# 信号

## 概念

软中断信号（signal，又简称为信号）用来通知进程发生了异步事件，改变程序正常的执行流程。进程之间可以互相通过系统调用kill发送软中断信号。内核也可以因为内部事件而给进程发送信号，通知进程发生了某个事件。注意，信号只是用来通知某进程发生了什么事件，并不给该进程传递任何数据。

## 性质

信号是异步事件：

1、不可预见

2、信号有自己的名称和编号

3、信号和异常处理机制

## 发送

信号什么时候发出：

1、用户的动作 (如用户按键：Ctrl+c等)

2、硬件异常 （如：除数为0，无效内存引用等）

3、Kill系统调用或者kill命令

4、软件设置的条件 (如gdb程序给另外一个程序设置断点执行等)

## 常用信号

常用信号31个，每个信号都有自己的编号和对应的宏定义：

SIGTSTP 20 前台进程挂起(Ctrl+z)

SIGINT 2 前台进程中断(Ctrl+z)

SIGTERM 15 kill命令发送到默认终止信号

SIGSTOP 19 停止进程(不能被捕捉或忽略)

SIGKILL 9 杀死进程(不能被捕捉或忽略)

SIGCHLD 17 进程终止或停止时，将该信号发送给其父进程

SIGCONT 18 让当前处于停止状态的信号继续运行

SIGFPE 8 算术异常信号，如被除数为0等

SIGPIPE 13 若写到管道时读进程终止，则发生此信号，管道破裂

SIGUSR1 10 用户自定义信号

## signal

上述的信号系统提供了默认的处理方式，如果需要自定义信号处理函数，则可以调用signal：

void (\*signal(int sig , void (\*func)(int)))(int);

参数：

sig： 信号编号

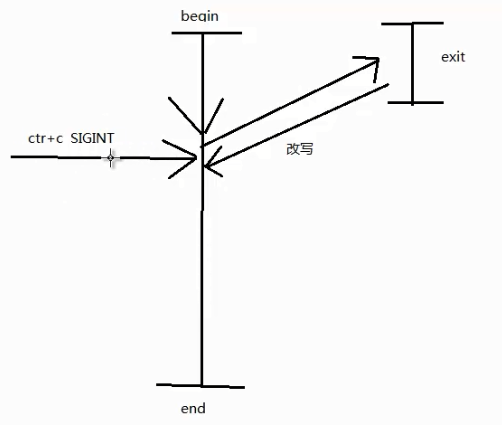
void (\* func )(int)：信号处理函数

返回值：类型是一个信号处理函数的函数指针

SIG\_ERR 错误返回结果 (void(\*)(int))(-1)

SIG\_IGN 忽略某个信号 (void(\*)(int))(0)

SIG\_DFL 默认处理某个信号 (void(\*)(int))(1)



实例：

#include <unistd.h>

#include <stdio.h>

#include <string.h>

#include <stdlib.h>

#include <errno.h>

#include <signal.h>

void sig\_handler(int signo)

{

printf("pid:%d,signum:%d-------------signal occured\n",getpid(),signo);

}

int main(void)

{

if(signal(SIGINT,sig\_handler) == SIG\_ERR)

{

fprintf(stderr,"sigal : %s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

int i = 0;

while(1)

{

printf("i:%d\n",i++);

sleep(1);

}

return 0;

}

## 信号处理方式

### 程序启动

程序启动，所有信号的状态都是系统默认或忽略

一个进程原先要捕捉的信号，当其执行一个新程序后，就不在捕获

### 进程创建

当一个进程调用fork时，子进程继承父进程的信号处理方式。

实例：

#include <unistd.h>

#include <stdio.h>

#include <string.h>

#include <stdlib.h>

#include <errno.h>

#include <signal.h>

void sig\_handler(int signo)

{

printf("pid:%d catch child",getpid());

}

void out(int n)

{

int i = 0;

for(i;i < n;i++)

{

sleep(1);

printf("pid:%d,i:%d\n",getpid(),i);

}

}

int main(void)

{

if(signal(SIGTSTP,sig\_handler) == SIG\_ERR)

{

fprintf(stderr,"sigal : %s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

pid\_t pid;

pid = fork();

if(pid < 0)

{

fprintf(stderr,"fork error:%s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

else if(pid > 0) //parent

{

out(100);

}else //child

{

out(100);

}

return 0;

}

# 可靠性

信号的可靠性讨论：

连续发送多次信号，内核对信号的处理(由信号屏蔽字和未决字决定)

1、发送同一个信号多次

信号只处理前两次，后面的都被忽略，并且第二次发送的信号会等待第一次信号处理完再处理。

2、交错发送不同的信号

马上处理新来的信号。内核中对信号的处理是由信号屏蔽字和未决字决定共同决定的，信号不排队等待。

实例：

#include <stdio.h>

#include <stdlib.h>

#include <unistd.h>

#include <string.h>

#include <errno.h>

#include <signal.h>

void sig\_handler(int signo)

{

if(signo == SIGTSTP)

{

printf("pid:%d,catch SIGTSTP signal...\n",getpid());

sleep(3);

printf("SIGTSTP END...\n");

}

if(signo == SIGINT)

{

printf("pid:%d,catch SIGINT signal...\n",getpid());

sleep(3);

printf("SIGTSTP END...\n");

}

}

int main(void)

{

if(signal(SIGTSTP,sig\_handler) == SIG\_ERR)

{

fprintf(stderr,"signal %s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

if(signal(SIGINT,sig\_handler) == SIG\_ERR)

{

fprintf(stderr,"signal %s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

while(1) pause();

return 0;

}

代码片段

void sig\_int();

...

signal(SIGINT,sig\_int);

...

void sig\_int()

{

signal(SIGINT,sig\_int);

}

依赖于信号处理函数的代码，最好放到信号处理函数中,否则是不可靠的。

代码片段

void sig\_int();

...

signal(SIGINT,sig\_int);

...

while(sig\_int\_flag == 0)

pause();

...

void sig\_int(){

signal(SIGINT,sig\_int);

...

sig\_int\_flag = 1;

}

针对上述：

#include <stdio.h>

#include <stdlib.h>

#include <unistd.h>

#include <string.h>

#include <errno.h>

#include <signal.h>

int flag = 0;

void sig\_handler(int signo)

{

printf("..........catch signal......\n");

flag = 1;

printf("hello world\n");

printf("...........end signal......\n");

}

int main(void)

{

if(signal(SIGTSTP,sig\_handler) == SIG\_ERR)

{

fprintf(stderr,"signal %s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

while(flag == 0)

{

sleep(5);

pause();

}

return 0;

}

# 可重入性

中断的系统调用

进程调用“慢”系统调用时，如果发生了信号，内核会终止系统调用。

## 慢系统调用

慢系统调用：

1、可能会永远阻塞的系统调用

2、从终端设备、管道或网络设备上的文件读取

3、向上述文件写入

4、某些设备上的文件打开

5、pause和wait系统调用

6、一些设备的ioctl操作

7、一些进程间通信函数

实例：

#include <stdio.h>

#include <unistd.h>

#include <stdlib.h>

#include <string.h>

#include <errno.h>

#include <signal.h>

#include <fcntl.h>

void sig\_handler(int signo)

{

printf(".........catch SIGTSTP signal..........\n");

}

int main(void)

{

if(signal(SIGTSTP,sig\_handler) == SIG\_ERR)

{

fprintf(stderr,"signal : %s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

int n;

char buffer[100] = {'\0'};

n = read(STDIN\_FILENO,buffer,100);

write(STDOUT\_FILENO,buffer,n);

return 0;

}

## 函数的可重入性

对于进程调用“慢”的系统调用时，如果发生了信号中断，内核会终止系统调用，重新执行。

对于用户函数中静态存储区(或全局数据区)的变量接受到信号的中断处理后可导致函数不可重入。正常流程和中断处理流程会对变量的数值相互覆盖影响。

可重入函数（函数定义在栈空间）：

int double(int a){

return a\*2;

}

不可重入函数（变量存储在全局数据区或静态变量区的函数）：

void foo(){

static int intarray[28];

static int index;

if(index > 19)return;

intarray[index] = 9;

index++;

}

# 信号集

## 概念

信号集是一个能表示多个信号的数据类型，sigset\_t set ；set即一个信号集。

每个进程有两个32位字：

1、分别表示当前挂起信号以及阻塞信号

2、该32位字的每一位对应一个信号

## 信号集操作

对信号集进行信号的清空、加入、删除等操作。

int sigemptyset(sigset\_t \*set);

将set集合置空

int sigfillset(sigset\_t \*set)；

将所有信号加入set集合

int sigaddset(sigset\_t \*set,int signo)

将signo信号加入到set集合

int sigdelset(sigset\_t \*set，int signo);

从set集合中移除signo信号

int sigismember(const sigset\_t \*set,int signo);

signo判断信号是否存在于set集合中

# 信号屏蔽

## 概念

进程可以暂时屏蔽信号，使得进程在执行过程中发生的相应信号暂时被阻塞，等待进城解除信号屏蔽后再由内核或驱动将该信号递送给进程。

信号屏蔽可屏蔽程序执行过程中的中断。

## 设置/获取信号屏蔽字

设置或获取信号集的信号屏蔽字：

int sigprocmask(int how, const sigset\_t \*restrict set,

sigset\_t\*restrito set);

返回值：成功返回0，出错返回-1

SIG\_BLOCK 追加屏蔽某个信号

SIG\_UNBLOCK 取消屏蔽某个信号

SIG\_SETMASK 设置新的屏蔽字信号集

如果屏蔽所有信号，可以进行如下设置：

sig\_set\_t set;

sigfillset(&set);

sigprocmask(SIG\_BLOCK, &set, NULL)；

等价于如下设置：

sig\_set\_t set;

sigfillset(&set);

sigprocmask(SIG\_SETMASK, &set, NULL);

实例：

#include <stdio.h>

#include <unistd.h>

#include <stdlib.h>

#include <string.h>

#include <errno.h>

#include <signal.h>

int g\_a[10];

void out(int n)

{

int s\_a[10];

int i = 0;

for(i;i < 10;i++)

{

g\_a[i] = n;

s\_a[i] = n;

sleep(1);

}

printf("\n...............g data............\n");

for(i = 0;i < 10;i++)

printf("%d ",g\_a[i]);

printf("\n...............s data............\n");

for(i = 0;i < 10;i++)

printf("%d ",s\_a[i]);

}

void sig\_handler(int signo)

{

printf("\n........catch SIGTSTP.........\n");

out(20);

printf("\n........end signal...........\n");

}

int main(void)

{

if(signal(SIGTSTP,sig\_handler) == SIG\_ERR)

{

fprintf(stderr,"signal : %s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

out(10);

printf("\n");

return 0;

}

如果清空所有信号屏蔽字集合，可以进行如下设置：

sig\_set\_t set;

sigfillset(&set);

sigprocmask(UN\_BLOCK, &set, NULL);

等价于如下设置：

sig\_set\_t set;

sigemptyset(&set);

sigprocmask(SIG\_SETMASK, &set, NULL);

获取当前信号屏蔽字信号集：

sig\_set\_t set;

sigemptyset(&set);

sigprocmask(SIG\_BLOCK, NULL, &set );

实例：

#include <stdio.h>

#include <unistd.h>

#include <stdlib.h>

#include <string.h>

#include <errno.h>

#include <signal.h>

int g\_a[10];

void out(int n)

{

int s\_a[10];

int i = 0;

sigset\_t set;

sigfillset(&set);

sigprocmask(SIG\_SETMASK,&set,NULL);

for(i;i < 10;i++)

{

g\_a[i] = n;

s\_a[i] = n;

sleep(1);

}

sigprocmask(SIG\_UNBLOCK,&set,NULL);

printf("\n...............g data............\n");

for(i = 0;i < 10;i++)

printf("%d ",g\_a[i]);

printf("\n...............s data............\n");

for(i = 0;i < 10;i++)

printf("%d ",s\_a[i]);

}

void sig\_handler(int signo)

{

printf("\n........catch SIGTSTP.........\n");

out(20);

printf("\n........end signal...........\n");

}

int main(void)

{

if(signal(SIGTSTP,sig\_handler) == SIG\_ERR)

{

fprintf(stderr,"signal : %s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

out(10);

printf("\n");

return 0;

}

## 信号未决字

连续发送多个相同信号，则信号未决字标记保存，未处理的信号，即当同类型的信号已经被屏蔽的状态下才设置未决字，处理后将被取消未决状态。所以连续发送多个相同信号只能处理两次，后面的都会被丢掉忽略。

int sigpending(sigset\_t \*set)

返回值：成功返回0，出错返回-1

获取信号未决字集合

sig\_set\_t set;

sigemptyset(&set);

sigpending(&set);

# 定时器

定时器是基于信号的一个应用，如果接触服务器编程，会用到一个网络库libevent，它支持I/O多路转换及定时器。

## alarm计时器

unsigned int alarm(unsigned int seconds);

函数说明 ：alarm()用来设置信号SIGALRM在经过参数seconds指定的秒数后传送给目前的进程。如果参数seconds为0，则之前设置的闹钟会被取消，并将剩下的时间返回。

返回值：返回之前闹钟的剩余秒数，如果之前未设闹钟则返回0。

useconds\_t ualarm(useconds\_t useconds, useconds\_t interval);

使用方法同alarm，但其一个参数为第一次计时器的延时，第二个参数为每次计时的间隔。采用的计时方式为循环计时。单位为us微秒。

实例：

#include <unistd.h>

#include <stdlib.h>

#include <signal.h>

#include <string.h>

#include <errno.h>

#include <stdio.h>

void sig\_handler(int signo)

{

if(signo == SIGALRM)

{

printf("...........catch SIGALARM.......\n");

alarm(5);

}

}

int main(void)

{

if(signal(SIGALRM,sig\_handler) == SIG\_ERR)

{

fprintf(stderr,"signal : %s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

alarm(5);

int i = 0;

while(1)

{

printf("i:%d\n",i++);

sleep(1);

}

return 0;

}

## kill和raise函数

进程与进程之间信号传递通过kill和raise。

1、kill和raise是用来发送信号的

2、kill把信号发送给进程或进程组

3、raise把信号发送给(进程)自身

函数原型如下:

#include<signal.h>

int kill(pid\_t pid, int signo);

int raise(int signo);

返回值：成功则返回0, 出错则返回-1

从原型上可以看出, raise函数是可以通过kill实现的.

raise(signo); 等价于: kill(getpid(), signo);

实例：

#include <unistd.h>

#include <stdio.h>

#include <string.h>

#include <stdlib.h>

#include <errno.h>

#include <signal.h>

void sig\_handler(int signo)

{

printf("pid:%d catch child",getpid());

}

void out(int n)

{

int i = 0;

for(i;i < n;i++)

{

sleep(1);

printf("pid:%d,i:%d\n",getpid(),i);

}

}

int main(void)

{

if(signal(SIGTSTP,sig\_handler) == SIG\_ERR)

{

fprintf(stderr,"sigal : %s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

pid\_t pid;

pid = fork();

if(pid < 0)

{

fprintf(stderr,"fork error:%s\n",strerror(errno));

exit(1);

}

else if(pid > 0) //parent

{

kill(pid,SIGKILL);

out(100);

}else //child

{

out(100);

}

return 0;

}