fd);
    }
    execvp(argv[0], argv);
  }
  wait(); // parent waits for child
} // end while(1)
```



FIFO - pipe שיש לו שם

- ה- pipe שראינו הוא חסר שם (אנונימי) ומאפשר תקשורת בין הורה וילד.
- FIFO הוא pipe שיש לו שם במערכת הקבצים ומאפשר תקשורת בין תהליכים זרים.
- כדי לכתוב או לקרוא מ- FIFO, פותחים אותו כמו קובץ על ידי open.
- אבל כדי ליצור FIFO צריך להשתמש בקריאת המערכת **mkfifo** או בפקודה **mkfifo**.

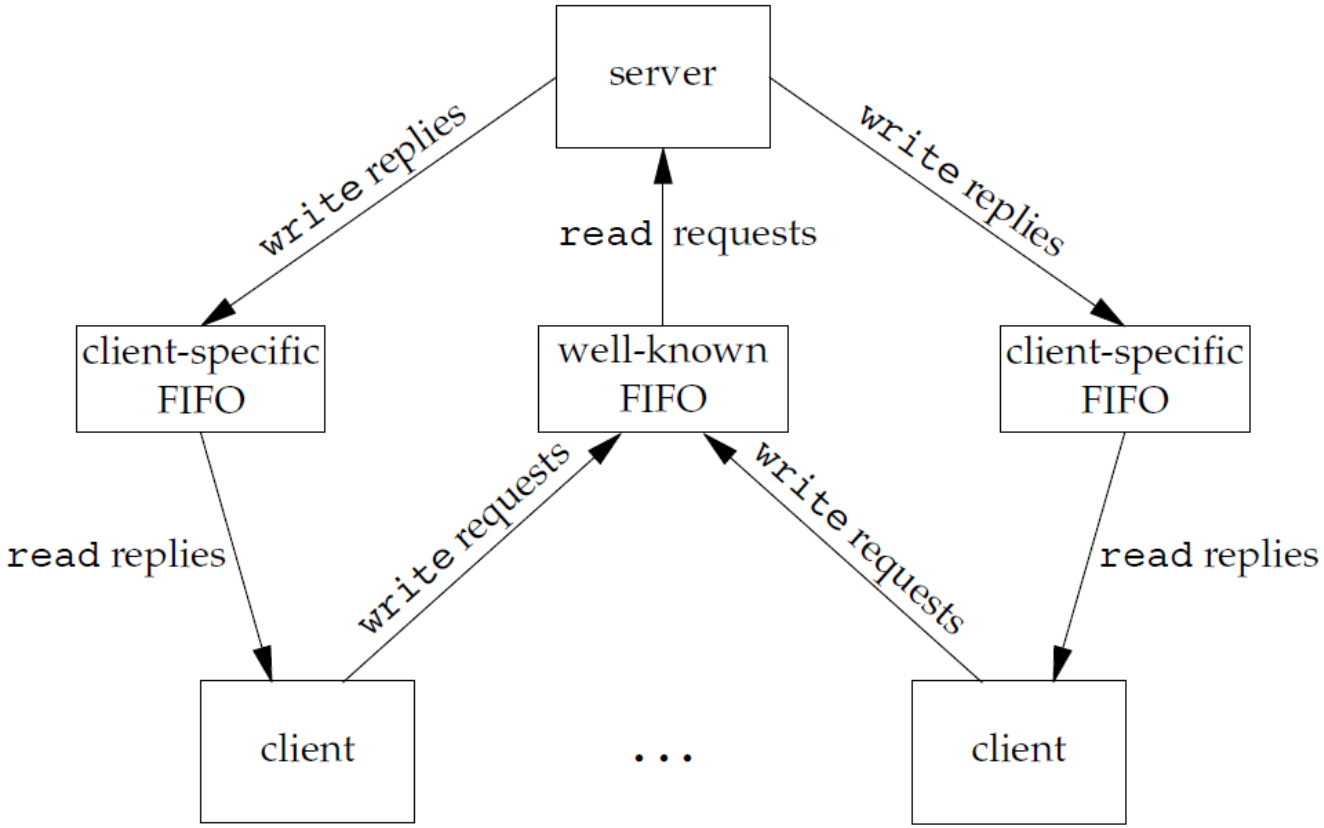
```
int mkfifo(
    const char *path, // pathname
    mode_t perms      // permissions
);
```

- פתיחת FIFO לקריאה תעביר את התהליך להמתנה עד שתהליך אחר יפתח לכתיבה וכן להפך.

FIFO

```
int main() { // writer
char *line = "testing named pipe";
int fd;
mkfifo("myfifo", S_IRUSR | S_IWUSR); // create fifo
fd = open("myfifo", O_WRONLY); // open named pipe
write (fd, line, strlen(line)); // write to pipe
close (fd);
}
int main() { // reader
char buf[128];
int fd = open("myfifo", O_RDONLY);
read(fd, buf, 128);
printf ("%s\n", buf);
close (fd);
}
```

מערכת שרת-לקוח (client–server) עם FIFO



- אם רוצים ליצור במחשב המקומי מערכת שבה יש תהליך שנותן שרות, ותהליכים אחרים מקבלים את השרות, אפשר להשתמש ב- FIFO.
- השרת ייצור FIFO במקום ידוע במערכת הקבצים, הלקוחות יכתבו לשם בקשות שרות בצרוף זיהוי הלקוח.
- את התשובות השרת לא יכול לכתוב ב- FIFO אחד כי אז לקוח יוכל לקרוא תשובה של לקוח אחר.
- לפיכך כל לקוח ייצור FIFO וישלח את מקומו לשרת, התשובה לאותו לקוח תשלח לשם.