

```
Sep 19 14:20:18 amd64 sshd[20494]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 61557
Sep 19 14:27:41 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[29278]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 20 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[30103]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 20 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 12:46:44 amd64 sshd[6516]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62004
Sep 20 12:46:44 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 12:48:41 amd64 sshd[6609]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62105
Sep 20 12:54:44 amd64 sshd[6694]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62514
Sep 20 15:27:35 amd64 sshd[9077]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64242
Sep 20 15:27:35 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 16:37:11 amd64 sshd[10102]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63375
Sep 20 16:37:11 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 16:38:01 amd64 sshd[10102]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 6354
Sep 21 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[17055]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 21 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[178]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 21 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 17:42:26 amd64 sshd[31288]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64391
Sep 21 17:43:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 17:53:39 amd64 sshd[31269]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64391
Sep 21 18:43:26 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 19:43:26 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 22 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[4674]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 22 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 22 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[5499]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 22 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 22 20:23:21 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[24739]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'severity=DEBUG')
Sep 23 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[25555]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 23 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 18:04:05 amd64 sshd[6554]: Accepted publickey for esser from ::ffff:192.168.1.5 port 59771 ssh2
Sep 23 18:04:05 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 18:04:34 amd64 sshd[6606]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62093
Sep 24 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[12436]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 24 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[13253]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 24 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 11:15:48 amd64 sshd[20998]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64456
Sep 24 11:15:48 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 13:49:08 amd64 sshd[23197]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 61330
Sep 24 13:49:08 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 15:42:07 amd64 kernel: snd_seq_midi_event: unsupported module, tainting kernel.
Sep 24 15:42:07 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 15:42:07 amd64 kernel: snd_seq_oss: unsupported module, tainting kernel.
Sep 24 20:25:31 amd64 sshd[29399]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62566
Sep 24 20:25:31 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 01:00:02 amd64 /usr/sbin/cron[662]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 25 01:00:02 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[1484]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 25 02:00:02 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 10:59:25 amd64 sshd[8889]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64183
Sep 25 10:59:25 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 10:59:47 amd64 sshd[8921]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64253
Sep 25 11:30:02 amd64 sshd[9372]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62029
Sep 25 11:59:25 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 14:05:37 amd64 sshd[11554]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62822
Sep 25 14:05:37 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 14:06:10 amd64 sshd[11586]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62951
Sep 25 14:07:17 amd64 sshd[11608]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63392
Sep 25 14:08:33 amd64 sshd[11630]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63709
Sep 25 15:25:33 amd64 sshd[12930]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62778
```

# 6. Fortgeschrittene I/O

# Fortgeschrittene I/O

- File Descriptors für Standard-I/O
- Standard-Eingabe und -ausgabe umleiten, `dup ( )`, `dup2 ( )`
- Pipes
- Offene Dateien und `exec ( )`
- I/O Multiplexing mit `select ( )`
- Memory Mapped Files: `mmap ( )`

# File Descriptors für Standard-I/O

- Jeder (normale) Prozess besitzt beim Start drei Datei-Deskriptoren für
  - Standardeingabe (`STDIN`, 0)
  - Standardausgabe (`STDOUT`, 1)
  - Standardfehlerausgabe (`STDERR`, 2)
- Zugriff darauf mit `read` / `write` wie bei anderen Dateien möglich, z. B.
  - `read (STDIN_FILENO, &buf, len)`: lesen aus Terminal
  - `write (STDOUT_FILENO, &buf, len)`: schreiben auf Terminal

# dup2 ( )

- dup2 ( ) leitet einen File Descriptor auf einen anderen um:
- dup2 ( fd1, fd2 );
  - schließt die mit fd2 verbundene Datei
  - Ein-/ Ausgabe-Anforderungen, die an fd2 geschickt werden, landen in fd1

```
#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>
int main () {
    int fd = creat ("/tmp/out.txt", S_IRUSR | S_IWUSR);
    dup2 (fd, 1);    // stdout -> /tmp/out.txt umleiten
    printf ("Hallo, Test\n");
    return 0;
};
```

# dup2 ( )

- `stderr` auf `stdout` umleiten:

```
dup2 (1, 2);
```

-

# dup ( )

- dup ( ) kopiert einen File Descriptor und verwendet für die Kopie den kleinsten freien fd:
- `int fd2 = dup (fd1);`
  - Ein-/ Ausgabe-Anforderungen, die an fd2 geschickt werden, landen in fd1

```
#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>
int main () {
    int fd;
    fd = creat ("/tmp/out.txt", S_IRUSR | S_IWUSR);
    close (1); // stdout schliessen
    dup (fd); close (fd); // stdout -> /tmp/out.txt
    printf ("Hallo, Test\n");
    return 0;
};
```

# Pipes

- aus der Shell bekannt:
  - Verknüpfung von Std-Ausgabe eines Prozesses mit Std-Eingabe eines weiteren
  - `prog1 | prog2`
- In C-Programmen: `pipe()` und Umleiten der File Descriptors für `stdin` bzw. `stdout`
- erzeugt zwei File Descriptors für (gemeinsame) Pipe: mit dem ersten „Ende“ lesen, mit dem zweiten schreiben

# Pipes

- Implementierung der Shell-Funktion `prog1 | prog2`:
  - `pipe(fds), fork()`
  - im 1. Kind:
    - `dup2(fds[1], 1)` (stdout)
    - `fds[0], fds[1]` schließen, `exec()`
  - `fork()`
  - im 2. Kind:
    - `dup2(fds[0], 0)` (stdin)
    - `fds[0], fds[1]` schließen, `exec()`
  - `fds[0], fds[1]` schließen, `2x wait()`



# Pipes in C: 2 Prozesse

```
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
#include <stdio.h>

// implements: ls -al | grep a.out

int main () {
    int pipe_fds[2];
    int pipe_read_fd, pipe_write_fd,
        pid1, pid2;

    pipe (pipe_fds);
    pipe_read_fd = pipe_fds[0];
    pipe_write_fd = pipe_fds[1];

    // child 1
    pid1 = fork ();
    if (pid1 == 0) {
        // pipe stuff: stdout -> fds[1]
        close (pipe_read_fd);
        dup2 (pipe_write_fd, 1);
        close (pipe_write_fd);
        // run first program
        execlp ("ls", "ls", "-al", NULL);
    }
}
```

```
// child 2
pid2 = fork ();
if (pid2 == 0) {
    // pipe stuff: stdin -> fds[0]
    close (pipe_write_fd);
    dup2 (pipe_read_fd, 0);
    close (pipe_read_fd);
    // run second program
    execlp ("grep", "grep", "a.out", NULL);
}

// parent
close (pipe_read_fd);
close (pipe_write_fd);
wait (NULL);
wait (NULL);
};
```

# Pipes in C: 3 Prozesse

```
// ls -al | grep a.out | tr rwx RWX

#define CLOSE_ALL_PIPES \
    close (pipe1_read_fd); \
    close (pipe1_write_fd); \
    close (pipe2_read_fd); \
    close (pipe2_write_fd);

int main () {
    int pipe1_fds[2], pipe2_fds[2];
    int pipe1_read_fd, pipe1_write_fd,
        pipe2_read_fd, pipe2_write_fd,
        pid1, pid2, pid3;
    pipe (pipe1_fds); pipe (pipe2_fds);
    pipe1_read_fd = pipe1_fds[0];
    pipe1_write_fd = pipe1_fds[1];
    pipe2_read_fd = pipe2_fds[0];
    pipe2_write_fd = pipe2_fds[1];

    // child 1
    pid1 = fork ();
    if (pid1 == 0) {
        // pipe stuff: stdout -> fds1[1]
        dup2 (pipe1_write_fd, 1);
        CLOSE_ALL_PIPES;
        // run first program
        execlp ("ls", "ls", "-al", NULL);
    }
}
```

```
// child 2
pid2 = fork ();
if (pid2 == 0) {
    // pipe stuff: stdin -> fds1[0]
    // pipe stuff: stdout -> fds2[1]
    dup2 (pipe1_read_fd, 0);
    dup2 (pipe2_write_fd, 1);
    CLOSE_ALL_PIPES;
    // run second program
    execlp ("grep", "grep", "a.out", NULL);
}

// child 3
pid3 = fork ();
if (pid3 == 0) {
    // pipe stuff: stdin -> fds2[0]
    dup2 (pipe2_read_fd, 0);
    CLOSE_ALL_PIPES;
    // run third program
    execlp ("tr", "tr", "rwx", "RWX", NULL);
}

// parent
CLOSE_ALL_PIPES;
wait (NULL); wait (NULL); wait (NULL);
};
```

# Offene Dateien und `exec()`

- Geöffnete Dateien „überleben“ den Programmaufruf mit `exec()`
- Deswegen funktioniert auch das Pipelining
- Prozess kann durch Blick in `/proc/self/fd` herausfinden, welche Dateien geöffnet sind (nur Linux)
- Alternative auf mehr Unix-Systemen: `/dev/fd/`

# Offene Dateien und exec()

```
// openexec1.c
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>

int main () {
    int fd;
    char s[]="Test von open und exec\n";
    fd = open ("out.txt", O_CREAT | O_TRUNC | O_RDWR);
    write (fd, s, sizeof(s)); lseek (fd, 0, SEEK_SET);
    printf ("openexec1: Opened file, fd = %d\n", fd);
    printf ("openexec1: exec()-ing openexec2\n");
    execl ("./openexec2", "openexec2", NULL);
}
```

```
// openexec2.c
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main () {
    char buf[100];
    int fd = 3; // magic: file 3 is open...
    if (read (fd, &buf, 100) == -1) {
        perror("openexec2"); exit(0);
    };
    printf ("openexec2: reading from file...\n");
    printf ("%s", (char*)&buf);
}
```

```
[esser@lx:tmp]$ ./openexec2
openexec2: Bad file descriptor
[esser@lx:tmp]$ ./openexec1
openexec1: Opened file, fd = 3
openexec1: exec()-ing openexec2
openexec2: reading from file...
Test von open und exec
```

# I/O Multiplexing

- Szenario:
  - mehrere offene Pipes
  - wenn auf einer Pipe „neue Eingabe“ erscheint, soll sie bearbeitet werden
  - Problem: `read ()` blockiert, wenn keine Daten vorhanden sind
- Lösung:
  - nicht-blockierende I/O mit `select()`

# I/O Multiplexing: select()

- `select(maxfd, &fdset1, &fdset2, &fdset3, &timeout)`
  - erhält Menge(n) von File Descriptors (`fdset1`: zum Lesen, `fdset2`: zum Schreiben, `fdset3`: mit Fehlern)
  - kehrt zurück, sobald einer davon bereit zum Lesen ist (oder der Timeout erreicht wurde)
  - vor jedem Aufruf `fdset` initialisieren:

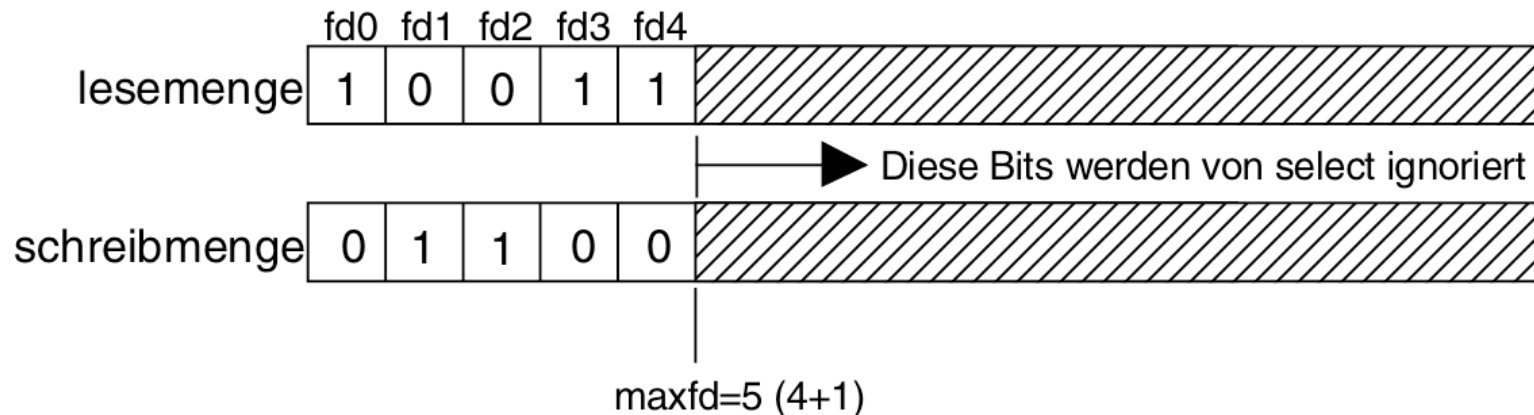
```
FD_ZERO (&fdset);  
FD_SET (fd, &fdset); // für jeden fd
```
  - nach Rückkehr aus `select()` prüfen:

```
if (FD_ISSET(fd, &fdset)) read (fd, ...);
```
  - `maxfd`: (größter `fd`)+1

# I/O Multiplexing: select()

Beispiel (aus H. Herold: Linux/Unix Systemprogrammierung)

```
fd_set lesemenge, schreibmenge;  
FD_ZERO(&lesemenge);  
FD_ZERO(&schreibmenge);  
FD_SET(0, &lesemenge);      // stdin  
FD_SET(3, &lesemenge);  
FD_SET(4, &lesemenge);  
FD_SET(1, &schreibmenge);   // stdout  
FD_SET(2, &schreibmenge);   // stderr  
select(5, &lesemenge, &schreibmenge, NULL, NULL);
```



Grafik: H. Herold

# I/O Multiplexing: `select()`

- `select ( )` **schläft**, bis I/O bereit ist bzw. Timer abläuft
- Als Timeout kann auch ein Null-Pointer übergeben werden, dann wartet `select ( )` unendlich lange auf I/O
- Wird 0 als Timeout gesetzt, lässt sich hiermit **Polling** implementieren



# Test-Szenario

```
sh1$ mkfifo /tmp/1
sh1$ mkfifo /tmp/2
sh1$ cat > /tmp/1
a
a
a
```

---

```
sh2$ cat > /tmp/2
b
b
b
b
b
```

---

```
sh3$ ./fifotest
fifo 1: a
fifo 2: b
fifo 1: a
fifo 2: b
fifo 1: a
fifo 2: b
```

```
// fifotest.c
#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>
#include <string.h>

int main () {
    int fd1, fd2, count;
    char buf[100];
    fd1 = open ("/tmp/1", O_RDONLY);
    fd2 = open ("/tmp/2", O_RDONLY);

    // abwechselnd aus /tmp/1, /tmp/2 lesen
    for (;;) {
        memset (buf, 0, 100);
        count = read (fd1, &buf, 100);
        if (count>0) printf ("fifo 1: %s", buf);
        memset (buf, 0, 100);
        count = read (fd2, &buf, 100);
        if (count>0) printf ("fifo 2: %s", buf);
    }
}
```

Aufrufe von `read( )` blockieren

# mit select

```
sh1$ mkfifo /tmp/1
sh1$ mkfifo /tmp/2
sh1$ cat > /tmp/1
a
a
a
```

---

```
sh2$ cat > /tmp/2
b
b
b
b
b
```

---

```
sh3$ ./fifotest
fifo 1: a
fifo 1: a
fifo 2: b
fifo 2: b
fifo 1: a
fifo 2: b
fifo 2: b
fifo 2: b
```

```
#include <stdio.h>      #include <fcntl.h>
#include <string.h>     #include <sys/select.h>

int main () {
    int fd1, fd2, count; char buf[100];
    fd_set fds; struct timeval tv; int retval;

    fd1 = open ("/tmp/1", O_RDONLY);
    fd2 = open ("/tmp/2", O_RDONLY);
    tv.tv_sec = 1; tv.tv_usec = 0; // timeout: 1 sec

    // nach Bedarf aus /tmp/1, /tmp/2 lesen
    for (;;) {
        FD_ZERO (&fds);
        FD_SET (fd1, &fds); FD_SET (fd2, &fds);
        retval = select (fd2+1, &fds, NULL, NULL, &tv);
        if (retval == -1) perror ("select");
        if (retval == 0) continue;

        if (FD_ISSET (fd1, &fds)) { // Daten in fd1?
            memset (buf, 0, 100);
            count = read (fd1, &buf, 100);
            if (count>0) printf ("fifo 1: %s", buf);
        }

        if (FD_ISSET (fd2, &fds)) { // Daten in fd2?
            memset (buf, 0, 100);
            count = read (fd2, &buf, 100);
            if (count>0) printf ("fifo 2: %s", buf);
        }
    }
}
```

# `select ( )` für Sockets

- Häufiger wird dieses Multiplexing für Netzwerk-Sockets (→ evtl. später) verwendet
- Sockets werden mit `socket ( )` statt `open ( )` geöffnet, aber man kann auch diese mit `read ( )` und `write ( )` ansprechen
- Sockets haben einen Socket Descriptor `sd`, der sich wie ein File Descriptor `fd` nutzen lässt

# Alternative: `O_NONBLOCK`

- Dateien können auch mit Option `O_NONBLOCK` geöffnet werden, dann blockieren `read( )`-Aufrufe nicht

```
fd1 = open ( "/tmp/1", O_RDONLY | O_NONBLOCK );  
fd2 = open ( "/tmp/2", O_RDONLY | O_NONBLOCK );  
...
```

- Nachteil: Permanentes Polling mehrerer Dateien (ohne neue Daten) verbraucht unnötig Rechenzeit

# Memory Mapped Files

- Der Inhalt einer Datei kann in den (virtuellen) Prozessspeicher eingeblendet werden

- Aufruf:

```
fd = open (filename, ...);  
char* addr;  
addr = mmap (NULL, len, prot, flags, fd, offset);
```

- **prot:**
  - PROT\_EXEC: Pages may be executed.
  - PROT\_READ: Pages may be read.
  - PROT\_WRITE: Pages may be written.
  - PROT\_NONE: Pages may not be accessed.
- **flags:**
  - MAP\_SHARED: Share this mapping. Updates to the mapping are visible to other processes that map this file [...]
  - MAP\_PRIVATE: Create a private copy-on-write mapping. [...]

# Memory Mapped Files

- `mmap ( )` sucht freien Speicherbereich (im virtuellen Adressraum) für das Mapping
- Zugriff auf Speicheradressen in diesem Bereich wird zu Dateizugriff
- Häufig eingesetzt bei Datei, die aus gleich großen Datensätzen besteht:

statt

```
lseek (fd, i*recsize, ...); read (fd, &buf);
```

Direktzugriff mit `f [ i ]`