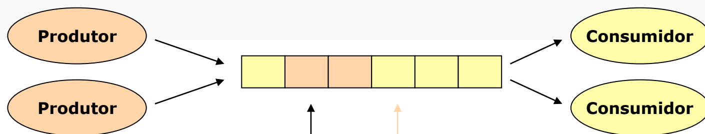
Comunicação entre Processos

Canal de comunicação
Arquitectura da comunicação
Modelos de comunicação

Necessidade da Comunicação

- A sincronização entre processos permitiu que diversas actividades possam cooperar na execução de um algoritmo.
- Contudo, logo se alertou para o facto de em muitas situações a cooperação implicar para além da sincronização a transferência de informação
- A comunicação entre processos ou IPC de InterProcess Communication é um dos aspectos do modelo computacional do sistema operativo que maior importância tem na programação de aplicações

Exemplo de Cooperação entre Processos: Produtor - Consumidor



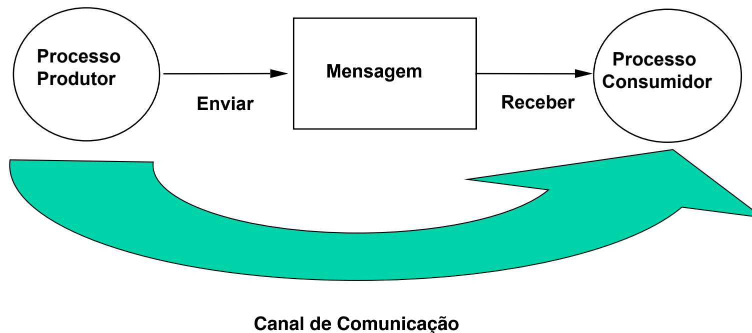
Optimização: Permite produzir e consumir ao mesmo tempo em partes diferentes do buffer

```
int buf[N];
int prodptr=0, consptr=0;
trinco_t trinco_p, trinco_c;
semaforo_t pode_prod = criar_semaforo(N),
           pode_cons = criar_semaforo(0);

produtor()
{
  while(TRUE) {
    int item = produz();
    esperar(pode_prod);
    fechar(trinco_p);
    buf[prodptr] = item;
    prodptr = (prodptr+1) % N;
    abrir(trinco_p);
    assinalar(pode_cons);
  }
}

consumidor()
{
  while(TRUE) {
    int item;
    esperar(pode_cons);
    fechar(trinco_c);
    item = buf[consptr];
    consptr = (consptr+1) % N;
    abrir(trinco_c);
    assinalar(pode_prod);
    consome(item);
  }
}
```


Comunicação entre Processos

- Para interactuarem os processos necessitam de sincronizar-se e de trocar dados
  - Generalização do modelo de interacção entre processos em que para além da sincronização existe transferência de informação
  - A transferência de informação é suportada por um canal de comunicação disponibilizado pelo sistema operativo
- Protocolo e estrutura das mensagens
  - Os processos que comunicam necessitam de estabelecer a estrutura das mensagens trocadas, bem como o protocolo que rege a troca das mesmas
  - Normalmente o sistema operativo considera as mensagens como simples sequências de octetos
  - Numa visão OSI podemos ver estes mecanismo como correspondendo às camadas de Transporte e Sessão

Comunicação entre Processos



- generalização do modelo de cooperação entre processos

Exemplos

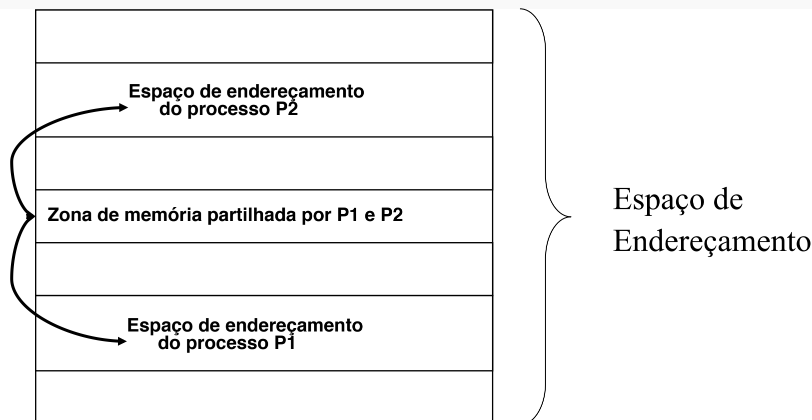
- A comunicação entre processos pode realizar–se no âmbito:
  - de uma única aplicação,
  - uma máquina
  - Entre máquinas interligadas por uma redes de dados
- Ex.. Outlook e exchange, servidores de base de dados, WWW, FTP, Telnet, SSH, MAIL, P2P

Como implementar comunicação entre processos?

Implementação do Canal de Comunicação

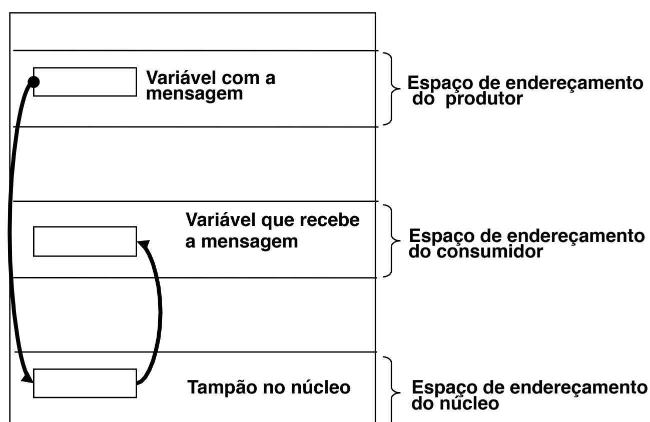
- Para implementar o canal de comunicação é fundamental definir como são transferidos os dados entre os espaços de endereçamento dos processos
- O canal de comunicação pode ser implementado com dois tipos de mecanismos:
  - **Memória partilhada**: os processos acedem a uma zona de memória que faz parte do espaço de endereçamento dos processos comunicantes
  - **Transferidos através do núcleo do sistema operativo**; os dados são sempre copiados para o núcleo antes de serem transferidos

Arquitectura da Comunicação: memória partilhada



Espaço de Endereçamento

Arquitectura da Comunicação: cópia através do núcleo



Comparação

- A memória partilhada pode ser considerada como uma extensão à gestão da memória virtual, permitindo ultrapassar os mecanismos de protecção dos espaços de endereçamento
  - Num sistema paginado corresponde a acrescentar uma tabela de páginas que descreve a região de memória partilhada
- A comunicação no núcleo é semelhante a gestão de outros objectos do sistema em particular os ficheiros
  - Na execução da chamada sistema `Enviar` a mensagem é copiada para o núcleo e na chamada `Receber` é copiada do núcleo para o espaço de endereçamento do processo.

Departamento de Engenharia Informática

Memória Partilhada

- `Apont = CriarRegião (Nome, Tamanho)`
- `Apont = AssociarRegião (Nome)`
- `EliminarRegião (Nome)`

São necessários mecanismos de sincronização para:

- **Garantir exclusão mútua sobre a zona partilhada**
- **Sincronizar a cooperação dos processos produtor e consumidor (ex. produtor-consumidor ou leitores-escritores)**

Objecto de Comunicação do Sistema

- `IdCanal = CriarCanal(Nome)`
- `IdCanal = AssociarCanal (Nome)`
- `EliminarCanal (IdCanal)`
- `Enviar (IdCanal, Mensagem, Tamanho)`
- `Receber (IdCanal, *Buffer, TamanhoMax)`

Não são necessários mecanismos de sincronização adicionais porque são implementados pelo núcleo do sistema operativo

Comparação: memória partilhada vs. cópia através do núcleo

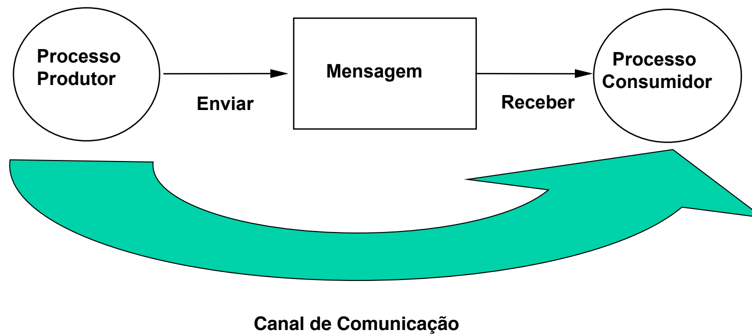
- Memória partilhada:
  - mecanismo mais eficiente
  - a sincronização tem de ser explicitamente programada
  - programação complexa
- Objecto de Comunicação Sistema:
  - velocidade de transferência limitada pelas duas cópias da informação e pelo uso das chamadas sistema para Enviar e Receber
  - sincronização implícita
  - fácil de utilizar

O resto do capítulo foca-se em **canais com cópia através do núcleo**

Modelo do canal de comunicação

- Um canal de comunicação é um objecto do sistema operativo que tem pelo menos a seguinte interface funcional
  – Criar e Eliminar
  – Associar - criar uma sessão
  – Enviar (mensagem)
  – Receber (*mensagem)

Comunicação entre Processos



- generalização do modelo de cooperação entre processos

Características do Canal

- Nomes dos objectos de comunicação
- Tipo de ligação entre o emissor e o receptor
- Estrutura das mensagens
- Capacidade de armazenamento
- Sincronização
  - no envio
  - na recepção
- Segurança – protecção envio/recepção
- Fiabilidade

Ligação

- Antes de usar um canal de comunicação um processo tem se saber se existe e depois indicar ao sistema que se pretende associar
- Este problema decompõe-se em dois
  - Nomes dos canais de comunicação
  - Funções de associação e respectivo controlo de segurança

Nomes dos objectos de comunicação

- Podemos ter duas soluções para os nomes
- Dar nomes explícitos aos canais
  - o espaço de nomes é gerido pelo sistema operativo e pode assumir diversas formas (cadeias de caracteres, números inteiros, endereços estruturados, endereços de transporte das redes)
    - Enviar (IdCanal, mensagem)
    - Receber (IdCanal, *buffer)
  - É o mais frequente e muitas vezes baseia-se na gestão de nomes do sistema de ficheiros
- Os processos terem implicitamente associado um canal de comunicação
  - o canal é implicitamente identificado usando os identificadores dos processos
    - Enviar (IdProcessoConsumidor, mensagem)
    - Receber (IdProcessoProdutor, *buffer)
  - Pouco frequente – ex.: enviar mensagens para janelas em Windows

Ligação – função de associação

- Para usar um canal já existente um processo tem de se lhe associar
- Esta função é muito semelhante ao *open* de um ficheiro
- Tal como no *open* o sistema pode validar os direitos de utilização do processo, ou seja, se o processo pode enviar (escrever) ou receber (ler) mensagens

Sincronização

- Sincronização (envio de mensagem):
  - **assíncrona** – o cliente envia o pedido e continua a execução
  - **síncrona** (rendez-vous) – o cliente fica bloqueado até que o processo servidor leia a mensagem
  - **cliente/servidor** – o cliente fica bloqueado até que o servidor envie uma mensagem de resposta
- Sincronização (recepção de mensagem):
  - bloqueante na ausência de mensagens, a mais frequente
  - Testa se há mensagens e retorna
- Capacidade de Armazenamento de Informação do canal
  - um canal pode ou não ter capacidade para memorizar várias mensagens
  - o armazenamento de mensagens num canal de comunicação permite desacoplar os ritmos de produção e consumo de informação, tornando mais flexível a sincronização

Estrutura da informação trocada

- Fronteiras das mensagens
  - mensagens individualizadas
  - sequência de octetos (*byte stream*, vulgarmente usada nos sistemas de ficheiros e interfaces de E/S)
- Formato
  - Opacas para o sistema - simples sequência de octetos
  - Estruturada - formatação imposta pelo sistema
  - Formatada de acordo com o protocolo das aplicações

Direccionalidade da comunicação

- A comunicação nos canais pode ser unidireccional ou bidireccional
  - Unidireccional o canal apenas permite enviar informação num sentido que fica definido na sua criação
    - Normalmente neste tipo de canais são criados dois para permitir a comunicação bidireccional. Ex.: *pipes*
  - Bidireccional o canal permite enviar mensagens nos dois sentidos
    - Ex.: *sockets*

Resumo do Modelo Computacional

- IDCanal = **CriarCanal** (Nome, Dimensão)
- IDCanal = **AssociarCanal** (Nome, Modo)
- **EliminarCanal** (IDCanal)
- **Enviar** (IDCanal, Mensagem, Tamanho)
- **Receber** (IDCanal, buffer, TamanhoMax)

Modelos de Comunicação

Modelos de Comunicação

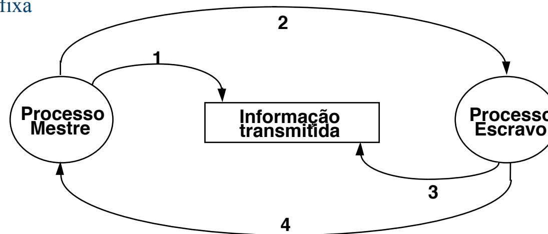
- Com as funções do modelo computacional poderíamos criar qualquer tipo de estrutura de comunicação entre os processos.
- Contudo existem algumas que, por serem mais frequentes, correspondem a padrões que os programadores utilizam ou que o sistema operativo oferece directamente como canais nativos

Modelos de Comunicação

- Um-para-Um (fixo)- Mestre/escravo:
  - O processo consumidor (escravo) tem a sua acção totalmente controlada por um processo produtor (mestre)
  - A ligação entre produtor consumidor é fixa
- Um-para-Muitos - Difusão:
  - Envio da mesma informação a um conjunto de processos consumidores
- Muitos-para-Um (caixa de correio, canal sem ligação):
  - Transferência assíncrona de informação (mensagens), de vários processos produtores, para um canal de comunicação associado a um processo consumidor
  - Os produtores não têm qualquer controlo sobre os consumidores/receptores
- Um-para-Um de vários (diálogo, canal com ligação):
  - Um processo pretende interactuar com outro, negoceiam o estabelecimento de um canal dedicado, mas temporário, de comunicação entre ambos. Situação típica de cliente servidor
- Muitos-para-Muitos
  - Transferência assíncrona de informação (mensagens) de vários processos produtores para um canal de comunicação associado a múltiplos processos consumidor

Comunicação Mestre-Escravo

- o mestre não necessita de autorização para utilizar o escravo
- a actividade do processo escravo é controlada pelo processo mestre
- a ligação entre emissor e receptor é fixa



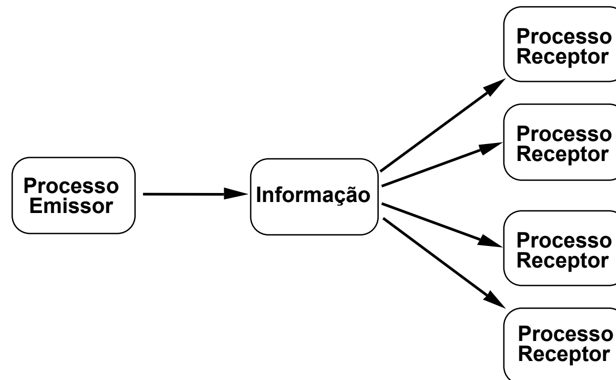
- Etapas:
  - 1 - informação para o processo escravo
  - 2 - assinalar ao escravo a existência de informação para tratar
  - 3 - leitura e eventualmente escrita de informação para o processo mestre
  - 4 - assinalar ao mestre o final da operação

Mestre Escravo com Memória Partilhada

```
#define DIMENSAO 1024
char* adr;
int Mest, Esc;
semaforo SemEscravo, SemMestre;

main() {
  SemEscravo = CriarSemaforo(0);
  SemMestre = CriarSemaforo(0);
  Mest = CriarProcesso(Mestre);
  Esc  = CriarProcesso(Escravo);
}
```

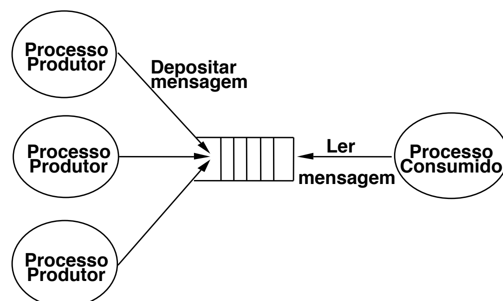
```
void Mestre () {
   adr = CriarRegiao ("MemPar", DIM);
   for (; ;) {
      ProduzirInformação();
      EscreverInformação();
      Assinalar (SemEscravo);
      /* Outras acções */
      Esperar (SemMestre);
   }
}
void Escravo() {
   adr = AssociarRegiao ("MemPar", DIM);
   for (; ;) {
      Esperar (SemEscravo);
      TratarInformação();
      Assinalar (SemMestre);
   }
}
```

Difusão da Informação



Correio (canal sem ligação)

- os processos emissores não controlam directamente a actividade do receptor ou receptores
- a ligação efectua-se indirectamente através das caixas de correio não existe uma ligação directa entre os processos
- a caixa de correio permite memorizar as mensagens quando estas são produzidas mais rapidamente do que consumidas




```
idCC = CriarCCorreio (Nome, parametros)
idCC = AssociarCCorreio (Nome, modo)
       EliminarCCorreio (Nome)
```

Programação da Caixa de Correio

cliente

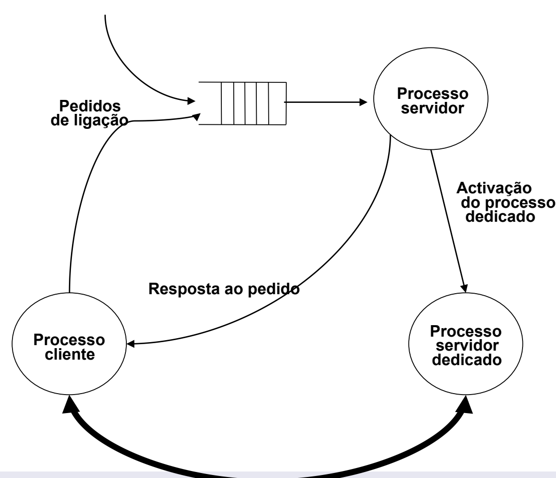
```
#define NMax 10

typedef char TMensagem[NMax];
IdCC CCliente, CServidor;
TMensagem Mens;

/* Cria a mensagem de pedido do serviço o qual
   contém  o identificador da caixa de correio de resposta */
void PreencheMensagem(TMensagem MS) { }

/* Processa a mensagem de resposta */
void ProcessaResposta(TMensagem MS) { }

void main() {
   CCliente=CriarCorreio("Cliente");
   CServidor=AssociarCorreio("Servidor");

   for (;;) {
      PreencheMensagem (Mens);
      Enviar (CServidor, Mens);
      Receber (CCliente, Mens);
      ProcessaReposta (Mens);
   }
}
```

servidor

```
#define NMAX  10
#define NCNome  64

typedef char TMensagem[NMAX];
typedef char Nome[NCNome];
IdCC CResposta, CServidor;
TMensagem Mens;
Nome NomeCliente;

/* Trata a mensagem e devolve o nome da caixa de
   correio do cliente enviada na mensagem inicial */
void TrataMensagem (TMensagem Ms, Nome NomeCliente) { }

void main () {
  Cservidor=CriarCorreio("Servidor");

  for (;;) {
     Receber (Cservidor, Mens);
     TrataMensagem (Mens, NomeCliente);
     CResposta=AssociarCCorreio (NomeCliente);
     Enviar (CResposta, Mens);
     EliminarCC(CResposta);
  }
}
```


Canal com ligação
Modelo de Diálogo

- **É estabelecido um canal de comunicação entre o processo cliente e o servidor**
- **O servidor pode gerir múltiplos clientes, mas dedica a cada um deles uma actividade independente**
- **O servidor pode ter uma política própria para atender os clientes**



Diálogo

Servidor
- Primitiva para Criação de Canal

```
IdCanal = CriarCanal (Nome);
```

- Primitivas para Aceitar/Desligar/Eliminar Ligações

```
IdCanal= AceitarLigacao (IdCanServidor);
Desligar (IdCanal);
Eliminar (Nome);
```

Cliente
- Primitivas par Associar/Desligar ao Canal

```
IdCanal:= PedirLigacao (Nome);
Desligar (IdCanal);
```


Modelo de Diálogo - Canal com ligação

Cliente

```
IdCanal Canal;
int Ligado;

void main() {
  while (TRUE) {
     Canal=PedirLigacao("Servidor");
     Ligado = TRUE;

    while (Ligado) {
                ProduzInformacao(Mens);
                Enviar(Canal, Mens);
                Receber(Canal, Mens);
                TratarInformacao(Mens);
     }
     TerminarLigacao(Canal);
  }
  exit(0);
}
```

Servidor

```
IdCanal CanalServidor, CanalDialogo;

void main() {
   CanalPedido=CriarCanal("Servidor");

   for (;;) {
      CanalDialogo=AceitarLigacao(CanalPedido);
      CriarProcesso(TrataServico, CanalDialogo);
   }
}
```

Muitos-para-muitos

- Transferência assíncrona de informação (mensagens) de vários processos produtores para um canal de comunicação associado a múltiplos processos consumidor

Unix– Modelo Computacional - IPC

pipes
sockets
IPC sistema V

Mecanismos de Comunicação em Unix

- No Unix houve uma tentativa de uniformização da interface de comunicação entre processos com a interface dos sistemas de ficheiros.
- Para perceber os mecanismos de comunicação é fundamental conhecer bem a interface com o sistema de ficheiros.

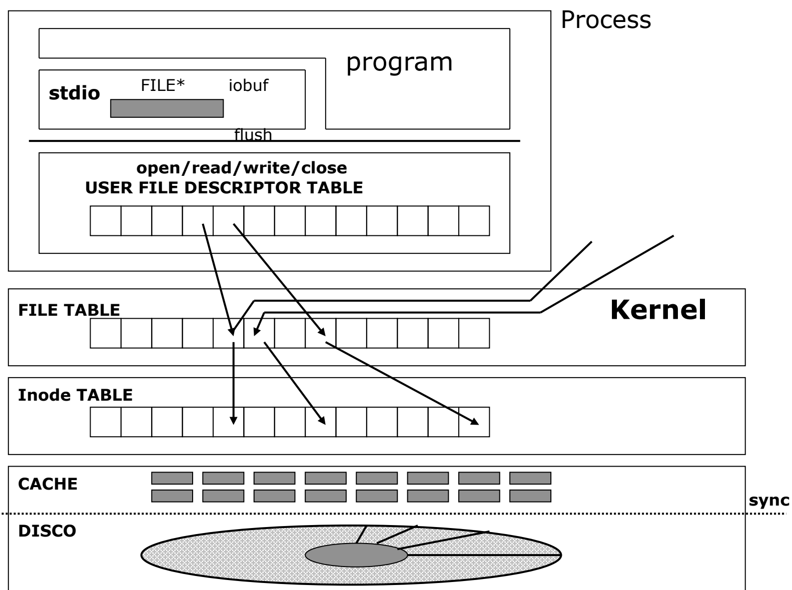
Sistema de Ficheiros

- Sistema de ficheiros hierarquizado
- Tipos de ficheiros:
  - Normais – sequência de octetos (bytes) sem uma organização em registos (records)
  - Ficheiros especiais – periféricos de E/S, pipes, sockets
  - Ficheiros directório
- Quando um processo se começa a executar o sistema abre três ficheiros especiais
  - `stdin` – input para o processo (fd – 0)
  - `stdout` – Output para o processo (fd – 1)
  - `stderr` – periférico para assinalar os erros (fd – 2)
- Um file descriptor é um inteiro usado para identificar um ficheiro aberto (os valores variam de zero até máximo dependente do sistema)

Sistema de Ficheiros

```
main (argc, argv)
int argc;
char *argv[];
{
    int origem, destino, n;
    char tampao[1024];

    origem = open (argv[1], O_RDONLY);
    if (origem == -1) {
        printf ("Nao consigo abrir %s \n",argv[1]);
        exit(1);
    }
    destino = creat (argv[2], 0666);
    if (destino == -1) {
        printf ("Nao consigo criar %s \n", argv[2]);
        exit(1);
    }
    while ((n = read (origem, tampao, sizeof(tampao))) > 0)
        write (destino, tampao, n);
    exit(0);
}
```


Sistema de Ficheiros UNIX

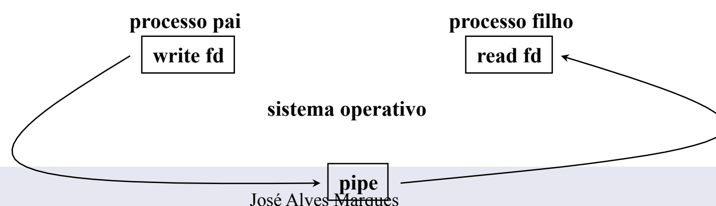


IPC no UNIX

- Mecanismo inicial:
  - pipes
- Extensão dos pipes:
  - pipes com nome
- Evolução do Unix BSD 4.2:
  - sockets
- Unix sistema V:
  - regiões de memória partilhada
  - semáforos
  - caixas de correio

Pipes

- Mecanismo original do Unix para para comunicação entre processos.
- Têm uma interface idêntica à dos ficheiros
- Constitui um dos conceitos unificadores na estrutura do interpretador de comandos
- Canal (*byte stream*) ligando dois processos
- Permite um fluxo de informação unidireccional, um processo escreve num pipe e o correspondente lê na outra extremidade – modelo um para um
- Não tem nome lógico associado
- As mensagens são sequências de bytes de qualquer dimensão



Pipes (2)

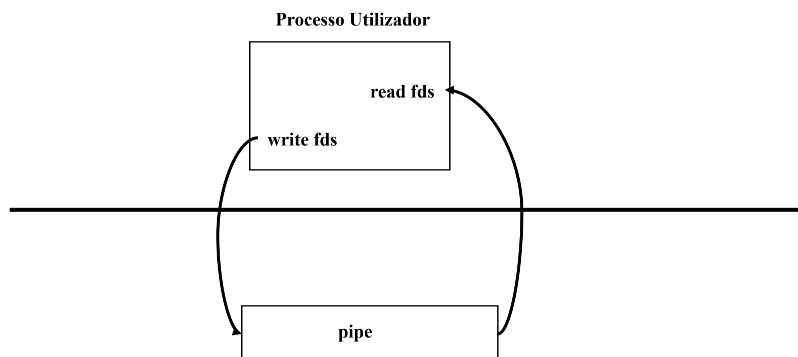
```
int pipe (int *fds);

   fds[0] - descritor aberto para leitura
   fds[1] - descritor aberto para escrita
```

- Os descritores de um pipe são análogos ao dos ficheiros
- As operações de read e write sobre ficheiros são válidas para os pipes
- Os descritores são locais a um processo podem ser transmitidos para os processos filhos através do mecanismo de herança
- O processo fica bloqueado quando escreve num pipe cheio
- O processo fica bloqueado quando lê de um pipe vazio

Pipes (3)

```
char msg[] = "utilizacao de pipes";

 main() {
    char tampao[1024];
    int fds[2];

    pipe(fds);

    for (;;) {
       write (fds[1], msg, sizeof (msg));
       read (fds[0], tampao, sizeof (msg)));
    }
 }
```

Pipes (4)



Comunicação pai-filho

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

#define TAMSG 100
char msg[] = "mensagem de teste";
char tmp[TAMSG];

main() {
   int fds[2], pid_filho;

   if (pipe (fds) < 0) exit(-1);
   if (fork () == 0) {
/* lê do pipe */
      read (fds[0], tmp, sizeof (msg));
      printf ("%s\n", tmp);
      exit (0);
```

```
}
  else {
      /* processo pai */
      /* escreve no pipe */
    write (fds[1], msg, sizeof (msg));
    pid_filho = wait();
   }
}
```

Redirecção de Entradas/saídas

DUP – System Call

NAME
dup - duplicate an open file descriptor

SYNOPSIS
```
#include <unistd.h>
int dup(int fildes);
```

DESCRIPTION
The dup() function returns a new file descriptor having the following in common with the original open file descriptor fildes:
- same open file (or pipe)
- same file pointer (that is, both file descriptors share one file pointer)
- same access mode (read, write or read/write)

The new file descriptor is set to remain open across exec functions (see fcntl(2)).
The file descriptor returned is the lowest one available.
The dup(fildes) function call is equivalent to: fcntl(fildes, F_DUPFD, 0)

Departamento de Engenharia Informática

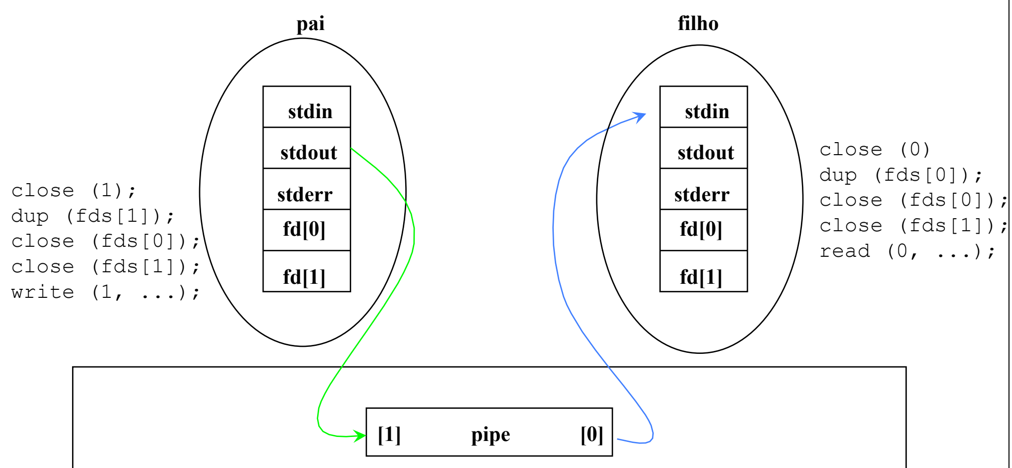
Redireccionamento de Entradas/Saídas

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

#define TAMSG 100
char msg[] = "mensagem de teste";
char tmp[TAMSG];

main() {
   int fds[2], pid_filho;

   if (pipe (fds) < 0) exit(-1);
   if (fork () == 0) {
   /* processo filho */
   /* liberta o stdin (posição zero) */
      close (0);

/* redirecciona o stdin para o pipe de
  leitura */
       dup (fds[0]);
```

```
/* fecha os descritores não usados pelo
  filho */
      close (fds[0]);
      close (fds[1]);

/* lê do pipe */
      read (0, tmp, sizeof (msg));
      printf ("%s\n", tmp);
      exit (0);
   }
   else {
      /* processo pai */
      /* escreve no pipe */
    write (fds[1], msg, sizeof (msg));
    pid_filho = wait();
   }
}
```


Departamento de Engenharia Informática

Redireccionamento de Entradas/Saídas (2)

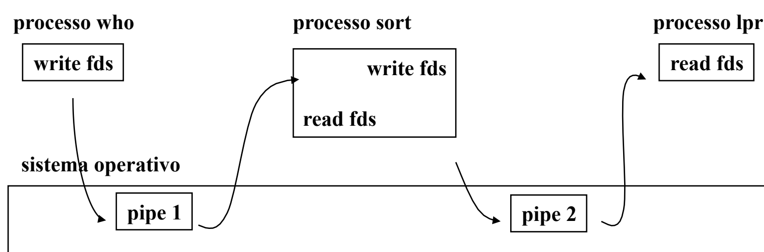



```
close (1);
dup (fds[1]);
close (fds[0]);
close (fds[1]);
write (1, ...);
```

```
close (0)
dup (fds[0]);
close (fds[0]);
close (fds[1]);
read (0, ...);
```

Redireccionamento de Entradas/Saídas no Shell

exemplo:
who | sort | lpr



popen

NAME
popen, pclose - initiate a pipe to or from a process

SYNOPSIS

```
#include <stdio.h>
FILE *popen(const char *command, const char *mode);
int pclose(FILE *stream);
```

DESCRIPTION

The popen() function creates a pipe between the calling program and the command to be executed. The arguments to popen() are pointers to null-terminated strings. The command argument consists of a shell command line.

The mode argument is an I/O mode, either r for reading or w for writing. The value returned is a stream pointer such that one can write to the standard input of the command, if the I/O mode is w, by writing to the file stream (see intro (3)); and one can read from the standard output of the command, if the I/O mode is r, by reading from the file stream. Because open files are shared, a type r command may be used as an input filter and a type w as an output filter.

The environment of the executed command will be as if a child process were created within the popen() call using fork(). The child is invoked with the call: execl("/usr/bin/ksh", "ksh", "-c", command, (char *)0); otherwise, the child is invoked with the call:

A stream opened by popen() should be closed by pclose(), which closes the pipe, and waits for the associated process to terminate and returns the termination status of the process running the command language interpreter.

popen (1)

```
EXAMPLE
     The following program will print on the standard output (see
   stdio(3S))  the names of files in the current
     directory with a .c suffix.

     #include <stdio.h>
     #include <stdlib.h>
     main() {
             char *cmd = "/usr/bin/ls *.c";
             char buf[BUFSIZ];
             FILE *ptr;

             if ((ptr = popen(cmd, "r")) != NULL)
               while (fgets(buf, BUFSIZ, ptr) != NULL)
                                    printf("%s", buf);
             return 0;
     }
```


popen (2)

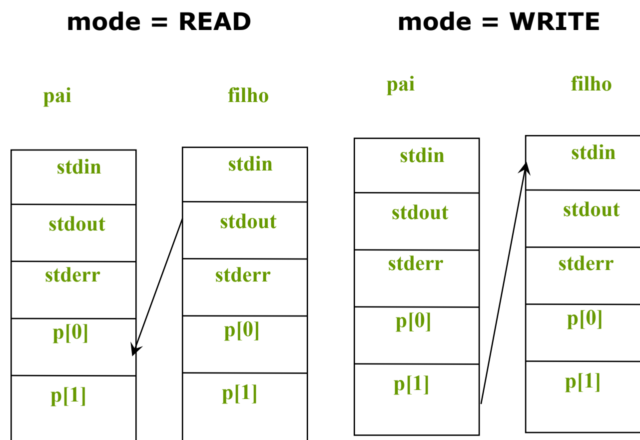
mode = READ | **mode =WRITE**

```
#include <stdio.h>

#define READ 0
#define WRITE 1
#define tst (a,b) (mode == READ ? (b) : (a))
static int popen_pid;

FILE *popen (char* cmd, int mode) {
  int p[2];
  if (pipe(p) < 0) return (NULL);

  if ((popen_pid = fork()) == 0) }
    close ( tst (p[WRITE], p[READ])); ------------------ close ( p[0]);  ---------------------- close (p[1]);
    close ( tst (0, 1)); ---------------------------------------- close (1); ------------------------- close (0);
    dup ( tst (p[READ], p[WRITE])); ------------------- dup (p[1]); ------------------------- dup (p[0]); ----------
    close ( tst (p[READ], p[WRITE])); ----------------- close (p[1]); ----------------------- close (p[0]);
    execl ("/bin/sh", "sh", "-c", cmd, 0);
    exit (1);
  }
  if (popen_pid == -1) return (NULL);
  close ( tst (p[READ], p[WRITE])); ------------------- close (p[1]); ------------------------ close (p[0]);
  return ( tst (p[WRITE], p[READ])); ----------------- return (p[0]); ---------------------- return (p[1]); -------
}
```

o filho lê o que o pai envia

o pai envia para o filho os argumentos do comando

popen (3)



Named Pipes ou FIFO

- Para dois processos (que não sejam pai e filho) comunicarem é preciso que o pipe seja identificado por um nome
- Atribui-se um nome lógico ao pipe. **O espaço de nomes usado é o do sistema de ficheiros**
- Um named pipe comporta-se externamente como um ficheiro, existindo uma entrada na directoria correspondente
- Um named pipe pode ser aberto por processos que não têm qualquer relação hierárquica

Named Pipes

- um named pipe é um canal :
  - unidireccional
  - interface sequência de caracteres (byte stream)
  - um processo associa-se com a função open
  - é eliminado com a função unlink
  - o envio de informação é efectuado com a função write
  - a leitura da informação é efectuada com a função read
- A função mknod ou mkfifo permite criar ficheiros com características especiais e serve para criação dos named pipes.

```
int mknod (char *pathname, int mode)
```



```
/* Cliente */
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#define TAMMSG  1000

void produzMsg (char *buf) {
   strcpy (buf, "Mensagem de teste");
}

void trataMsg (buf) {
  printf ("Recebeu: %s\n", buf);
}

main() {
   int fcli, fserv;
   char buf[TAMMSG];

   if ((fserv = open ("/tmp/servidor",
  O_WRONLY)) < 0) exit  (-1);
     if ((fcli = open ("/tmp/cliente",
  O_RDONLY)) < 0) exit (-1);

   produzMsg (buf);
   write (fserv, buf, TAMMSG);
   read (fcli, buf, TAMMSG);
   trataMsg (buf);

  close (fserv);
  close (fcli);
}
```

```
/* Servidor */
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>

#define TAMMSG  1000

main () {
    int fcli, fserv, n;
    char buf[TAMMSG];

    unlink("/tmp/servidor");
    unlink("/tmp/cliente");

    if (mkfifo ("/tmp/servidor", 0777) < 0)
   exit (-1);
    if (mkfifo ("/tmp/cliente", 0777) < 0)
   exit (-1);

    if ((fserv = open ("/tmp/servidor",
   O_RDONLY)) < 0) exit  (-1);
    if ((fcli = open ("/tmp/cliente",
   O_WRONLY)) < 0) exit (-1);

    for (;;) {
        n = read (fserv, buf, TAMMSG);
        if (n <= 0) break;
        trataPedido (buf);
        n = write (fcli, buf, TAMMSG);
    }
    close (fserv);
    close (fcli);
    unlink("/tmp/servidor");
    unlink("/tmp/cliente");
}
```

Sockets

- Interface de programação para comunicação entre processos introduzida no Unix 4.2 BSD
- Objectivos:
  - independente dos protocolos
  - transparente em relação à localização dos processos
  - compatível com o modelo de E/S do Unix
  - eficiente

Domínio e Tipo de Sockets

- Domínio do socket - define a família de protocolos associada a um socket:
  - Internet: família de protocolos Internet
  - Unix: comunicação entre processos da mesma máquina
  - outros…
- Tipo do socket - define as características do canal de comunicação:
  - stream: canal com ligação, bidireccional, fiável, interface tipo sequência de octetos
  - datagram: canal sem ligação, bidireccional, não fiável, interface tipo mensagem
  - raw: permite o acesso directo aos níveis inferiores dos protocolos (ex: IP na família Internet)

Domínio e Tipo de Sockets (2)

- Relação entre domínio, tipo de socket e protocolo:

tipo \ domínio	AF_UNIX	AF_INET	AF_NS
SOCK_STREAM	SIM	TCP	SPP
SOCK_DGRAM	SIM	UDP	IDP
SOCK_RAW	-	IP	SIM
SOCK_SEQPACKET	-	-	SPP

Interface Sockets: definição dos endereços

```
/* ficheiro <sys/socket.h> */
struct sockaddr {
  u_short family; /* definição do dominio (AF_XX) */
  char sa_data[14]; /* endereço específico do dominio*/
};

/* ficheiro <sys/un.h> */
struct sockaddr_un {
  u_short family; /* definição do domínio (AF_UNIX) */
  char sun_path[108]; /* nome */
};
```

```
/* ficheiro <netinet/in.h> */
struct in_addr {
  u_long addr; /* Netid+Hostid */
};

struct sockaddr_in {
   u_short sin_family; /* AF_INET */
    u_short sin_port; /* número do porto - 16 bits*/
       struct in_addr sin_addr; /* Netid +Hostid */
  char sin_zero[8]; /* não utilizado*/
};
```

struct sockaddr_un

family
pathname (up to 108 bytes)

struct sockaddr_in

family
2-byte port
4-byte net ID, host ID
(unused)

Interface Sockets: criação de um socket e associação de um nome

- Criação de um socket:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
int socket (int dominio, int tipo, int protocolo);
```

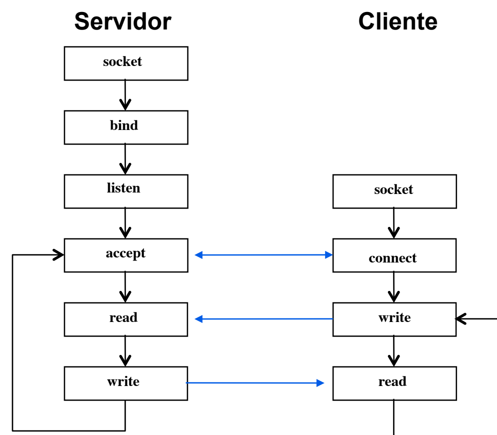
  - domínio: AF_UNIX, AF_INET
  - tipo: SOCK_STREAM, SOCK_DGRAM
  - protocolo: normalmente escolhido por omissão
  - resultado: identificador do socket (sockfd)
- Um socket é criado sem nome
- A associação de um nome (endereço de comunicação) a um socket já criado é feito com a chamada bind:

```
int bind(int sockfd, struct sockaddr *nome, int dim)
```


Sockets com e sem Ligação

- Sockets com ligação:
  - Modelo de comunicação tipo diálogo
  - Canal com ligação, bidireccional, fiável, interface tipo sequência de octetos
- Sockets sem ligação:
  - Modelo de comunicação tipo correio
  - Canal sem ligação, bidireccional, não fiável, interface tipo mensagem

Sockets com Ligação



Sockets com Ligação

- listen - indica que se vão receber ligações neste socket:
  - int listen (int sockfd, int maxpendentes)
- accept - aceita uma ligação:
  - espera pelo pedido de ligação
  - cria um novo socket
  - devolve:
    - identificador do novo socket
    - endereço do interlocutor
  - int accept(int sockfd, struct sockaddr *nome, int *dim)
- connect - estabelece uma ligação com o interlocutor cujo endereço é nome:
  - int connect (int sockfd, struct sockaddr *nome, int dim)

unix.h e inet.h

unix.h

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <sys/un.h>

#define UNIXSTR_PATH  "/
   tmp/s.unixstr"
#define UNIXDG_PATH   "/tmp/
   s.unixdgx"
#define UNIXDG_TMP    "/tmp/
   dgXXXXXXX"
```

inet.h

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <netdb.h>
#include <arpa/inet.h>

#define SERV_UDP_PORT  6600
#define SERV_TCP_PORT  6601
#define SERV_HOST_ADDR "193.136.128.20"
       /* endereço do servidor */
#define SERV_HOSTNAME  "mega"
      /* nome do servidor */
```


Exemplo

- Servidor de eco
- Sockets no domínio Unix
- Sockets com ligação

Cliente STREAM AF_UNIX

```
/* Cliente do tipo socket stream.
#include "unix.h"
main(void) {
   int sockfd, servlen;
   struct sockaddr_un serv_addr;

/* Cria socket stream */
   if ((sockfd= socket(AF_UNIX, SOCK_STREAM, 0) ) < 0)
        err_dump("client: can't open stream socket");
/* Primeiro uma limpeza preventiva */
   bzero((char *) &serv_addr, sizeof(serv_addr));
/* Dados para o socket stream: tipo + nome que
   identifica o servidor */
   serv_addr.sun_family = AF_UNIX;
   strcpy(serv_addr.sun_path, UNIXSTR_PATH);
   servlen = strlen(serv_addr.sun_path) + sizeof
   (serv_addr.sun_family);
```


Departamento de Engenharia Informática

Cliente STREAM AF_UNIX(2)

```
/* Estabelece uma ligação. Só funciona se o socket
  tiver sido criado e o nome associado*/

      if(connect(sockfd, (struct sockaddr *)
  &serv_addr,      servlen) < 0)
     err_dump("client: can't connect to server");

  /* Envia as linhas lidas do teclado para o socket
  */
   str_cli(stdin, sockfd);

  /* Fecha o socket e termina */
  close(sockfd);
  exit(0);
}
```

Cliente STREAM AF_UNIX (3)

```
#include <stdio.h>
#define MAXLINE 512

/*Lê string de fp e envia para
sockfd. Lê string de sockfd e envia
para stdout*/

str_cli(fp, sockfd)
FILE *fp;
int sockfd;
{
  int n;
  char sendline[MAXLINE],
  recvline[MAXLINE+1];

  while(fgets(sendline, MAXLINE, fp)
          != NULL) {
```

```
    /* Envia string para sockfd.
    Note-se que o \0 não é enviado */
    n = strlen(sendline);
    if (writen(sockfd, sendline, n) != n)
      err_dump("str_cli:written error on socket");

    /* Tenta ler string de sockfd.
    Note-se que tem de terminar a string com \0 */
    n = readline(sockfd, recvline, MAXLINE);
    if (n<0) err_dump("str_cli:readline error");
    recvline[n] = 0;

    /* Envia a string para stdout */
    fputs(recvline, stdout);
  }
  if (ferror(fp))
    err_dump("str_cli: error reading file");
}
```


Servidor STREAM AF_UNIX

```
/* Recebe linhas do cliente e reenvia-as para o cliente */
#include "unix.h"

main(void) {
   int sockfd, newsockfd, clilen, childpid, servlen;
   struct sockaddr_un cli_addr, serv_addr;

   /* Cria socket stream */
   if ((sockfd = socket(AF_UNIX,SOCK_STREAM,0) ) < 0)
        err_dump("server: can't open stream socket");
   /* Elimina o nome, para o caso de já existir.
   unlink(UNIXSTR_PATH);
   /* O nome serve para que os clientes possam identificar o servidor */
   bzero((char *)&serv_addr, sizeof(serv_addr));
   serv_addr.sun_family = AF_UNIX;
   strcpy(serv_addr.sun_path, UNIXSTR_PATH);
   servlen = strlen(serv_addr.sun_path) + sizeof(serv_addr.sun_family);
   if (bind(sockfd, (struct sockaddr *) &serv_addr, servlen) < 0)
        err_dump("server, can't bind local address");

   listen(sockfd, 5);
```

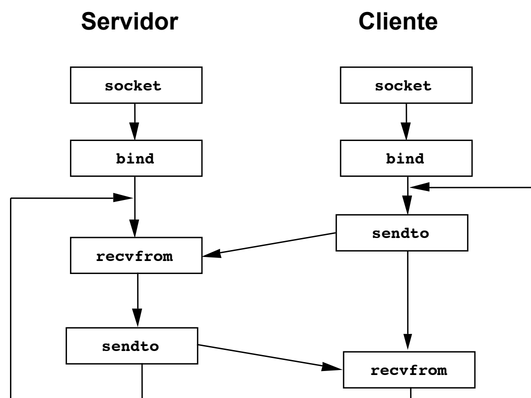
Servidor STREAM AF_UNIX (2)

```
  for (;;) {
    clilen = sizeof(cli_addr);
      newsockfd  =  accept(sockfd,(struct  sockaddr  *)  &cli_addr,
&clilen);
    if (newsockfd < 0) err_dump("server: accept error");

    /* Lança processo filho para tratar do cliente */
    if ((childpid = fork()) < 0) err_dump("server: fork error");
    else if (childpid == 0) {
      /* Processo filho.
      Fecha sockfd já que não é utilizado pelo processo filho
    Os dados recebidos do cliente são reenviados para o cliente */
      close(sockfd);
      str_echo(newsockfd);
      exit(0);
    }
    /* Processo pai. Fecha newsockfd que não utiliza */
    close(newsockfd);
  }
```


Servidor STREAM AF_UNIX (3)

```
#define MAXLINE 512
/* Servidor do tipo socket stream. Reenvia as linhas recebidas para o cliente*/

str_echo(int sockfd)
{
   int n;
   char line[MAXLINE];

   for (;;) {
      /* Lê uma linha do socket */
      n = readline(sockfd, line, MAXLINE);
      if (n == 0) return;
      else if (n < 0) err_dump("str_echo: readline error");

      /* Reenvia a linha para o socket. n conta com o \0 da string,
        caso contrário perdia-se sempre um caracter! */
      if (writen(sockfd, line, n) != n)
        err_dump("str_echo: writen error");
   }
}
```

Sockets sem Ligação



Departamento de Engenharia Informática

Sockets sem Ligação

- sendto: Envia uma mensagem para o endereço especificado

```
int sendto(int sockfd, char *mens, int dmens,
      int flag, struct sockaddr *dest, int *dim)
```

- recvfrom: Recebe uma mensagem e devolve o endereço do emissor

```
int recvfrom(int sockfd, char *mens, int dmens,
      int flag, struct sockaddr *orig, int *dim)
```

Cliente DGRAM AF_UNIX

```
#include "unix.h"
main(void) {
   int sockfd, clilen, servlen;
   char *mktemp();
   struct sockaddr_un cli_addr, serv_addr;

   /* Cria socket datagram */
   if(( sockfd = socket(AF_UNIX, SOCK_DGRAM, 0) ) < 0)
        err_dump("client: can't open datagram socket");
   /* O nome temporário serve para ter um socket para resposta do
   servidor */
   bzero((char *) &cli_addr, sizeof(cli_addr));
   cli_addr.sun_family = AF_UNIX;
   mktemp(cli_addr.sun_path);
   clilen = sizeof(cli_addr.sun_family) + strlen(cli_addr.sun_path);

   /* Associa o socket ao nome temporário */
   if (bind(sockfd, (struct sockaddr *) &cli_addr, clilen) < 0)
        err_dump("client: can't bind local address");
```


Cliente DGRAM AF_UNIX(2)

```
   /* Primeiro uma limpeza preventiva!
   bzero((char *) &serv_addr, sizeof(serv_addr));

   serv_addr.sun_family = AF_UNIX;
   strcpy(serv_addr.sun_path, UNIXDG_PATH);
   servlen=sizeof(serv_addr.sun_family) +
                 strlen(serv_addr.sun_path);

   /* Lê linha do stdin e envia para o servidor. Recebe a linha do
      servido e envia-a para stdout */
   dg_cli(stdin, sockfd, (struct sockaddr *) &serv_addr, servlen);

   close(sockfd);
   unlink(cli_addr.sun_path);
   exit(0);
}
```

Cliente DGRAM AF_UNIX (3)

```
#include <stdio.h>
#define MAXLINE 512

/* Cliente do tipo socket datagram.
   Lê string de fp e envia para sockfd.
   Lê string de sockfd e envia para stdout */

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

dg_cli(fp, sockfd, pserv_addr, servlen)
FILE *fp;
int sockfd;
struct sockaddr *pserv_addr;
int servlen;
{
   int n;
   static char sendline[MAXLINE], recvline[MAXLINE+1];
   struct sockaddr x;
   int xx = servlen;
```


Cliente DGRAM AF_UNIX (4)

```
while (fgets(sendline, MAXLINE, fp) != NULL) {
     n = strlen(sendline);

     /* Envia string para sockfd. Note-se que o  \0 não é enviado */
     if (sendto(sockfd, sendline, n, 0, pserv_addr, servlen) != n)
        err_dump("dg_cli: sendto error on socket");

     /* Tenta ler string de sockfd. Note-se que tem de
        terminar a string com \0 */
     n = recvfrom(sockfd, recvline, MAXLINE, 0,
                 (struct sockaddr *) 0, (int *) 0);
     if (n < 0) err_dump("dg_cli: recvfrom error");
     recvline[n] = 0;

     /* Envia a string para stdout */
     fputs(recvline, stdout);
  }
  if (ferror(fp)) err_dump("dg_cli: error reading file");
}
```

Servidor DGRAM AF_UNIX

```
/* Servidor do tipo socket datagram. Recebe linhas do cliente e devolve-as para o
   cliente */
#include "unix.h"
main (void) {
   int sockfd, servlen;
   struct sockaddr_un serv_addr, cli_addr;

   /* Cria socket datagram */
   if ((sockfd = socket(AF_UNIX, SOCK_DGRAM, 0)) < 0)
        err_dump("server: can't open datagram socket");

   unlink(UNIXDG_PATH);
   /* Limpeza preventiva*/
   bzero((char *) &serv_addr, sizeof(serv_addr));
   serv_addr.sun_family = AF_UNIX;
   strcpy(serv_addr.sun_path, UNIXDG_PATH);
   servlen = sizeof(serv_addr.sun_family) + strlen(serv_addr.sun_path);
   /* Associa o socket ao nome */
   if (bind(sockfd, (struct sockaddr *) &serv_addr, servlen) < 0)
       err_dump("server: can't bind local address");

   /* Fica à espera de mensagens do client e reenvia-as  para o cliente */
   dg_echo(sockfd, (struct sockaddr *) &cli_addr, sizeof(cli_addr));
}
```


Servidor DGRAM AF_UNIX (3)

```
#define MAXLINE 512

/* Servidor do tipo socket datagram.
   Manda linhas recebidas de volta
   para o cliente */

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#define MAXMESG 2048

/* pcli_addr especifica o cliente */

dg_echo(sockfd, pcli_addr, maxclilen)
int sockfd;
struct sockaddr *pcli_addr;
int maxclilen;
{
```

```
   int n, clilen;
   char mesg[MAXMESG];

   for (;;) {
      clilen = maxclilen;

      /* Lê uma linha do socket */
      n = recvfrom(sockfd, mesg, MAXMESG,
                   0, pcli_addr, &clilen);
      if (n < 0)
         err_dump("dg_echo:recvfrom error");

      /*Manda linha de volta para o socket */
      if (sendto(sockfd, mesg, n, 0,
                 pcli_addr, clilen) != n)
         err_dump("dg_echo: sendto error");
   }
}
```

Espera Múltipla com Select

```
#include <sys/select.h>
#include <sys/time.h>
int select (int maxfd, fd_set* leitura, fd_set*
  escrita, fd_set* excepcao,  struct timeval*
  alarme)
```

select:

- espera por um evento
- bloqueia o processo até que um descritor tenha um evento associado ou expire o alarme
- especifica um conjunto de descritores onde espera:
  - receber mensagens
  - receber notificações de mensagens enviadas (envios assíncronos)
  - receber notificações de acontecimentos excepcionais

Select

- exemplos de quando o select retorna:
  - Os descritores (1,4,5) estão prontos para leitura
  - Os descritores (2,7) estão prontos para escrita
  - Os descritores (1,4) têm uma condição excepcional pendente
  - Já passaram 10 segundos

Espera Múltipla com Select (2)

```
struct timeval {
   long tv_sec; /* seconds /*
   long tv_usec; /* microseconds /*
}
```

- esperar para sempre → parâmetro efectivo é null pointer)
- esperar um intervalo de tempo fixo → parâmetro com o tempo respectivo
- não esperar → parâmetro com o valor zero nos segundos e microsegundos

- as condições de excepção actualmente suportadas são:
  - chegada de dados out-of-band
  - informação de controlo associada a pseudo-terminais

Manipulação do fd_set

- Definir no select quais os descritores que se pretende testar
  - void FD_ZERO (fd_set* fdset) - clear all bits in fdset
  - void FD_SET (int fd, fd_set* fd_set) - turn on the bit for fd in fdset
  - void FD_CLR (int fd, fd_set* fd_set) - turn off the bit for fd in fdset
  - int FD_ISSET (int fd, fd_set* fd_set) - is the bit for fd on in fdset?
- Para indicar quais os descritores que estão prontos, a função select modifica:
  - fd_set* leitura
  - fd_set* escrita
  - fd_set* excepcao

Departamento de Engenharia Informática

Servidor com Select

```
/* Servidor que utiliza sockets stream e
   datagram em simultâneo.
   O servidor recebe caracteres e envia-os para
   stdout */

#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/time.h>
#include <sys/socket.h>
#include <sys/un.h>
#include <errno.h>

#define MAXLINE 80
#define MAXSOCKS 32

#define ERRORMSG1 "server: cannot open stream
   socket"
#define ERRORMSG2 "server: cannot bind stream
   socket"
#define ERRORMSG3 "server: cannot open datagram
   socket"
#define ERRORMSG4 "server: cannot bind datagram
   socket"
#include "names.h"
```

```
int main(void) {
  int strmfd,dgrmfd,newfd;
  struct sockaddr_un
   servstrmaddr,servdgrmaddr,clientaddr;
  int len,clientlen;
  fd_set testmask,mask;

  /* Cria socket stream */
  if((strmfd=socket(AF_UNIX,SOCK_STREAM,0))<0){
    perror(ERRORMSG1);
    exit(1);
  }
  bzero((char*)&servstrmaddr,
         sizeof(servstrmaddr));
  servstrmaddr.sun_family = AF_UNIX;
  strcpy(servstrmaddr.sun_path,UNIXSTR_PATH);
  len = sizeof(servstrmaddr.sun_family)       +strlen
   (servstrmaddr.sun_path);
  unlink(UNIXSTR_PATH);
  if(bind(strmfd,(struct sockaddr *)&servstrmaddr,
   len)<0)
  {
    perror(ERRORMSG2);
    exit(1);
  }
```


Departamento de Engenharia Informática

Servidor com Select (2)

```
/*Servidor aceita 5 clientes  no socket stream*/
  listen(strmfd,5);
  /* Cria socket datagram */
  if((dgrmfd = socket(AF_UNIX,SOCK_DGRAM,0)) < 0)
   {
    perror(ERRORMSG3);
    exit(1);
  }
  /*Inicializa socket datagram: tipo + nome */
  bzero((char *)&servdgrmaddr,sizeof
    (servdgrmaddr));
  servdgrmaddr.sun_family = AF_UNIX;
  strcpy(servdgrmaddr.sun_path,UNIXDG_PATH);
   len=sizeof(servdgrmaddr.sun_family)+
                  strlen(servdgrmaddr.sun_path);
  unlink(UNIXDG_PATH);
    if(bind(dgrmfd,(struct sockaddr *)
   &servdgrmaddr,len)<0)
  {
    perror(ERRORMSG4);
    exit(1);
  }
```

```
/*
 - Limpa-se a máscara
 - Marca-se os 2 sockets - stream e
   datagram.
  - A mascara é limpa pelo sistema
   de cada vez que existe um evento
   no socket.
-  Por isso é necessário utilizar
   uma mascara auxiliar
*/
  FD_ZERO(&testmask);
  FD_SET(strmfd,&testmask);
  FD_SET(dgrmfd,&testmask);
```

Servidor com Select (3)

```
for(;;) {
  mask = testmask;

  /* Bloqueia servidor até que se dê um evento. */
  select(MAXSOCKS,&mask,0,0,0);

   /* Verificar se chegaram clientes para o socket stream */
   if(FD_ISSET(strmfd,&mask)) {
   /* Aceitar o cliente e associa-lo a newfd. */
     clientlen = sizeof (clientaddr);
     newfd = accept(strmfd,(struct sockaddr*)&clientaddr, &clientlen);
     echo(newfd);
     close(newfd);
   }

   /* Verificar se chegaram dados ao socket datagram. Ler dados */
   if(FD_ISSET(dgrmfd,&mask))
     echo(dgrmfd);
   /*Voltar ao ciclo mas não esquecer da mascara! */
   }
}
```


IPC no Sistema V

caixas de correio
memória partilhada
semáforos

IPC no SistemaV

- novos mecanismos:
  - caixas de correio
  - memória partilhada
  - semáforos

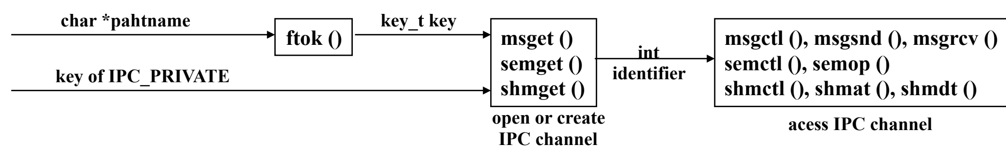
⇨ **três tipos de primitivas:**
- get
- ctl
- op

	caixas de correio	semáforos	memória partilhada
header	<sys/msg.h>	<sys/sem.h>	<sys/shm.h>
create or open	msgget	semget	shmget
control	msgctl	semctl	shmctl
operations	msgsnd msgrcv	semop	shmat shmdt

IPC no Sistema V (II)

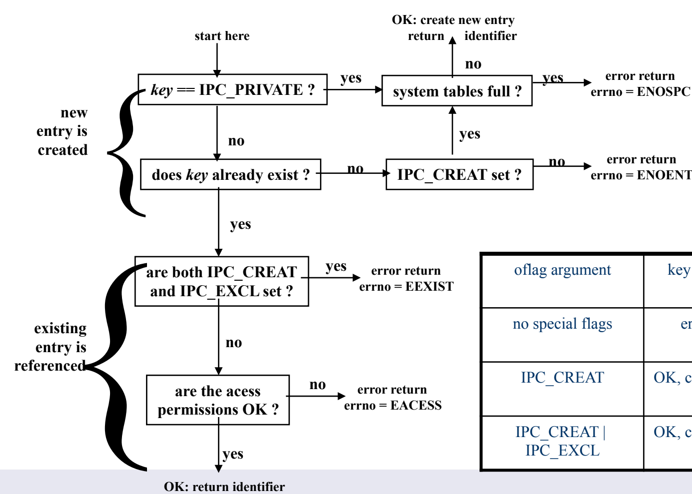
- cada objecto é identificado por uma key
- o espaço de nomes é separado do sistema de ficheiros
- os nomes são locais a uma máquina
- as permissões de acesso são idênticas às de um ficheiro (r/w para user/group/other)
- os processos filho herdam os objectos abertos

IPC no SV - Criação de Canal



- **sintaxe:**
  - **id = …get (key, flag)**
- **“key”=IPC_PRIVATE cria um objecto sem nome**
- **“flag” comporta:**
  - bits de modo de acesso (rw-rw-rw)
  - IPC_CREAT- cria se não existe (se existe, retorna identificador)
  - IPC_EXCL - cria se não existe (se existe, dá erro)
- **devolve a identificação interna, “id”, utilizada em todas as referências posteriores (“ctl” e “op”)**

IPC no Sistema V (cont.)



oflag argument	key does not exist	key already exist
no special flags	error, errno = ENOENT	OK, references existing object
IPC_CREAT	OK, creates new entry	OK, references existing object
IPC_CREAT | IPC_EXCL	OK, creates new entry	error, errno = EEXIST

Caixas de Correio (Sistema V)

IPC no SV - Caixas de Correio

- as caixas de correio são listas “fifo” de mensagens
- no envio a mensagem é colocada na cauda da fila
- na recepção é retirada a primeira mensagem da fila ou a primeira mensagem de um tipo particular
- uma mensagem tem a estrutura:

```
struct  msgbuf {
   long type;
   char text[1];
}
```

- obtenção ou criação de uma fila de mensagens:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/meg.h>
int  msgget (key_t key, int msgflg)
```

- envia uma mensagem apontada por msgp de dimensão msgsz:

```
int msgsnd (int  msqid, struct msgbuf * msgp, int msgsz,
            int msgflg)
```

- recebe uma mensagem no tampão apontado por msgp

```
int msgrcv(int msqid, struct msgbuf * msgp, int msgsz,
           long msgtyp, int msgflg)
```

- a mensagem pode ser truncada a msgsz
- se msgtyp=0 é recebida a primeira mensagem da fila
- se msgtyp>0 é recebida a primeira mensagem desse tipo
- se msgtyp<0 é recebida a primeira mensagem de menor tipo inferior ao módulo de msgtyp

Caixas de Correio - Função de Controlo

- sintaxe:
  int msgctl (int msqid, int cmd,
  struct msqid_ds * buf)

⇨ **comandos possíveis:**
- IPC_STAT preenche *buf* com estado actual
- IPC_SET inicializa parametros a partir de *buf*
- IPC_RMID elimina a fila de mensagens

- estrutura msqid_ds (mantida no núcleo para cada caixa de correio) contém:

```
ipc_perm   msg_perm;     /*permissões*/
ushort     msg_cbytes:   /* # de bytes actual*/
ushort     msg_qnum;     /*# de mens. na fila*/
ushort     msg_qbytes;   /*# max de bytes*/
ushort     msg_lspid;    /*pid do último msgnd*/
ushort     msg_lrpid;    /*pid do último msgrcv*/
time_t     msg_stime;    /*data último msgsnd*/
time_t     msg_rtime;    /*data último msgrcv*/
time_t     msg_ctime;    /*data última modif.*/
```


Caixas de Correio - Cliente

```
/* Cliente */

#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/msg.h>

#define TAMMSG 100
#define SERVIDOR 10
#define CLIENTE 11

struct msgTeste {
    long     mtype;
    int        ident;
    char    texto [TAMMSG];
} msg;
```

```
main () {
    int CCCliente, CCServ;

    if ((CCCliente = msgget (CLIENTE, 0777 | IPC_CREAT))< 0)
          perror("msgget CLIENTE");
    if ((CCServ = msgget (SERVIDOR, 0)) < 0)
        perror("msgget SERVIDOR");
    msg.ident = CLIENTE;
    msg.mtype = 1;
    ProduzMensagem (msg.texto);

    /* Envia pedido e recebe resposta */
    if (msgsnd (CCServ, &msg, sizeof(msg), 0) < 0)
        erro ("msgsnd");
    if (msgrcv (CCCliente, &msg, sizeof(msg), 0, 0) < 0)
        erro ("msgrcv");

    TrataMensagem (msg.texto);

    if(msgctl (CCCliente, IPC_RMID, (struct msqid_ds *) 0)<0)
        perror("msgctl");
}
```

Caixas de Correio - Servidor

```
main () {
    int CCCliente;
    key_t ChaveCli;

    if ((CCServ = msgget (SERVIDOR, 0777 | IPC_CREAT) ) < 0)
        perror("msgget servidor");

    for (;;) {
        if (msgrcv (CCServ, &msg, sizeof(msg), 0, 0) < 0)
                perror("msgrcv");
        ChaveCli = msg.ident;
        if ((CCCliente = msgget (ChaveCli, 0)) < 0)
                perror("msgget cliente");

        TrataMensagem (msg.ident, msg.texto);

        msg.ident = SERVIDOR;
        if (msgsnd (CCCliente, &msg, sizeof(msg), 0) < 0)
                perror("msgsnd");
    }
}
```


Memória Partilhada (Sistema V)

IPC no SV - Memória Partilhada

- permite o acesso de vários processos a uma zona de memória comum
- a dimensão do segmento não pode ser alterada depois da criação
- cada processo pode "ver" o segmento em endereços distintos do seu espaço de endereçamento
- criação de uma região:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>
int shmget (key_t key, int size, int shmflg)
```

- size especifica a dimensão da região em bytes

IPC no SV - Memória Partilhada

- associação a uma região:

```
char* shmat (int shmid, char *shmaddr, int shmflg)
```

- devolve o endereço base da região
- o endereço pode:
  - ser especificado por shmaddr
  - se shmaddr for zero, o endereço é calculado pelo sistema
- se shmflg = `SHM_RDONLY` o acesso fica restrito a leitura
- eliminação da associação:

```
int shmdt (char *shmaddr);
```

Memória Partilhada - Controlo

- sintaxe:

```
int shmctl (shmid, cmd, buf)
int shmid, cmd;
struct shmid_ds *buf;
```

⇨ **comandos possíveis:**

- IPC_STAT preenche *buf* com estado actual
- IPC_SET inicializa parametros a partir de *buf*
- IPC_RMID elimina a memória partilhada

- a estrutura shmid_ds (mantida no núcleo para cada região de memória partilhada) contém:

```
ipc_perm    shm_perm;/*permissões*/
int         shm_segsz;     /*dimensão em bytes*/
ushort      shm_cpid;      /*pid do criador*/
ushort      shm_lpid;      /*pid do último shmop*/
ushort      shm_nattch;    /*#actual  de ligações*/
time_t      shm_atime;     /*data último shmat*/
time_t      shm_dtime;     /*data último shmdt*/
time_t      shm_ctime;     /*data última modif.*/
```


Exemplo: Memória Partilhada

```
/* produtor */

#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>

#define CHAVEMEM 10
int  IdRegPart;
int *Apint;
int i;
```

```
main () {
  IdRegPart = shmget (CHAVEMEM, 1024, 0777| IPC_CREAT);
  if (IdRegPart<0) perror(" shmget:");

  printf (" criou uma regiao de identificador %d \n",
          IdRegPart);

  Apint = (int *)shmat (IdRegPart, (char *) 0, 0);
  if (Apint == (int *) -1) perror("shmat:");

  for (i = 0; i<256; i++) *Apint++ = i;
}
```

Exemplo: Memória Partilhada

```
/* consumidor*/

#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>

#define CHAVEMEM 10

int IdRegPart;
int *Apint;
int i;
```

```
main() {
  IdRegPart = shmget (CHAVEMEM, 1024, 0777);
  if (IdRegPart <0)
     perror("shmget:");

  Apint=(int*)shmat(IdRegPart, (char *)0, 0);
  if(Apint == (int *) -1)
     perror("shmat:");

  printf(" mensagem na regiao de memoria partilhada \n");
  for (i = 0; i<256; i++)
     printf ("%d ", *Apint++);

  printf (" \n liberta a regiao partilhada \n");
  shmctl (IdRegPart, 0, IPC_RMID,0);
}
```


Departamento de Engenharia Informática

Semáforos (Sistema V)

IPC no SV - Semáforos

- **um semáforo consiste num conjunto de contadores que só podem ter valores positivos**
- **criação de um semáforo:**

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/sem.h>
int semget (key_t key, int nsems,
            int semflg)
```

- **“nsems” especifica o número de contadores, que são inicializados a zero na criação**
- **operações sobre semáforos:**

```
int semop (int semid,
           struct sembuf *sops,
           int nsops)
```

- **são executadas as nsops operações definidas em sops e devolvido o valor do último contador acedido**
- **uma operação é definida, de acordo com a estrutura sembuf, por:**

```
short sem_num;      /* numero */
short sem_op;       /* operação */
short sem_flag;     /* flags */
```

- **segundo o valor de sem_op temos:**
  - ⇨ sem_op > 0 o valor de sem_op é adicionado ao do contador
  - ⇨ sem_op < 0 o valor de sem_op é adicionado ao do contador; o processo pode ficar bloqueado
  - ⇨ sem_op = 0 o processo é suspenso até o valor do contador atingir zero

Semáforos - Controlo

- sintaxe:

```
int semctl (int semid,
            int semnum,
            int cmd,
            union semun
  arg)

union semun {
  int val;
  struct semid_ds *buf;
  ushort *array;
};
```

⇨ **comandos possíveis:**
- IPC_STAT preenche *arg.buf* com estado actual
- IPC_SET inicializa parâmetros a partir de *buf.arg*
- IPC_RMID elimina o semáforo em causa
- GETALL copia os valores dos contadores para *arg.array*
- SETALL inicializa os valores a partir de *arg.array*

⇨ **comandos possíveis com *semnum* especificado:**
- GETVAL devolve o valor do contador
- SETVAL inicializa o valor do contador
- GETPID devolve o pid da última operação
- GETNCNT devolve o número de processos aguardando um valor não zero do contador
- GETZCNT devolve número de processos aguardando um valor zero do contador

Operações com semáforos

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/sem.h>
#define SEMMUTEX 5
#define SEMALOC  6
int mutex, semaloc;

void IniSem(int nmax) {
  union semun {
      int val;
      struct semid_ds *buf;
      ushort *array;
  } init;

  if ((mutex = semget (SEMMUTEX, 1,0777|IPC_CREAT)) < 0) erro ("semget SEMMUTEX");
  if ((semaloc = semget (SEMALOC, 1, 0777|IPC_CREAT)) < 0) erro("semget SEMALOC");
  init.val = 1;
  if (semctl (mutex, 0, SETVAL, init) < 0) erro("semctl mutex");
  init.val = nmax;
  if (semctl (semaloc, 0, SETVAL, init) < 0) erro("semctl SemAloc");
}
```


Operações com semáforos(II)

```
void EsperarMutex (int semid, int semnum)
{
     struct sembuf s;
     s.sem_num = semnum;
     s.sem_op = -1;
     s.sem_flg = SEM_UNDO;
     if (semop (semid, &s, 1) < 0)
         erro ("semop EsperarMutex");
 }

void AssinalarMutex (int semid, int
  semnum) {
     struct sembuf s;
     s.sem_num = semnum;
     s.sem_op = 1;
     s.sem_flg = SEM_UNDO;
     if (semop (semid, &s, 1) < 0)
         erro ("semop AssinalarMutex");
 }
```

```
void Esperar (int semid, int semnum, int
  uni) {
     struct sembuf s;
     s.sem_num = semnum;
     s.sem_op = -uni;
     s.sem_flg = 0;
     if (semop (semid, &s, 1) < 0)
         erro ("semop Esperar");
 }

void Assinalar (int semid, int semnum,
  int uni) {
     struct sembuf s;
     s.sem_num = semnum;
     s.sem_op = uni;
     s.sem_flg = 0;
     if (semop (semid, &s, 1) < 0)
         erro ("semop Assinalar");
 }
```

Comunicação em Windows

Named pipes e mailslots
Windows Sockets (Winsock)
Drivers de protocolo
Comunicação entre Janelas

Named Pipes e Mailslots

- Desenvolvidos inicialmente para OS/2 e depois portados para Windows NT
- Named pipes:
  - Suportam comunicação bidireccional
  - A nomeação é feia segundo o Windows 2000 Universal Naming Convention (UNC)
  - UNC é independente dos protocolos de comunicação e permite identificar recursos na rede
- Mailslots:
  - Suportam comunicação unidireccional assim como “broadcast”
  - Ex. de utilização do “broadcast“: serviço horário
- Segurança em named pipes e mailslots:
  - O servidor pode controlar o acesso dos clientes

Named Pipes (1)

- Comunicação efectuada entre um named pipe servidor e clientes:
  - O servidor cria o named pipe
  - Os clientes ligam-se ao named pipe
  - Um named pipe não pode ser criado num computador remoto
- Um named pipe tem um nome com o formato:
  - \\Server\Pipe\PipeName
  - \\Server indica o nome do computador onde o named pipe se encontra
  - O nome pode ser do tipo DNS (ex.:, mspress.microsoft.com), NetBIOS (mspress), ou IP (255.0.0.0).
- Criação do named pipe é feita com função Win32 CreateNamedPipe com argumentos:
  - Descriptor de segurança para controle de acesso
  - Flag que indica se a comunicação é bidireccional ou unidirecional
  - Número que indica o número máximo de ligações simultâneas que o named pipe suporta
  - Flag que indica se o named pipe funciona em byte mode ou message mode

Named Pipes (2)

- Byte mode:
  - Os dados são enviados em stream
  - Implica que o emissor e receptor têm de formatar os dados em causa
- Message mode:
  - Simplifica a programação dos intervenientes
  - Cada operação de “receive” recebe uma mensagem na sua totalidade
- Depois da criação do named pipe, o servidor invoca a função ConnectNamedPipe da Win32:
  - Permite que o named pipe estabeleça ligações com os clientes
  - ConnectNamedPipe pode ser efectuado sincronamente ou asincronamente
  - ConnectNamedPipe só se completa quando um cliente faz um pedido de estabelecimento de ligação (análogo ao *accept* nos sockets)

Named Pipes (3)

- Um cliente usa as funções da Win32 CreateFile ou CallNamedPipe:
  - Permite estabelecer a ligação ao named pipe que foi criado pelo servidor e no qual este já invocou a função ConnectNamedPipe
  - A identificação do cliente e o tipo de acesso requisitado (read ou write) são validados tendo em conta o descriptor de segurança
  - Se o cliente tem permissão para aceder ao named pipe, recebe um descriptor (do tipo HANDLE) no retorno da função
  - Este descriptor representa o "client-side" do named pipe
- Depois da ligação estar estabelecida:
  - O cliente e o servidor podem usar as funções ReadFile e WriteFile para enviar e receber dados via pipe
  - Os named pipes suportam comunicação síncrona e assíncrona

Named Pipes (4)

- Leitura não destrutiva/sondagem (**PeekNamedPipe**)
  - Permite aferir da existência de dados no named pipe disponíveis para serem lidos sem que para isso seja obrigado a efectuar uma operação de leitura.
  - Permite aceder ao conteúdo dos dados no named pipe, dados de forma não-destrutiva, para que não sejam removidos do *named pipe* e continuem disponíveis para uma operação de leitura subsequente.
  - Dois argumentos adicionais permitem devolver, por referência, número total de bytes disponíveis no pipe, e na primeira mensagem disponível (quando em *message mode*).

```
BOOL PeekNamedPipe(
      HANDLE hNamedPipe,
      LPVOID lpBuffer,
      DWORD nBufferSize,
      LPDWORD lpBytesRead,
      LPDWORD lpTotalBytesAvail,
      LPDWORD lpBytesLeftThisMessage
);
```

Named Pipes (5)

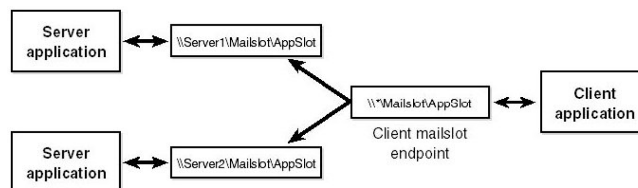
- Agrupamento de operações sobre named pipes (baseados em mensagens)
  - Permite realizar a programação da interação entre processos produtor e consumidor de forma mais resumida
  - **TransactNamedPipe** no contexto de um named pipe já ligado
    - encapsula, numa única invocação, uma operação de escrita, e de leitura, (chamada remota de procedimento) tendo como argumentos a reunião dos das funções ReadFile e WriteFile.
    - comunicação usando named pipes baseados em mensagens definida através de sequências de interacções completas (escrita de um pedido e leitura da resposta a este).
  - **CallNamedPipe** que abrange toda a comunicação
    - Encapsula: 1) o estabelecimento da ligação a um *named pipe* indicado pelo seu nome, com um período máximo de espera, 2) a operação de escrita, 3) operação de leitura, e 4) o fecho do pipe no fim da interação.

Mailslot (1)

- O servidor cria uma mailslot usando a função CreateMailslot:
  - Recebe como argumento um nome do tipo "\\.\Mailslot\MailslotName"
  - As mailslots não podem ser criadas em computadores remotos
  - Recebe como argumento um descriptor de segurança que permite efectuar controle de acesso dos clientes
  - Devolve um descriptor (do tipo HANDLE)
- Depois de criada a mailslot:
  - O servidor simplesmente aguarda que lhe sejam enviadas mensagens
  - Para tal invoca a função ReadFile sobre o *handle* respectivo

Mailslot (2)

- O esquema de nomeação das mailslots é análogo ao dos named pipes:
  - Diferença que permite o broadcast para um grupo de mailslots
- Cliente invoca *CreateFile* indicando:
  - Nome da mailsot em particular (ex.: \\Server\Mailslot\MailslotName), ou
  - Conjunto de mailslots (ex.: *\Mailslot\MailslotName ou \\DomainName\Mailslot\MailslotName)
  - Esta função retorna um *handle*
- Envio de mensagens:
  - Cliente invoca *WriteFile* sobre o *handle* antes obtido com *CreateFile*



Mailslots (3)

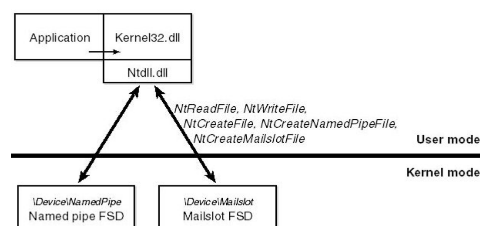
- Dimensão das mensagens:
  - O limite teórico para a dimensão das mensagens é de 64 *Kbytes*.
  - em termos operacionais este limite é de 424 *bytes,*
    - limite da dimensão de um datagrama em Windows
  - Para enviar mensagens de maior dimensão, é necessário recorrer a um protocolo ponto-a-ponto com ligação
    - Ex: SMB *(Server Message Blocks)*
  - No caso de difusão, a dimensão das mensagens é estritamente limitada a 424 *bytes.*

Mailslots (4)

- Leitura não destrutiva/sondagem:
  - No caso de não haver mensagens para leitura no mailslot, a execução de uma operação de leitura bloqueia o processo que pretende efectuar a leitura.
  - A tarefa pode optar por verificar, previamente, se existem mensagens em espera no mailslot, antes de executar uma operação de leitura.
  - Isto é realizado através da função **GetMailSlotInfo** que permite e inspeccionar o estado do mailslot:
    - número de mensagens disponíveis para leitura
    - dimensão da próxima mensagem.
    - dimensão máxima permitida para mensagens
    - limite de tempo que uma operação de leitura espera para que haja mensagens disponíveis.

Implementação de Named Pipes e Mailslots

- Funções implementadas na DLL Kernel32.dll:
  - *ReadFile* e *WriteFile*,
  - *CreateFile* (abrir named pipe ou mailslot)
- Espaços de nomes geridos por:
  - "named pipe file system driver"
  - "mailslot file system driver"



Implementação de Named Pipes e Mailslots (2)

- FSD (File System Driver) no núcleo implementa named pipes e mailslots:
  - Pode usar “file objects” para representar named pipes e mailslots
  - Os FSDs usam funções de segurança do núcleo para garantir a segurança dos named pipes e mailslots
  - Aplicações podem usar a função CreateFile para abrir um named pipe ou uma mailslot (integração com o object manager namespace)
  - Aplicações podem usar funções da Win32 como o ReadFile and WriteFile para enviar/receber dados
  - Os FSDs usam o “object manager” para gerir os *handles* e os contadores de referências correspondentes aos named pipes e mailslots
  - A resolução de nomes de named pipes e mailslots na rede é feita usando o “redirecionador FSD” para comunicar com outros computadores (usando o protocolo CIFS – *Common Internet File System*)

Windows Sockets - Winsock

- É a implementação dos Sockets BSD pela Microsoft:
  - Tem algumas funcionalidades extra.
- Suporta:
  - I/O assíncrono
  - Negociação e monitorização de QoS (latência e largura de banda) por parte das aplicações, caso a rede o suporte
  - Extensibilidade no sentido em que Winsock pode usar vários protocolos de transporte por baixo
  - Vários espaços de nomes:
    - Ex.: Active Directory
  - Comunicação multiponto, i.e. pode enviar mensagens para vários receptores ao mesmo tempo
    - Ex: *multicast*, videoconferência, comunicação em grupo

Windows Sockets - Winsock (2)

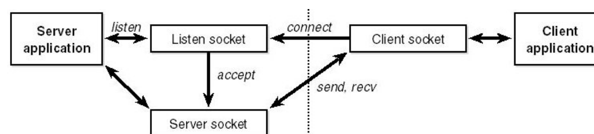
- Suporta:
  - Aceitação de uma ligação avaliada dinamicamente, delegada numa função *callback* que é invocada sempre que ocorre um pedido de ligação.
  - Transmissão de dados associada ao estabelecimento e fecho de uma ligação
    - Reduz a latência na interacção cliente-servidor. Mensagens trocadas no estabelecimento da ligação (normalmente opacas às aplicações) também carregam dados.
  - Envio e/ou recepção em paralelo utilizando múltiplos *buffers*
    - O sistema operativo garante sequencialidade dos dados (*Scather and Gather)*
  - Partilha de sockets entre processos não relacionados hierarquicamente
    - Ex: Duplicação de *handles*

Winsock

- API independente do protocolo usado:
  - Pode ser especificado um endereço para qualquer um dos NetBEUI, TCP/IP, IPX
- Passos iniciais (comuns aos clientes e servidores):
  - Inicializar a Winsock API
  - Criar um *socket* que representa um endpoint.
  - Fazer *bind* do socket a um endereço no computador local
- Passos seguintes divergem conforme se trate:
  - Do servidor ou do cliente
  - Canal com ou sem ligação
- Para um canal sem ligação:
  - Enviar/receber dados com send/recv indicando/obtendo o endereço do receptor/ emissor

Winsock com Ligação

- Passos do lado do servidor:
  - *listen* indica o número máximo de pedidos de ligação simultâneos
  - *accept* bloqueia o servidor à espera de pedidos de ligação do cliente
    - se houver algum pedido pendente, o servidor é desbloqueado de imediato
    - caso contrário, o servidor só será desbloqueado quando houver um pedido de estabelecimento de ligação
    - quando uma ligação é estabelecida o *accept* retorna um novo socket que é o "endpoint" da ligação
- Operações de envio e recepção de mensagens:
  - *send* e *recv*
- Passos do lado do cliente:
  - Pedido de estabelecimento de ligação com função *connect* indicando o endereço do servidor
    - specifies a remote address.



Windows Sockets Aceitação dinâmica e transmissão de dados no estabelecimento de ligações

- Pedido de Ligação:
  1. Inclusão de dados no próprio pedido de ligação
  2. Recepção de dados incluídos na resposta de aceitação.
  3. Negociação QoS

3 1 2

```
int WSAConnect(
  SOCKET s,
  const struct sockaddr* name,
  int namelen,
  LPWSABUF lpCallerData,
  LPWSABUF lpCalleeData,
  LPQOS lpSQOS, ...);
```

- Aceitação de Ligações
  1. Função predicado que decide aceitação da ligação
  2. Dados incluídos no pedido pelo cliente são passados como parâmetro à função
  3. Parâmetros adicionais
     - Ex: estado do servidor

3 1

```
SOCKET WSAAccept(
  SOCKET s,
  struct sockaddr* addr,
  LPINT addrlen,
  LPCONDITIONPROC lpfnCondition,
  DWORD dwCallbackData );
```

```
int CALLBACK ConditionFunc(
  IN LPWSABUF lpCallerId,
  IN LPWSABUF lpCallerData,
  IN OUT LPQOS lpSQOS,
  …
  IN LPWSABUF lpCalleeId,
  OUT LPWSABUF lpCalleeData,
  …
  IN DWORD_PTR dwCallbackData
);
```

Windows Sockets
Envio paralelo de múltiplos *buffers*
(Scather and Gather)

- **WSASend** com parâmetros:
- Vector de estruturas do tipo **WSABUF**
  - Cada **WSABUF** inclui apontador para zona tampão e sua dimensão
- Número de estruturas no vector a enviar
- Sistema assegura a sequencialidade dos dados no receptor
  - Independentemente da ordem de envio e recepção de cada *buffer*
  - Disposição dos *buffers* no receptor respeitam a original no emissor

```
int WSASend(
  SOCKET s,
  LPWSABUF lpBuffers,
  DWORD dwBufferCount,
  LPDWORD lpNumberOfBytesSent,
  DWORD dwFlags,
  LPWSAOVERLAPPED lpOverlapped,
  LPWSAOVERLAPPED_COMPLETION_ROUTINE lpCompletionRoutine);
```


Winsock - Comunicação Assíncrona

- A API Winsock API está integrada com a sincronização Windows (**Events**)
- Uma aplicação que use Winsock pode então:
  - Efectuar operações assíncronas sobre os sockets
  - Receber notificações da terminação de uma dada operação através de:
    - **Assinalar objecto sincronização (WSAEvent incluído em lpOverlapped)**
    - **Invocação de uma função "callback"**
- Facilita a implementação das aplicações:
  - A aplicação não precisa de ser *multithreaded* ou gerir objectos de sincronização (que fazem I/O rede e I/O via teclado e terminal)

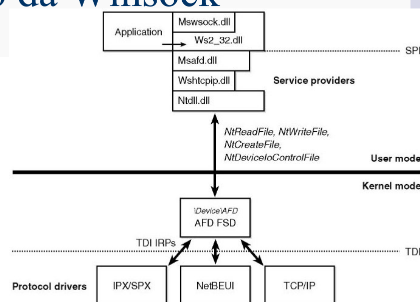
```
int WSASend(
  SOCKET s,
  LPWSABUF lpBuffers,
  DWORD dwBufferCount,
  LPDWORD lpNumberOfBytesSent,
  DWORD dwFlags,
  LPWSAOVERLAPPED lpOverlapped,
  LPWSAOVERLAPPED_COMPLETION_ROUTINE lpCompletionRoutine);
```

Extensibilidade da Winsock

- Pode ser adicionado um transport service provider que:
  - Suporte outros protocolos de comunicação
  - Suporte um namespace service provider que aumente as funcionalidades das operações de nomeação
- Namespace service providers:
  - Possibilitam que os servidores se registem de formas diferentes
  - Exemplo:
    - Permitir que o servidor registe o seu endereço na Active Directory
    - Permitir que os clientes procurem o servidor que pretendem usando o Active Directory
  - Suportam esta funcionalidade através da implementação das funções da Winsock relacionadas com a nomeação (ex.: gethostbyaddr, getservbyname, getservbyport)
- Os "service providers" usam a Winsock service provider interface (SPI):
  - Quando um "transport service provider " é registado na Winsock, esta usa as funções oferecidas por este:
    - Connect, accept, etc.
  - Não há restrições quanto à implementação das funções em causa (que implica interacção com o transport driver no núcleo)

Implementação da Winsock

- A API Winsock está numa DLL:
  - Ws2_32.dll (\Winnt \System32\Ws2_32.dll)
- Ws2_32.dll invoca funções dos "namespace providers" e dos "transport service providers":
  - Operações de resolução de nomes e de envio/recepção de mensagens
  - Biblioteca Msafd.dll comporta-se como um "transport service provider"
  - Msafd.dll comunica com os drivers de protocolos no núcleo através de bibliotecas *Winsock Helper*
    - Ex.: Wshtcpip.dll é o TCP/IP helper, e Wshnetbs.dll é o NetBEUI helper



⇨ **Winsock usa "file handles" para representar sockets:**

- Requer um "kernel-mode file system driver"
- Msafd.dll usa o Ancillary Function Driver (AFD) para implementar funções dos sockets
- AFD é um cliente TDI:
  - Envio e recepção de mensagens feito através de IRPs enviados para os drivers de protocolos
  - AFD não depende de nenhum protocolo em particular

WinSock
Comunicação Multiponto

- Moldura para definição de sistemas de comunicação multiponto
  - comunicação em grupo, difusão, teleconferência,etc.
- A definição é feita a dois níveis, designados planos:
  - **plano-controlo**: determina o modo como uma sessão de comunicação multi-ponto é estabelecida
  - **plano-dados:** especifica como é realizada a transmissão de dados entre os participantes no âmbito de uma sessão
- Cada um dos planos pode ter ou não coordenação
  - Existência de um **nó-raiz** que controla a comunicação
  - Restantes nós são designados **nós-folha**

WinSock
Comunicação Multiponto (2)

- Coordenação no plano-controlo
  - Nó-raiz desencadeia o estabelecimento da sessão
  - Permanece disponível durante toda a duração da sessão,
  - Centraliza a associação de novos participantes à sessão.
  - Ausência de coordenação assume sessão pré-existente
- Coordenação no plano-dados
  - Nó-raiz coordena os fluxos de informação
  - Nó-raiz que centraliza a comunicação
  - Não há transferências de dados directamente entre nós-folha.
  - Estes apenas enviam e recebem dados para, e do nó-raiz.
  - Na Ausência de coordenação
    - todos os nós-folha podem trocar dados
    - Podem receber dados de outros processos não inscritos na sessão

WinSock
Comunicação Multiponto - Exemplos

- Multicast IP
  - Plano-controlo: sem coordenação
    - entrada na sessão: escuta de um endereço multicast-IP comum
  - Plano-dados: sem coordenação
    - todos os nós podem enviar para esse endereço e todos recebem os dados
- T.120 (Teleconferência)
  - Plano-controlo: com coordenação
    - nó-raiz (top-conference-provider) controla a entrada na sessão
  - Plano-dados: sem coordenação
    - contempla comunicação directa entre nós-folha (conference clients)
- Redes ATM
  - Plano-controlo: com coordenação
    - nó-raiz controla a entrada na sessão
  - Plano-dados: com coordenação
    - Comunicação exclusivamente unidireccional do nó-raiz para os nós-folha

Mecanismos de Comunicação entre Janelas no Windows

Window Messages

Átomos

Mensagens de Cópia de Dados

Clipboard

Comunicação entre Janelas (Windows)

- Windows suporta janelas IU de forma nativa
  - Entidade principal para o utilizador
    - Uma aplicação em execução é vista como um conjunto de janelas
  - Cada janela tem um descritor único, do tipo HWND
    - Um tipo de HANDLE específico para janelas
    - Cada componente da interface têm uma janela associada
    - O utilizador apenas se apercebe das *top-level windows* (janelas com título)
  - Cada janela pertence a uma classe (tipo de janela e código associado)
- Windows oferece mecanismos de comunicação *originais*
  - baseados na troca de mensagens entre janelas que representam eventos
  - apenas estes eram disponibilizados inicialmente no Windows
  - não existem noutros SO que apenas têm noção de processo

Departamento de Engenharia Informática

Comunicação entre Janelas (Windows)

- Interlocutores na comunicação são as próprias janelas das aplicações em execução
  - *Input* do utilizador (teclado, rato) é mapeado em mensagens enviadas a janelas
  - Controlo das aplicações pelo utilizador (redimensionamento, minimização de janelas)
  - Gestão da interface é regida pela troca de mensagens entre janelas
  - Aplicações podem enviar mensagens às suas próprias janelas
  - Aplicações podem criar janelas escondidas exclusivamente para comunicação
  - Utilizador pode coordenar a comunicação entre janelas
    - *Ex.: copy-paste, drag-and-drop*

Comunicação entre Janelas no Windows
Window Messages

- Vista global: janelas, mensagens e procedimentos
  - As mensagens são enviadas a uma janela, pelo SO, ou por aplicações
    - é usada uma API específica (ex: função *SendMessage*)
    - Contêm HWND janela-destino e código de classe de mensagem (o seu significado)
  - As mensagens enviadas são colocadas numa fila global ao sistema (*system queue*)
  - Cada mensagem é remetida para a fila dedicada (*message queue*) da tarefa que criou a janela a quem a mensagem é dirigida (pode gerir mais do que uma janela)
  - Cada tarefa reenvia (i.e., despacha) a mensagem invocando uma rotina de tratamento específica (***window procedure***) associada à janela-destino
    - A recepção de mensagens é assim implícita, através da invocação da *window procedure*
- Tipos de mensagens
  - Sistema: pré-definidas, e globais; utilizadas para controlar o funcionamento das aplicações ou para fornecer informação à aplicação (ex: WM_PAINT, WM_QUIT)
  - Aplicacionais: definidas dinamicamente pelas aplicações, podem ser de âmbito privado à aplicação (ex: WM_USER), ou global ao sistema

Comunicação entre Janelas no Windows
Window Messages (2)

```
BOOL PostMessage(
     HWND hWnd,
     UINT Msg,
     WPARAM wParam,
     LPARAM lParam);
```

- Envio e encaminhamento de Mensagens
  - Encaminhamento por filas (*queued messages):* função `PostMessage`
    - mensagens são inseridas no fim da fila privada da tarefa que criou a janela
      - ex: informação de *input* do utilizador (ex: `WM_LBUTTONDBLCLK` p/ botão do rato)
    - certas mensagens são mantidas no fim da fila até que não haja outras
      - Ex: redesenho do interface (WM_PAINT) que permite combinar várias mensagens
    - semântica assíncrona: retorno indica apenas inserção na fila
  - Parâmetros:
    - Identificação da janela destino (hWnd)
      - `HWND` conhecido ou obtido através de `FindWindow, GetParent, EnumWindows`
    - Classe da mensagem a enviar (Msg)
      - Ex: `WM_MOUSEMOVE` para notificar movimento do rato
    - Parâmetros de significado específico a cada classe de mensagem
      - Ex: `wParam` indica se alguma tecla do rato foi premida
      - Ex: `lParam` indica as coordenadas da posição do cursor do rato no ecrã

Comunicação entre Janelas no Windows
Window Messages (3)

```
BOOL SendMessage(
     HWND hWnd,
     UINT Msg,
     WPARAM wParam,
     LPARAM lParam);
```

- Envio e encaminhamento de Mensagens (cont.)
  - Envio Directo de mensagens
    - Realizado através da função **`SendMessage`**
    - Utilizada para classes de mensagens de que a aplicação deve ser avisada rapidamente
      - Ex: activação de janelas, gestão do foco da interface, selecção e movimentação de janelas
    - Parâmetros idênticos a **`PostMessage`**
    - Semântica **síncrona**
      - Apenas retorna depois da mensagem ter sido processada pela rotina de tratamento (*window procedure*) da janela-destino
      - Retorno da função indica resultado do processamento
      - Pode causar interblocagem se ocorrer envio directo entre duas janelas, nos dois sentidos

Departamento de Engenharia Informática

Comunicação entre Janelas no Windows
Window Messages (4)

- Envio e encaminhamento de Mensagens (cont.)
  - Envio Directo de mensagens (cont.)
    - Variantes **`SendMessageCallback`** ou **`SendNotifyMessage`** permitem o envio directo de mensagens com semântica assíncrona
    - **`SendMessageCallback`** recebe como parâmetro, uma função (*callback)* que será invocada como resposta ao processamento da mensagem.
    - **`SendNotifyMessage`** apenas retorna sem entregar a mensagem se esta se destinar a uma janela gerida por outra tarefa (p/ intra-aplicação)
  - Difusão de mensagens (*Broadcast*)
    - HWND NULL difunde mensagem por todas as janelas da aplicação
    - HWND_BROADCAST para todas as janelas *top-level* existentes

Comunicação entre Janelas no Windows
Window Messages (5)

```
BOOL GetMessage(
     LPMSG lpMsg,
     HWND hWnd,
     UINT wMsgFilterMin,
     UINT wMsgFilterMax);
```

- Tratamento e Recepção de Mensagens
  - Realizado através de um ciclo executado pela tarefa que gere a interface e que criou a janela. Em cada iteração:
    - É lida/retirada uma mensagem da cabeça da fila (message queue)
    - A mensagem é adaptada caso envolva teclas (TranslateMessage),
    - E agulhada para a rotina de tratamento respectiva (DispatchMessage)
  - Código gerado automaticamente em aplicações baseadas nas MFC
  - Leitura de mensagens recorre a duas funções:
    - **GetMessage**: fica bloqueada enquanto não houver mensagens na fila
    - **PeekMessage**: retorna imediatamente, haja ou não mensagens em espera, e permite a leitura não destrutiva da mensagem (sondagem)
    - A mensagem é devolvida por referência em lpMsg.O retorno das funções é diferente de zero quando é retirada uma mensagem da fila.

Departamento de Engenharia Informática

Comunicação entre Janelas no Windows
Window Messages (6)

```
BOOL PeekMessage(
     LPMSG lpMsg,
     HWND hWnd,
     UINT wMsgFilterMin,
     UINT wMsgFilterMax,
     UINT wRemoveMsg);
```

- Filtragem de Mensagens
  - É possível através dos parâmetros de `Get / PeekMessage`
  - Quando são todos nulos/zero, é devolvida a primeira mensagem da fila
  - Quando são especificados valores
    - Indicam que deve ser devolvida a primeira mensagem que satisfizer condições como:
    - especificar a janela destino das mensagens (`hWnd`)
      - Ex: janela principal da aplicação
    - restrições dos valores passados como dados adicionais da mensagem (`wMsgFilterMin` e `wMsgFilterMax`).
      - Ex: coordenadas do rato.

Comunicação entre Janelas no Windows
Window Messages (7)

- Rotinas de Tratamento (window procedures)
  - Cada classe de janelas tem uma rotina de tratamento
    - A mesma para todas as janelas da mesma classe
  - A rotina é invocada quando a mensagem é entregue à janela
  - A rotina é responsável pelo processamento da mensagem
    - Caso não o faça, delega esse tratamento ao Windows
      - rotina de tratamento por omissão: **`DefWindowProc`**
    - Nunca são descartadas mensagens
  - A rotina recebe como parâmetros cada campo da mensagem
    - janela-destino (`hWnd`), classe da mensagem (`iMsg`) e campos adicionais

```
LRESULT CALLBACK WndProc(HWND hWnd, UINT imsg, WPARAM wparam, LPARAM lparam);
```


Comunicação entre Janelas no Windows
Window Messages (8)

- Herança entre Classes de Janelas
  - O Windows faculta herança entre classes de janelas
    - Propriedades, controlos, desenho da IU e tratamento de mensagens
  - Cada classe de janelas pode:
    - utilizar a sua rotina de tratamento para reagir de forma especializada a uma ou mais classes de mensagens, e
    - delegar o tratamento das outras na rotina de tratamento da sua superclasse
  - Quando uma classe de janelas é criada
    - É-lhe atribuída por omissão a rotina de tratamento da sua superclasse

Comunicação entre Janelas no Windows *Window Messages* (9)

- Herança entre Classes de Janelas - Delegação
  - Redefinição da rotina tratadora de uma janela
    - Realizado usando a função `SetWindowLong` com parâmetro `GWL_WNDPROC`
    - Devolve como retorno um apontador para a rotina tratadora antiga
    - Na primeira vez, este diz respeito à rotina tratadora da superclasse
    - Se este apontador for salvaguardado, a rotina pode ser invocada mais tarde.
  - Na prática, esta forma de delegação ocorre quase sempre
    - a rotina de tratamento da subclasse apenas se encarrega de classes mensagens ou parâmetros muito específicos.

Comunicação entre Janelas no Windows Mecanismos básicos - Átomos

- Mecanismo mais primitivo de comunicação
  - Armazenamento, partilha, e pesquisa de:
    - Cadeias de caracteres (*strings)* sem distinção de caixa
    - Valores numéricos inteiros
    - Em conjunto com mensagens faz a base de outros mecanismos de comunicação (ex: , clipboard, DDE)
- Um átomo (*atom*) é um número de 16-bit (uma chave)
  - identifica os dados a ele associados (ex: uma *string*)
- Tabelas de átomos
  - Átomos são armazenados tabelas de hashing
    - acesso em exclusão mútua e com contadores de referências (n.º inserções)
  - **Tabela Local** à aplicação
    - Guarda mensagens para o utilizador, texto menus, barras de estado, etc.
  - **Tabela Global** ao Sistema: utilizada para comunicação

Comunicação entre Janelas no Windows
Mecanismos básicos – Átomos (2)

- API átomos
  - Local: **InitAtomTable**, **AddAtom**, **FindAtom**, **GetAtomName**, **DeleteAtom**
  - Global: **GlobalAddAtom**, **GlobalFindAtom**, etc.
- Comunicação entre Janelas usando Átomos
  - Transmissão eficiente de *strings* entre janelas
    - Intra e inter-processos com tabelas local e global
  - Produtor: insere *string* na tabela e recebe um átomo (16-bit)
  - Envia o átomo a outras janelas inserido numa mensagem
    - Num campo inteiro, ex: **lParam**
    - Mensagens não podem conter *strings* nem apontadores para memória
  - Consumidor retira átomo da mensagem e acede à *string*

Comunicação entre Janelas no Windows
Mensagens de Cópia de Dados

- Mensagens permitem enviar notificações e transferir átomos
- Para transferir dados genéricos (ex: estruturas de dados) entre janelas, utilizam-se mensagens de cópia de dados:
  - Mensagens da classe **WM_COPYDATA**
  - Enviadas com semântica síncrona (**SendMessage**)
  - Campo **wParam** de **MSG** indica o handle da janela produtor
  - Campo **lParam** de **MSG** contém um apontador para uma estrutura do tipo **COPYDATASTRUCT**
    - **lpData** e **cbData** indicam endereço e dimensão *buffer* com os dados a copiar
    - *buffer* deve ser *alocado* e libertada pelo produtor
    - *buffer* é mapeado no espaço de endereçamento do consumidor
    - por convenção não deve ser modificado, apenas copiado

```
typedef struct
tagCOPYDATASTRUCT {
    ULONG_PTR dwData;
    DWORD cbData;
    PVOID lpData;
} COPYDATASTRUCT;
```

Comunicação entre Janelas no Windows
Mensagens de Cópia de Dados (2)

- Permite a transferência de dados entre janelas de forma simples
- Limitações à flexibilidade:
  - apenas comunicação entre pares de janelas que já conheçam identificação mútua
    - excepto se for usada difusão
  - consumidor tem de conhecer previamente a estrutura dos dados trocados
  - iniciativa da comunicação é exclusiva das aplicações
    - sem a intervenção do utilizador
- Mais adequada para a troca de dados entre janelas:
  - que façam parte de uma mesma aplicação,
  - ou de aplicações associadas
  - identificação das janelas e a estrutura interna dos dados são de domínio comum.

Comunicação entre Janelas no Windows
Clipboard (1)

- ***Clipboard***: zona de memória global ao sistema
  - também podem existir *clipboards* privados de aplicações.
- Comunicação entre janelas sem associação prévia
  - *de-coupled*.
- Permite qualquer número de interlocutores
  - modelo de comunicação muitos-para-muitos
- Documenta os formatos dos dados trocados
  - ex: texto, bitmap, etc.
  - Permite comunicação entre aplicações diferentes
- Orquestrada pelo Utilizador
  - que escolhe as janelas produtoras e consumidoras (*copy/cut* e *paste*)
  - muito diferente do modelo computacional subjacente ao Unix
  - maior flexibilidade na comunicação

Comunicação entre Janelas no Windows
Clipboard (2)

- Mensagens Trocadas:
  - `WM_COPY, WM_CUT, WM_PASTE, WM_CLEAR, EM_UNDO`
  - enviadas às janelas por iniciativa do utilizador
- Formato dos dados
  - suporta diferentes formatos identificados explicitamente
    - pré-definidos (ex: `CF_TEXT`, `CF_BITMAP`)
    - definidos pelas aplicações (nomes geridos como átomos)
- Capacidade de Armazenamento
  - a cada momento o *clipboard* apenas contém um conjunto de dados (*copy* ou *cut*) que pode estar representado em mais do que um formato
  - clipboard tem de ser esvaziado antes de serem colocados novos dados
- Sincronização
  - a cada momento, existe um ***owner*** que pode efectuar escritas ou remoções no *clipboard.*
  - restantes janelas apenas podem efectuar leituras.
  - O ***owner*** é última janela que colocou dados no clipboard ou uma nova que assinalou a intenção de o fazer

Comunicação entre Janelas no Windows
API *Clipboard*

- **Associação**: prévia à leitura/escrita com função **`OpenClipboard`** e terminada com **`CloseClipboard`**
- **Escrita (*copy/cut*):**
  - Limpar conteúdo anterior com **`EmptyClipboard`**
  - Notificação **`WM_DESTROYCLIPBOARD`** ao owner anterior
  - Colocar dados com **`SetClipboardData`** em cada um dos formatos
    - **`HANDLE`** de zona de memória com os dados (**`GlobalAlloc`**)
- **Leitura (*paste*):**
  - Selecção do formato desejado através de **`EnumClipboardFormats`**, **`IsClipboardFormatAvailable`** e **`GetPriorityClipboardFormat`**
  - **`GetClipboardData`** devolve **`HANDLE`** da zona de memória com dados no formato seleccionado
  - Zonas de memória são libertadas automaticamente quando os dados são retirados do *clipboard*
    - o sistema invoca **`GlobalFree`**

Comunicação entre Janelas no Windows API *Clipboard* (2)

- **Escrita Diferida (*Delayed Rendering*):**
  - Para formatos muito complexos
    - que envolvam grande esforço computacional para preencher a região de memoria onde vai ser colocado o seu conteúdo,
  - A janela que faz copy/cut escreve no clipboard
    - sem preencher efectivamente os dados
    - passando **`NULL`** como **`HANDLE`** da região de memória
  - Quando outra janela aceder ao *clipboard*, a janela produtora será notificada com uma mensagem **`WM_RENDERFORMAT`**
    - Indicando o formato pretendido pelo consumidor.
  - Apenas neste momento, de forma diferida, o produtor coloca os dados no clipboard usando a função **`SetClipboarData`**.

Slides auxiliares de 2009/10

Sockets

Sockets

- Interface de programação para comunicação entre processos introduzida no Unix 4.2 BSD
- Objectivos:
  - independente dos protocolos
  - transparente em relação à localização dos processos
  - compatível com o modelo de E/S do Unix
  - eficiente

Domínio e Tipo de Sockets

- Domínio do socket - define a família de protocolos associada a um socket:
  - Internet: família de protocolos Internet
  - Unix: comunicação entre processos da mesma máquina
  - outros…
- Tipo do socket - define as características do canal de comunicação:
  - stream: canal com ligação, bidireccional, fiável, interface tipo sequência de octetos
  - datagram: canal sem ligação, bidireccional, não fiável, interface tipo mensagem
  - raw: permite o acesso directo aos níveis inferiores dos protocolos (ex: IP na família Internet)

Domínio e Tipo de Sockets (2)

- Relação entre domínio, tipo de socket e protocolo:

tipo \ domínio	AF_UNIX	AF_INET	AF_NS
SOCK_STREAM	SIM	TCP	SPP
SOCK_DGRAM	SIM	UDP	IDP
SOCK_RAW	-	IP	SIM
SOCK_SEQPACKET	-	-	SPP

Interface Sockets: definição dos endereços

```
/* ficheiro <sys/socket.h> */
struct sockaddr {
  u_short family; /* definição do dominio (AF_XX) */
  char sa_data[14]; /* endereço específico do dominio*/
};

/* ficheiro <sys/un.h> */
struct sockaddr_un {
  u_short family; /* definição do domínio (AF_UNIX) */
  char sun_path[108]; /* nome */
};
```

```
/* ficheiro <netinet/in.h> */
struct in_addr {
  u_long addr; /* Netid+Hostid */
};

struct sockaddr_in {
   u_short sin_family; /* AF_INET */
    u_short sin_port; /* número do porto - 16 bits*/
      struct  in_addr  sin_addr;  /*  Netid +Hostid */
  char sin_zero[8]; /* não utilizado*/
};
```

struct sockaddr_un
family
pathname (up to 108 bytes)

struct sockaddr_in
family
2-byte port
4-byte net ID, host ID
(unused)

Interface Sockets: criação de um socket e associação de um nome

- Criação de um socket:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
int socket (int dominio, int tipo, int protocolo);
```

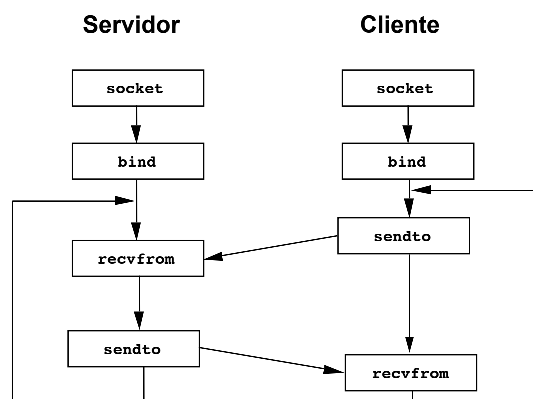
  - domínio: AF_UNIX, AF_INET
  - tipo: SOCK_STREAM, SOCK_DGRAM
  - protocolo: normalmente escolhido por omissão
  - resultado: identificador do socket (sockfd)
- Um socket é criado sem nome
- A associação de um nome (endereço de comunicação) a um socket já criado é feito com a chamada bind:

```
int bind(int sockfd, struct sockaddr *nome, int dim)
```

Sockets com e sem Ligação

- Sockets com ligação:
  - Modelo de comunicação tipo diálogo
  - Canal com ligação, bidireccional, fiável, interface tipo sequência de octetos
- Sockets sem ligação:
  - Modelo de comunicação tipo correio
  - Canal sem ligação, bidireccional, não fiável, interface tipo mensagem

Sockets sem Ligação



Sockets sem Ligação

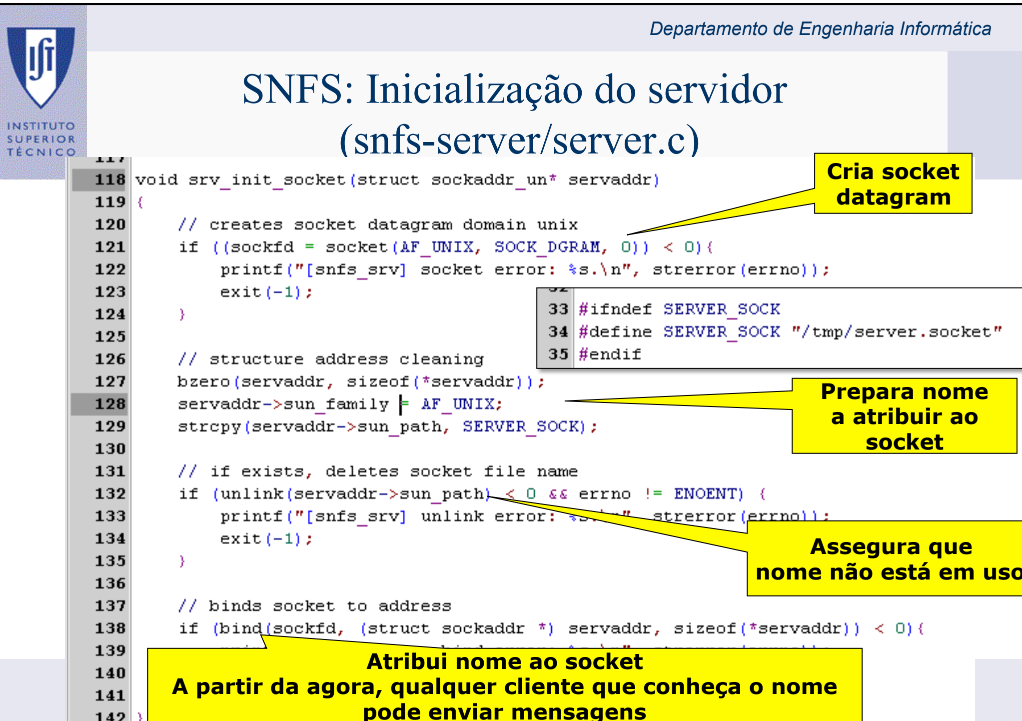
- sendto: Envia uma mensagem para o endereço especificado

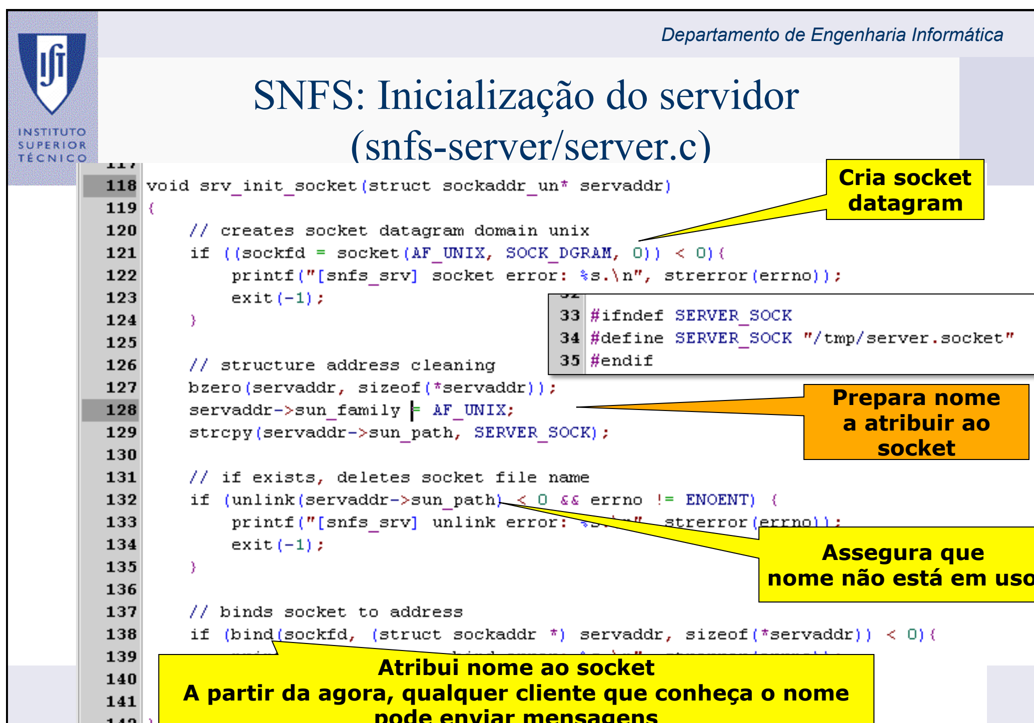
```
int sendto(int sockfd, char *mens, int dmens,
      int flag, struct sockaddr *dest, int *dim)
```

- recvfrom: Recebe uma mensagem e devolve o endereço do emissor

```
int recvfrom(int sockfd, char *mens, int dmens,
      int flag, struct sockaddr *orig, int *dim)
```


Exemplo de Sockets UNIX/Datagram: Projecto SO (SNFS)




Departamento de Engenharia Informática
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
SNFS: Inicialização do servidor
(snfs-server/server.c)
118 void srv_init_socket(struct sockaddr_un* servaddr)
119 {
120 // creates socket datagram domain unix
121 if ((sockfd = socket(AF_UNIX, SOCK_DGRAM, 0)) < 0){
122 printf("[snfs_srv] socket error: %s.\n", strerror(errno));
123 exit(-1);
124 }
125
126 // structure address cleaning
127 bzero(servaddr, sizeof(*servaddr));
128 servaddr->sun_family = AF_UNIX;
129 strcpy(servaddr->sun_path, SERVER_SOCK);
130
131 // if exists, deletes socket file name
132 if (unlink(servaddr->sun_path) < 0 && errno != ENOENT) {
133 printf("[snfs_srv] unlink error:
134 exit(-1);
135 }
136
137 // binds socket to address
138 if (bind(sockfd, (struct sockaddr *) servaddr, sizeof(*servaddr)) < 0){
139
140
141
142 }
33 #ifndef SERVER_SOCK
34 #define SERVER_SOCK "/tmp/server.socket"
35 #endif
Cria socket datagram
Prepara nome a atribuir ao socket
Assegura que nome não está em uso
Atribui nome ao socket
A partir da agora, qualquer cliente que conheça o nome pode enviar mensagens

SNFS: Cliente (snfs_api.c)

```
63 static int remote_call(snfs_msg_req_t *req, int reqsz, snfs_msg_res_t *res,
64    int ressz, int to_all_servers)
65 {
66    int status;
67
68    req->sn = (ne
69
70    // sends the request to the server
71    status = sendto(Cli_sock, (void*)req, reqsz, 0,
72       (struct sockaddr *)&Serv_addr, sizeof(Serv_addr));
73    if (statu
74      //print
75       printf
76       return -1;
77    }
78
79    // waits for an answer
80    status = recvfrom(Cli_sock, res, ressz, 0, NULL, NULL);
81    if (status < 0) {
82       printf("[snfs_api] recvfrom error: %s.\n", strerror(errno));
83       return -1;
84    }
85    if (status == 0) {
86       printf("[snfs_api] server is closed.\n");
87       return -1;
88    }
89    if (res->sn != req->sn) {
90      printf("[snfs_api] received response to wrong request serial number.\n");
91      return -1;
92    }
93
94    return status;
95 }
```

Cliente um socket (Cli_sock). remote_call envia pedido ‘req’ ao(s) servidor(es) e espera pela resposta (que coloca em ‘res’)

Envia o pedido

Serv_addr é variável global com o nome do servidor. Inicializada na função snfs_init.

Espera pela resposta

Cofirma que nº de série da resposta é o mesmo do pedido

8/28/2003

SNFS: Cliente (snfs_api.c)

```
63 static int remote_call(snfs_msg_req_t *req, int reqsz, snfs_msg_res_t *res,
64    int ressz, int to_all_servers)
65 {
66    int status;
67
68    req->sn = (ne
69
70    // sends the request to the server
71    status = sendto(Cli_sock, (void*)req, reqsz, 0,
72       (struct sockaddr *)&Serv_addr, sizeof(Serv_addr));
73    if (statu
74      //print
75       printf
76       return -1;
77    }
78
79    // waits for an answer
80    status = recvfrom(Cli_sock, res, ressz, 0, NULL, NULL);
81    if (status < 0) {
82       printf("[snfs_api] recvfrom error: %s.\n", strerror(errno));
83       return -1;
84    }
85    if (status == 0) {
86       printf("[snfs_api] server is closed.\n");
87       return -1;
88    }
89    if (res->sn != req->sn) {
90      printf("[snfs_api] received response to wrong request serial number.\n");
91      return -1;
92    }
93
94    return status;
95 }
```

Cliente um socket (Cli_sock). remote_call envia pedido ‘req’ ao(s) servidor(es) e espera pela resposta (que coloca em ‘res’)

Envia o pedido

Serv_addr é variável global com o nome do servidor. Inicializada na função snfs_init.

Espera pela resposta

Cofirma que nº de série da resposta é o mesmo do pedido

8/28/2003

Departamento de Engenharia Informática

Cliente DGRAM AF_UNIX

```
#include "unix.h"
main(void) {
   int sockfd, clilen, servlen;
   char *mktemp();
   struct sockaddr_un cli_addr, serv_addr;

   /* Cria socket datagram */
   if(( sockfd = socket(AF_UNIX, SOCK_DGRAM, 0) ) < 0)
        err_dump("client: can't open datagram socket");
   /* O nome temporário serve para ter um socket para resposta do
   servidor */
   bzero((char *) &cli_addr, sizeof(cli_addr));
   cli_addr.sun_family = AF_UNIX;
   mktemp(cli_addr.sun_path);
   clilen = sizeof(cli_addr.sun_family) + strlen(cli_addr.sun_path);

   /* Associa o socket ao nome temporário */
   if (bind(sockfd, (struct sockaddr *) &cli_addr, clilen) < 0)
        err_dump("client: can't bind local address");
```

Cliente DGRAM AF_UNIX(2)

```
   /* Primeiro uma limpeza preventiva!
   bzero((char *) &serv_addr, sizeof(serv_addr));

   serv_addr.sun_family = AF_UNIX;
   strcpy(serv_addr.sun_path, UNIXDG_PATH);
   servlen=sizeof(serv_addr.sun_family) +
                  strlen(serv_addr.sun_path);

   /* Lê linha do stdin e envia para o servidor. Recebe a linha do
      servido e envia-a para stdout */
   dg_cli(stdin, sockfd, (struct sockaddr *) &serv_addr, servlen);

   close(sockfd);
   unlink(cli_addr.sun_path);
   exit(0);
}
```


Cliente DGRAM AF_UNIX (3)

```
#include <stdio.h>
#define MAXLINE 512

/* Cliente do tipo socket datagram.
   Lê string de fp e envia para sockfd.
   Lê string de sockfd e envia para stdout */

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
```

Cliente DGRAM AF_UNIX (4)

```
while (fgets(sendline, MAXLINE, fp) != NULL) {
     n = strlen(sendline);

     /* Envia string para sockfd. Note-se que o  \0 não é enviado */
     if (sendto(sockfd, sendline, n, 0, pserv_addr, servlen) != n)
         err_dump("dg_cli: sendto error on socket");

     /* Tenta ler string de sockfd. Note-se que tem de
          terminar a string com \0 */
     n = recvfrom(sockfd, recvline, MAXLINE, 0,
                     (struct sockaddr *) 0, (int *) 0);
     if (n < 0) err_dump("dg_cli: recvfrom error");
     recvline[n] = 0;

     /* Envia a string para stdout */
     fputs(recvline, stdout);
  }
  if (ferror(fp)) err_dump("dg_cli: error reading file");
}
```


Servidor DGRAM AF_UNIX

```
/* Servidor do tipo socket datagram. Recebe linhas do cliente e devolve-as para o
   cliente */
#include "unix.h"
main (void) {
   int sockfd, servlen;
   struct sockaddr_un serv_addr, cli_addr;

   /* Cria socket datagram */
   if ((sockfd = socket(AF_UNIX, SOCK_DGRAM, 0)) < 0)
        err_dump("server: can't open datagram socket");

   unlink(UNIXDG_PATH);
   /* Limpeza preventiva*/
   bzero((char *) &serv_addr, sizeof(serv_addr));
   serv_addr.sun_family = AF_UNIX;
   strcpy(serv_addr.sun_path, UNIXDG_PATH);
   servlen = sizeof(serv_addr.sun_family) + strlen(serv_addr.sun_path);
   /* Associa o socket ao nome */
   if (bind(sockfd, (struct sockaddr *) &serv_addr, servlen) < 0)
        err_dump("server: can't bind local address");

   /* Fica à espera de mensagens do client e reenvia-as  para o cliente */
   dg_echo(sockfd, (struct sockaddr *) &cli_addr, sizeof(cli_addr));
 }
```

Servidor DGRAM AF_UNIX (3)

```
#define MAXLINE 512

/* Servidor do tipo socket datagram.
   Manda linhas recebidas de volta
   para o cliente */

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#define MAXMESG 2048

/* pcli_addr especifica o cliente */

dg_echo(sockfd, pcli_addr, maxclilen)
int sockfd;
struct sockaddr *pcli_addr;
int maxclilen;
{
```

```
  int n, clilen;
  char mesg[MAXMESG];

  for (;;) {
     clilen = maxclilen;

     /* Lê uma linha do socket */
     n = recvfrom(sockfd, mesg, MAXMESG,
                  0, pcli_addr, &clilen);
     if (n < 0)
        err_dump("dg_echo:recvfrom error");

     /*Manda linha de volta para o socket */
     if (sendto(sockfd, mesg, n, 0,
                pcli_addr, clilen) != n)
        err_dump("dg_echo: sendto error");
  }
}
```