#####® ######### ##

<rdivacky@FreeBSD.org>
########: 48490

#####, #######, ####### ######, ##### ### ########## ### ###### ########## #####–
###/##
#########.

###, ###, ##/2, #######, ##/2, #/390, ### ######## ### ########## ## ##############
######## ######## ########### ## ### ###### ######, ##### #########, ## ####.

####### ## # ########## ######### ## ### ####### ##########.

########.

##########.

############, ##########, ### ######### ### ### ########## ########## ## #######–
#####, ###.

###########.

###, ### ############, ####, #### ####### #######, ###, ###, ###, ###, #####, #######,
#######, ##########, ##### ### ########## ### ########## ## ########## ##########
############, ###. ## ### ###### ###### ### ##### #########.

#####
######## ### ####### ## ##########. ##### ##### ############ ###### ## #### ###–
#####, ### ### ####### ####### ### ##### ## ### ######### #####, ### ############
######.

2016#03#28 17:31:06# ## ###.

########

#####® ######### ##### (### ##
Linuxulator). ### #### ### ## ###### ### ##### ## ##### ### ############# ## #####®
2.6. ## # ######### ##############, ### #####® 2.6.16 ###### ### ######. ### #######
##############. #### ## ### #### ### #### ## ### ###–
2006 ## # #### ## ### ###### ###### ## #### ######## #######. ### ##### ###
######## ### *NPTL* (### #####® ###### #######) ####### #### ### ######### #####, ##–
####### *TLS* (###### ##### #######), *futexes* (#### #### ##### #######), *PID mangling*,
######. #### ##### ######## #### ########## ### ##### ##
#######. ## #### ### ########## #### ### #### ####### ###### ########## ### #### ##
####### ## ### ######## 7.0# #######. ##, ### ######### ########### ####, ### #######
#####® 2.6 ######### ### ######## ######### ##### ## #######.

########

1. ############ 2
2. # #### ######… 2
3. ######### 9
4. #####® ######### ##### ### #### 13
5. #####® ######### ##### ### #### 16
6. ########## 24
7. ########### 25

1.

####® ##### ######### ####### ####### ## ## ###### ######## ## ###### ### ###### ########. ##### ##### ######### ####### # ##### #### ## ##### ### ###: #######, ### ### ### ########, #### ###### #### #### ### #### ########### ######## ### #####® ### ### #### #### ####, ############ #### ######### ######### ### ####### #### ##### #########. ####### ##### ## ## #### ## ###### ##### ######## ####### ##### #### ########## ##### #### #### ##### ## ####### ##### ######## ### ######## #####. ##### #####® ### ### #### ##### ## #######, ### ## ## #### #### #### ## #### ##### #####. #### ##### ## # ######### ##### ##### ### #### ###### #### ######## ######### ### #####® #### #### ####### ### #######.

#########, # #### ### ### ####### ## ### #####® ######## ## # ####### ###### ###### ### #### ## #### #### ###### ##### ####: ### ######### ## ### #####® ###### ## ### ####### ######### ######.

2006 ###### ###. ######### # ####### ##### ####### ## ######### ### #####® ###–###### ##### (### ## ###### ###########) ## ####### ## ####### #####® 2.6 ##########. #### ###### ## ####### ## # #### ## #### #######.

2. # #### ######…

########. ### #### #### #### ########, ########## ###., ### ### ######### #####. ## #### ######## ### ### #### ########## ######## ####® ########## #### #### # ### ##, #### # ###### ##, ###. ## ### ##### ########## ## #### ##### ### ####® ## ####® ######### ##### ## #### ## #######.

2.1. #### ## ####®

####® ## ## ######### ###### #### # #### ####### #### ### ########## ###### ##### ##### ######### ###### ######### ## ###. ######## ## ### 1960#, ### ########### ######### ## #### ### (######## ## ######### ########). ####® ########### #### ###### #### ### #### ####: ### #### ### ###### ###/# ###–#####. #### ######## ########## ########## ## ####### # ###### ####® ########. ##### ### ########–##### ########## ## ### ## ### #### ####### ######, ###/## ##########, ###, ### #### ######. ### ###–### # ###### ########### ## #### ############ ############ ##########, ############, ###. ####® ###### #### ### ##### ### #### ### ### ##### #### #### #### ## #### ##### ######### ####### ##### #### #### ####### ### ## ###### ####®##### ######### #######. ##### #### ### #### ########### #### ### #####®, #######, ### ######## (## #### ######) #######. ##### ### ########## ####® ########### (###, ##### ###.), ### ##### #### #### #### ### #### ######## ## ### ############## #######. ### ## ######### ####### ####® ###############.

2.2. #########

###########. ####### ####### ## ####### ####### ############ ### ##########. #### ########## ### ## #### #### #### ###### ##### (####### #### ######## ###.), ### ### ####### ###### ##### #### ## ### ######## ## ### #### #####. ### ###### ## ##### ### ########## ## ### #########, ########, ### ######### ####### #### #####. ### ###### ######## # ######## ####### ####® ### ## ### #### #####. ### #### ######### #### ### ####### #####.

2.2.1. ############## ####### ###### ### #### #####

####® ### ####### # ####### ## # ### ## ##### ######## #### # #### ##### ####### ## ### ######. ### #### ###### ############## ## ###### ## ##### ## ######### ## ########### ########### (##### ## SYSENTER/SYSCALL ############ ### ##32). ######## ### ####### ## # ######. ### ####### ## #######, ### ####### ###### 85 ## ### ######(2) ####### ### ### ####### ###### 132 ## ######(2). #### ######## #### ##########, ##### ### ###### #### ### ########## ## ### ########### ## ####### #### (############## #########). ######## ### ###########.

####### ######## ### ## ########### ## ## ##### # *trap*. ##### ##### ############## ##### #### ##### ###### (######## ## ####, #### ##### ###.). # #### ### ## ########### ### # ####### (#### #####) ## ### ###### ## # ######## #### ####### # *signal* (######## ## ####).

2.2.2. ############## #######

(###### # ###, ###### ###### ###.) ### ### ###### #### ######### ### ## ######. ####### ### #### ## ######### ## ## ### ###### ### ######## ## #########. #### ####### ### ## ######## ## ####### ## # #### ######## #######, #### ###### ## # ########## ###### #### ###### ## ####### ## #######.

2.2.3. #######

(## ###### ####). ##### ####### ####### ### ###### ### ######### #### ##### ### ####(2) #######. #### ######## ######## ######## ## #### ####### #### ########## ### ### ##### ######## ## ### ####. ##### ####### ####### ### ##### #### #### ##### ####### ##### ### ####(3) #######. #### ############## ## #### ####### #### ########## ### ### ##### ### #### ##### #######. ######### ### ##### ##### ## ####### ### ####(2) #######. ##### ####### ## ########## ## # ###### ###### ###### ###. ##### ######## ### # ####### ###### (########## ## ### ###).

2.2.4. ######

########### ####® #### ### ###### ### ### ### ############## ### #########, ##### #####® ####### ### ######### ### ### ### ############## ## #########. ############## ##### #### ### #### ## ############ #######. ######## #### ## ######## ######### (1:1 #########) ## ######## ### ##### ###### ##### ## ### ####### ### ######## ### ######### ## ######### (1:# #########). ######### #### ######## ## #### ########:

1:1 #########

- # ########### #######
- # ### ########## ###### ## ####### ## ### #### (######## ######### ## ### #####® ###)
- + ## ####### ######## #########
- + ### ####### ######## ####

1:# #########

- + ########### #######
- + ########## ### ## ###### ####### ## ### ####
- # ######## #### ## #######
- # ###### ####### #### #### ### ###

2.3. #### ## ########?

###. ## ## # ###### ########## ## ### ####### ####® ## ## ##### ## ####### #### ## ## # #### ####® ##– ###### ######### ###### ## ### ###### ####. ### ##### ## ### ####### ##### #### ## ### ##### 1990## #### # #### ## ###### ### ##### ######## ### 386### ######### ######. ##### ## #### ######## # ### ######### ###### ##### ##### ######## ### ### ####### ########. ######## ##### ######## ### ###### ######### ###### #### ######### ##### ## ####. ## #### ##### ## ########.

######## ## # ###### ####®###### ######### ###### #### ### ### ######## ## ####®. ########## #####– #######, ######### ##########, ###/## ##########, ###### ##########, ######### ############### ###– ####, ####### ###### #### ###### ## ### ###### #####, #### ### ### #####. ### ## ### ########### ###

######### ###### ######## ## ### ####### ## ####### ##### ####®##### ######### #######. ## ## #####–### 2006 ### 7######## ###########, ### ######### ######### ############### ### #########:

- #######/#386 ######### ## #######/###64
- #######/#386 ######### ## #######/##64
- #####®########## ## #####® ######### ###### ## #######
- ############## ## ####### ########## ####### #########
- ################ ## ###### ######### ######
- ############## ### ###### ####### ###########
- ###4########## ## ###### # ######## 4 ####®

######## ######### ########## ### ### #####® ##### ### ####### ################## ######. ###### ### ### ######## ## #### ######## ### ## ###### ##### ####.

####### ########### ####### ## # ####### ### ########## ##### #### # ######## #### ## ## ###### ######–#### ### #####. #### ########## ######### ####### ########; ### #### ########### ### ### #### ######, ## ####### ############ ###### ########, ### ######_# ########, ##### # ###### ### # ###### ########## # ##### ####### ## ########. ## ## ######## 2006, ##### ### ########### ######## ### 6.# ########### (##–####_6) ### ### ### 5.# ########### (######_5). ##### ######## ### ###### ### ### ######## ########## ## #### ### #### ######## ######## ## ### ######## ######## ## ### ####### ########.

############ ### ###### ########### ### #### ## ### #### ###### ## ## ### ########## ######### #####–### ### ######## ## ###### ## ##### ## ### ####. #### ## ### #### ### #### ## ### ######## (########## ####### ####### ######) ########## ### ########## ## #### ###### ########### ###### #####. ##### ### #### ######## ## ######## ##### ########### ## ######## ##### ## ### ###### ####### ### ##### ######## ### #### #### ## #### ###### #### ## ### #### ### ########## #### ########### ####### ### ##### ####### ## ### ####### ######### ######. ### #### ######## #### ### rdivacky_linuxolator ###### ##### ########### ## #### ###### #### ### ##### ##.

[2].

2.3.1. #########

####### ## ########### ###### ## ####® ## ### ##### ## ######## ### ### ## ######### #### ### ######: ###### ##### ### #### ##### ###. ##### ### ### ##### ## ####### ##### ## ### ######: # ####### ### # ####. ##### ## #### ### ### ## ######. ## ### ########## ######## ## #### ######## ### ##### ##### ##/#### ### ######. ### ##### ########## ####### ## ### #386 ########### ## ### ########## #### ###### ##### ### ### ####### ## ####### ## ##### ##############. ### ########## ### ##### #### [1] ### ### ###### ####.

2.3.1.1. ######

####### ### ## ########## ###### ## ######### ##### ######, ##### ## # ##### #### ### ######(2) #######. #### ####### # ######### sysentvec, ##### ######### ## ########## ###. ## ######## ###### #### ##### ########## #####, ###### ########## #####, ####### ######### ## ##### ####### ##### (##### #####, ##########, ###.). ##### ### ### ####### ###### ##### ## ####### #### ###### #### #########, ## ## ## #### ##### ## ### ####### ########## #### ### ## #### ##### ######. ###### ####### ### ####### ## #### ########, ##### ## ### ###### #### ### ############ ### ### ########## ## ####.

2.3.1.2.

######## ## ####### ### ###### ## ######### ######### 0x80 #### ######## %eax ### ## # ####### ####### ###### #### ######### ###### ## ### #####.

0x80, ### int0x80 ####### #### ####### ## ###### (####### ## sys/i386/i386/exception.s), ##### ######## ######### (#.#. ###### #### ## ## ### #####) ### # #### ## # # ######## #######(2) (####### ## sys/i386/i386/trap.c), ##### ######### ### ###### ## #########. ### ########## ######## ## ######### ### ####### (######### ## ### sysvec #####), ########### ## ### ####### ## 32#### ## 64#### ### (####### #### ## ### ##########), #### ### ########## ### ######, ######### ### #######. ####, ### ###### ####### ######## ## ######## #### ########## ## ### ###### #### (####### ##### ### ERESTART ### EJUSTRETURN ######). ####### ## userret() ## #########, ######### ### ####### #### ## ### ##########. ### ########## ## ### ###### ####### ####### ### ###### ## ### #### ## struct thread *td, struct syscall args * ######### ##### ### ###### ######### ## # ####### ## ### ###### ## ######### ## ##########.

2.3.1.3.

######## ## ##### ## ####### ## ####### ## ### ######## ## ########. ######## # #### ######, ## #####–#### ####### ## ######. ## ## ###### ####### ########, ######## #### #### ###### ## ######## ######### ## ### #### ## ### ####. #### ####### ######## ######### ### # #### ## # # ######## trap() (####### ## sys/i386/i386/trap.c), ##### #### ######### ### ######## ####. ##### ### ########## ## ##### #### # ###### ## ### ####### ###/## #### ## ######## ##### userret().

2.3.1.4.

doreti ########## ## ####### ### ###–### ### ####### ### # #### ## ### # #######. #### ######## ### ####### ###### #### ### ##### ### ####### ## ### #########.

2.3.1.5. ####®

####### ######### ###### ####### ## ### ########## ####® ######, ##### ##### ####### ### # ###### ############## ######, ### ## ###### *PID* (####### ##). ### ####### ### ######### ###### ######## ## ######## ####### #### 0 ## PID_MAX. ### ########## ## ### ####### ## #### ##### ###### ######### ## ### #####. ##### ###### ## # ####### ######## ### #### ### ###### ## ###### ## ### ######(2) ####.

#######. ### ##### ### ## #:# ######### ######## ## ### 1:1 ######### #####. ### ####### ####### #### ## #:# ######### (libpthread) ### ### ### ###### ## ####### ## 1:1 ######### (libthr). ### #### ## ## ###### ## 1:1 ####### ## ####### ####. ######## ##### ### ######### ### ### #### ###### ##########, #### ### ######## ####### ######### ###(##). ### #:# ####### #### ### kse_* ###### ## ######## ##### ### 1:1 ####### #### ### thr_* ###### ## ########. ####### ## ####, ##### ## ## ####### ####### ## ###### ## ###### ####### ###### ### #########. ## ######, #### ######### ######### ######### ### ####### ###### ## ###. ##### ###### ###### (## ######### ## struct thread) ### ## ### ########## ### #### ## ### ######## ########## #### ######## ### ###### ###### ### ######## #####. ## ## #### #### ### 1:1 ######### ####### ## ######### ###### ## ### ######## ## #### ## ######## ## ### ####### ### ###### ## ###### ##.

#######. ### #:# ####### ####### ### #### ####### ###### ##### ### #########. ###### ## ## ###### #### #### ######### ## ### ###### ### ## ### ######### ####### ###### ## ######### ########. # ######### ####### ### ###### ## # ###### ####### #### ###### ######### ##### ######## ### ######## ## ####### ############## ###########. ####### ##–######### ##### ### ############### ### ## ######## #### ### ### #### ## [1]. ### 1:1 ####### ######## #### # ######## ###### ## # ###### ###### #### ####### ########## ### ######. #### ## ##### ####### ######### # ######## ######### (#### # ######### ### ########### ### ## ### ####### ######## ####### ## ###### ####### ######## ### #### ### #### #### ######### ## #### ####).

2.4. #### ## #####®

#####® ## # ####®##### ###### ########## ######### ## ##### ########, ### ### ##### ########## ## ## # ####### ##### ## ########### ### ###### ### #####. #### ### #### ########## ## ######, #### #### ####### #### ######### #### ## ### ## ######, #####® ## ##### ########## #### ### #### ########## ####, #### ######## ####### ### ########## ######## ##### ## ############.

#####® ########### ####### ## 1991 ## # ######## ####### ## ########## ## ######## ## #######. ##### #### ## ### ######## ### ### ######## ## # ###### ####®##### ##: ###############, ######### #######, ####### ######, ##########, ######### ########## ## #####. ##### ### #### ###### ######## ######## #### ############## ###.

2006 #####® ##### ## ## ### #### ###### #### #### ###### ######### ###### #### ####### #### ########### ######## ####### #### ######, ############, #####, ###. #### ## ### ########## ######## ########### ### #####® ### #### ## ######## ## # ###### #### ## ############## ### ##### ######### ####### ## ##########.

#####® ########### ####### ## # ### ####### ####### ######. ### ## # ########### ###### ## ##### ## ## ####### ###### ## ### ######® ####, ### #### ######## ### ########## ######### ### ########. ### ####### ###### ###### ########### ## #####® ######## ## #### ####### #.#.#.#. ######### #######–#### ####### ## 2.6.#.#, ##### # ########## ##### #######, ##### ### ######## ### ##### ## ####### ##### # ## # ##### ####### ### ######## ####.

[4].

2.4.1. #########

#####® ####### ### ########### ####® ###### ## ######## ### ### ## # ####### ## ### ######: ### ###### ### #### #####. ### ###### ### ## ####### ## ### ####: ### # #### ## ### # #######. ### ###### ## ######## #### ## ### ###. ### ####### ########### ####### ## #####® 2.6 ## ### #386™ ############. #### #####–###### ### ##### #### [3].

2.4.1.1.

######## ## #####® ### ######### (## #########) ##### syscallX ###### ##### # ########### # ###### ###–######### ### ###### ## ########## ## ### ##### #######. #### ##### ########## ## # #### #### ##### %eax ######## #### # ###### ## ### ####### ### ######## ######### 0x80. ##### #### ####### ###### ## ######, ##### ########## ######## ###### ###### ## ######## errno ###### ### #### res ## -1 ## #### ## ## #####. ######## ### ######### 0x80 ## ###### ### ####### ###### ### ###### ## ###### #### #### #######. #### ####### ##### ### ######### ## ### ##### ### ##### ### ######## ####### #####. #### #### ### #####® ####### ########## ####### ########## ## ### ####### ## ## ###### ### ######### ## ##### ####:

1. ######### #> %ebx
2. ######### #> %ecx
3. ######### #> %edx
4. ######### #> %esi
5. ######### #> %edi
6. ######### #> %ebp

####, ##### #####® #### ######### ####### ########## (#### ####### ### clone #######).

2.4.1.2.

arch/i386/kernel/traps.c ### #### ## ##### ######## #### ## arch/i386/kernel/entry.S, ##### ######## ## ### ##### #######.

2.4.1.3.

####(3), ##### ###### ### ### ####### ###### ########## ####, #### ###### ####### ## #### ############## ##########. ## #### ####### ##### ###### ## ####### ### ####### ### ######### ### ######## #### ### ##### ### ### ####### ####### ## ### #########.

2.4.1.4. ####®

2.6 #######, ### #####® ######### ###### ######### #### ## ### ########## ####® ##########, ####### ###, ### ### ######. ### ## ####### ### ## ## ###### ### ##### #######, ## ### #### #######–## (#######) #######(2) ####### ### #### #####. ###### ############## ## ####### ## ######## ## ###. #### ## ####### *NPTL* (### #####® ###### #######) ####### ####### ## ## ###### ######### (## ###### 1:1 #########). ######## # ### ####### ## #####® 2.6 ####### ##### ### clone ####### (#### ######## ### ############ ##### ##). #### ##### ####### ####### # ### ## ##### #### ###### ######## ## ### ####### ####### ######### ###### ##############. ### ######## ## # ### ##### ## ##### ## ## ###### #### ####### ### ####### ## ###### # ######.

########## ##### ##### ###:

- CLONE_VM # ######### ##### ##### ###### #####
- CLONE_FS # ##### #####, ### ### #########
- CLONE_FILES # ##### #### #####
- CLONE_SIGHAND # ##### ###### ######## ### ####### #######
- CLONE_PARENT # ##### ######
- CLONE_THREAD # ## ###### (####### ########## #####)
- CLONE_NEWNS # ### #########
- CLONE_SYSVSEM # ##### #### #### ##########
- CLONE_SETTLS # ##### ### ## ######## #######
- CLONE_PARENT_SETTID # ### ### ## ### ######
- CLONE_CHILD_CLEARTID # ##### ### ## ### #####
- CLONE_CHILD_SETTID # ### ### ## ### #####

CLONE_PARENT #### ### #### ###### ## ### ###### ## ### ######. #### ## ###### ### ####### ####### ## ###### # ####### ###### # ## #### ###### # ## ## ######## ## ### ###### ## ### ##### ###### #####. CLONE_THREAD #### ####### ### #### ##### ## CLONE_PARENT, CLONE_VM ### CLONE_SIGHAND, ######## ### ## ## ### #### ## ### ## ### ######, #### #### ###### ## ## #### ### ###### ### ###### #####. CLONE_SETTLS #### ## ### ####### ### ### ########. ### CLONE_*_*TID ### ## ##### ####/###### #### ######## ####### ## ### ## 0.

CLONE_THREAD #### #### ## ### #### ### #### ### #### ## ### ### ###### #### ####. ### ######## ######### ## ####### (#### ### #######, ######### ## ######## ## ### ####) ### # ##### ########## ##### ### ### ######### ####, ##### ### #### ######### ##### #### ##### ##### ### #### ########## ### ##### ##### #########. ## ## #### ####### #### #### ######### ## #### ### ## ##### #### ### ### #### ## #### ############ ### ## ### ##### ####### # ########## ## ###### #### ########.

####. ### ######## ######## ### ##### ###### ### ### ### ### ### #### ### ##### ####### ###### ###### ### #### ### ### #### ######## # ###### ### (####### CLONE_THREAD ## ###### ##) #### ###### ## ###### ### ### ######### ####### #### ######## #######.

#######_######(3) ## #### ####### ### ##### ##### #### ####:

```
int clone_flags = (CLONE_VM | CLONE_FS | CLONE_FILES | CLONE_SIGNAL

 | CLONE_SETTLS | CLONE_PARENT_SETTID

| CLONE_CHILD_CLEARTID | CLONE_SYSVSEM
#if __ASSUME_NO_CLONE_DETACHED == 0
```

```
| CLONE_DETACHED
#endif

| 0);
```

CLONE_SIGNAL ## #######

```
#define CLONE_SIGNAL (CLONE_SIGHAND | CLONE_THREAD)
```

0 ##### ## ###### ## #### #### ### ## ### ####### #####.

2.5. #### ##

######### ## # ########## ##########, ######### ## ### ####### ## # ####### ## ###### ## ####### ##–##### ####### ## ######. #### ## ######## ## ######### ### #### ######## ## # ##### ######## ## ### ######## ######. ## ########, ### ######## ##### ###### #### ##### ##### ## ######### # # ####### #### ## ####### # ####### (####, ####### #### ####### ######### ###.), ######## ######### ## # ######## ##–###### (###### #########, ######## ##### ##### ######### ###.) ### ######### ###### ######### (###### ## ###### ## ### ######### ###### ## ## # ######### #######).

######### ## ####### #### ## # #####, ##### ##### ### ######## ######### ## ### ######## ### ######## ## ###. ### ####### ####### ##### #### ## ### # ####### ######### ### # ######### ######### ###### #### #### ###. #### ######### ##### ## #####. ######### ##### ## ## ##### ### ### ## ### ######### # #.#. #### ### ######## ###### ### ### ## ### #### ### ##### (###/########) #### ##### ## ## ##### ### ### #########. #### ####### ##### #### ####### ## ######### ###### ## # ### (#############) ########. ######### ## ## #### ####### ## #######.

####### #### ## ############### ##### ## ####, ##### ### ### #### ########## ## ### ############### ## #########. ### ### ###### ####### ### ##### ##### # ######### ######## ###### ## ### ######## ######, ########### ##### ##### ### ######## ####### ###### ##### ## ### ##### ###/## #####. #### #### ## ##–####### #### ### ####### ### ####### ########## ### ######### ### ## ########### ######## ### ### ######/#######. ### ######## ## #### ############ #### ######### ## ##### #########, ############### ### ###########. ## #### ##### ## ### ### # ####### ########. ####### ### #### ## ####### # ####### #### ###### #### #### ## ##### ## # ####### #### ###### #### ##### ## ####. ## ## ####### #### ##### ## ## #### ### # ####### ######### ##### ### ###### ######### ## ### ####### #### ## ##########. ######### ### ######### ########### ## #### ####### ## ### ######## ### ## #### # #### ##### ## #### ########### ## ######### ## ####### ##### ####### #########! ## ### ### ### #### ## #### #### ######### ## #####–####, ## #### ############### ### ########### #### ### ######## ########. ### ### ######### ######### ## #### ### ### ############ #### ## ####### ######. ### ##### ######## ######## ### ### ########. #### ## ### #### ### ####### ## ### ####### ### #### ############ ## ## # #### ## ######### ### #### ######## ### ## ### #### ######## ## #### ## ####### ### ####### ######## #### #### ######### ######### #####.

####® ## ####®, ##### ## ####### ### ####, ##### #### # #### ##### ## ########### ## ########## ## ####### #### #########. ### ####® ### ######## ## # ### ## ########, ##### ### ####### #### ######### ### ## ### ###### #### ###### ###### #####.

#####.

#########. ######## # #### ####### ######## #### ######## ########## ### ##### ######. ## ##### #### ### ##### ### ######## ### ### ### ### ### ########. ## ##### ### ## #### ########## ## ### ####–#### #### ####### ### ### ## ########## ########## ####### ##### ### #######.

####® ###. #### ######## ### #### #### # #### ####### ### ## ######## #######. ##### ######## #### ## ## ### ###### #### (####(2)/#####(2), ####(2) ######, ######(3) ########, ####(3), ######(2) ###) ##### ## ## #### ## ####### ####### ##### ######### ## ###### ##### ### ####®##, ##### ##### ######.

3.

3.1. ### ######### ##### ##

#######, ######## ######## ######## ######## ##### ######## ###### #####®##. ##### ###### ######## ######## ### ## ############ ###### ### ######### ##### ######. ##### ###### ##### ### ######(2) ########, ## ##### ######(2) ## ##### ## ######## # ###### ## ######## ### ####.

########. ########## ##### ######## ##### ### ########## ## #! ## ##### ##### ### ########## ### ###### (######### *ELF*) ########, ##### ### # ############### ## # ######## ########## ######. ### ##### ######## (### ##### ### ### ## ####) ## ######## ## ######## ### ##### ##### ###. ### ##### ######## # ######, ##### ######### ### ## ### ### ##### ### ####. ## ######## ##### ###########, ### ######### ###### ### ########## ######### ##### ##### ## ###### ### ##### ##### ##.

######. ##### ######## ## ### ######## ###### ## ###, ## ####. ## ##### ######(2) ######## # ###### ## ######## ######## ### ##### ## ########## ##### ### ##### ## ##### ### ##### ### ## ###### ## ### ### ########### ######### ## ### ## ### ########### (### ######## #####, errno ########### #####, ###.). ## ##### ##### ### ######## ##### # ########, ## ##### ### ### ### ## ######## ######## ## ##### ###### ###. ##### ########### ######## # ##### ######## ### ##### ### ## ########–### ######### ## ######## ###### ########.

(### ##### ##### ##### ##########) ### ########## ## ###### # ######## ##### #########. ##### ### ######## ###### ## ### ######, ##### # ##### ## ##### ######## ### ######. ##### ######### ### ######## ## ##### ######## ### ##### ### ###### ###########. ### ########, ##### # ######## ##### ##### ## # ######## ###### ##### ######## ###### ## ######## ### ######### ###### ## ## ########.

#####® ######### ######.

3.2. ###### ########## ## ### ########

######### ###### ##### ##### ######## ##### ### ######### ######. # ## ##### ## ######## ##### ## ### ###–###### ########## ## ### ######## ######### ######.

3.2.1. ########

########### ##: ######## ### <attilio@FreeBSD.org>

###–###### ########## ## # ### ##### ### ###### ### ### ## ##### ### ##### ##########, ########### #########.

######:

- ###### ########## ### ###### ########
- #####
- ########## ########

3 ########. ### ##### ####, ### ###### ###### ##### ### ###### ######## (##### ########) ### #### ######## ############.

3.2.1.1. ###### ########## ### ######

(##########, ##########, ###.). ###### #####–

(## ### ######### ##### ## ### .long. ########## # #### ####), ## ###### ## ###### #### ######## ## ### ######### ####, ## ### #### ### #### ###### ####–###### (#### #### ####### ## # ######, ### #######). ## ####, ## ## ###### ###### ### ###### ## ##### #### # ##### ######## ##### ## #### ###### ########## (####### ######## ## #########). ### ####### ###### ###### # ### ## ####### ###### ########## ## ########## #### # ###### #######. ### ###### ######## #### ######### #### ## ###### ######### #### ###### ######### #### ######### ######## #### ####### ## ##### ###### ########. ### #######, ## ## #### #### ## ###### ######### ###### #### ##### ### ##### ####### ###### (## ##### ## ########## ########## ####### ##########) ### #########, ## #### ## ##–######## ### # ###### ####### ## ########## ## #### ###### #########. ## ## ## ###### ## ########## ### ###### ######## #### # ### #### ### ########## ##### ######## (#### ## #########, #######, ###.). ### # ######## ########## ## ###### ##########, ###### ##### ## ######(9). ## ## ###, #######, ###### #### ###### ########## (### ###### ######## ## ####) ###### ####### #### ## #### ### ######## ###### ###### ##### (## #######).

3.2.1.2.

######### ### ########## ### ######## ######### ########. #### ### ########## ####### ###### ####–###### ### ### ######## ## ## #### #### ### #####, ##### ### ######### ####### ## ### #### ### ##### ## ## #########, ## #### ######### #### # ########## ## ##########. ##### ### ######## ######### ### ##########, ##### # ##### ## ####### #### ## ##### ##### ##### ## ###### ######## ##### ### ######### ####### ## #### ####### ######### #####. # ####### ########## ######## #### ### ##### #########, #### ##### sys/refcount.h ### ## ######## ## ### ######## ###.

3.2.1.3.

####### ###### ### #### ####### ## #####. ##### #### ## ####### ## #### ######## ##########, ### ####–#### ### #### ######### ## ### ##### ###### ## ########## ####### (## ## ##### #####, ### ######## ## ####### ###### ## ####### ### ####). ######### ####### ###### ######## ##### ######### ######### ### ##########:

1. ########
2. ########
3. ########

####### ### ### ######

3.2.1.4. ########

####. ## ######### ###### ## #### #### ## #### # ###### ######## ## # #### #### ## ## ## ### ###########. ##### ### ####### ###### ## ##########, #### ####### #### #### ## ### #### ## ######### #### ### ## ###### #### ######### ########## ##### #### ### #########. ### #### ### ##### ####### (#### #### ## ######## ########## #######, ######## ## #### ######### ####### ####### ####, ###.), #### ##### ### ######## ## ####### #### ##### ##### ## ####, ## ####### ### ## ## #### ## ### ## ### ########## ######### (######### #####).

3.2.1.5.

##########. ## ##### ## ##### ########## ######, ######## ##### ## ######## ########### #### ### ####### ## ### #####. ##### ##### #### ## ########### ####### ### ######### ######### ### ### ######## ## ## ### #### #### #### ## ##### ## ### ######, ## ## ########## ########## ### ###.

3.2.1.6.

########. ##### ##### ##### ### ######## ## ######## ##### ##### ## #### ### ## ##### ############ ######, #### ## ### ## ### #### ## ######## ###########. #### #### ## ########### ######## ### ##########(9) #########.

#########, ### #### ### ### ########### ## ######## ### ## #### ##### #########, ### #### ######## #### ########### ###### ###### ######## ##### ###### ## ##### #######. ## ### #### # #### ## ### ##### #####, ### ######### #### ## #### ## # ###### ##### # #### ## ##### # (##### ### ##### ## ### ###### ###### ##### ## ### #### ## ####) ## ## ### ######## ## ######## # #### ## ######## ######, ##### #### ##### ##### ### ######### ######## ### # ####. ### ########, ## # ###### ##### # ##### #### (##### 2), ## ## ######## ## ######## # #### #### (##### 1) ### ### # ##### #### (##### 3), ##### ##### ##### ### ######## ## ######## ######## ##### #### ##### #### (##### ##### ### ### ##### ###### ########## ## ########## ########, ########).

#########:

- #### ##### # ######## # #####(9)
- ##### ##### # ######## # #####(9)
- #### ##### # ######## # ###_####(9)
- ##### ###### # ######## # #####(9) ##### ###### ###### ###### #### ###### ## ###### ##
- ####### # ######## # #######(9)
- ###### # ######## # ######(9)
- ###### # ######## # ##(9)
- ####### # ######## # #######(9)
- ########## # ######## # ####(9)

########, ########, ######## ### ######## ### ######## ## ###### #########, ### ######### ######### ## #### ######### ## ######## ### ########.

3.2.1.7. ##########

########## ######## ### ######## ## ## #### ## ##### ## ##### ########## ## #########. #### ######## ###### ## ##### ######### #####:

- ######## ######## (### ##########)
- #####_####
- #####_###

#########, ##### ###### ## #### #### ## # ########## ####### ### #### ## #### ### ##### ####### #####, #### ###### ## ####### ####### #### ## ### ### ### ######## ## ###### ######## ######## #### ######## ######### ##### (## ########(4)).

3.2.1.8. ########

########. ## ####, ## ##### ## ##### #### ######### ########, ############ ######## ######## ### ## ######### ## ######### ######## (## #### ###, #### ## ### #### ## #### ## ## ######### ## ### ###### #### ########). ##########, ########, ########## ### ###### ###### #### #### ## ## ########, ## ####. #####, ## ##### ## #### #### ##########, ### ######## ##### ## ## ## ## ########## ######## ##. # ######## ######## ######## # ##### ## #### (###–

######## ## ### #### ## ######### ########_#####(9) ### ########_####(9), ##### ########## ## ######–#### ## ### ###### (##### ### ######### #### ## ##### ########). #### ### ##### ####### # #### #####–###### ### ###### ## #### ######### ## ##### ## ### #### ### ##### ######### #### ########## ######.

3.2.1.9. #####_###/#####_#####

######## ### ## #### #### ########## ## ### sched_pin() #########. ## # ##### ## #### ## ###### ## ### sched_pin() ### sched_unpin() #### ## ######### ## ## ########## #### ### ########## ######, #### ## ## ### ## #######–##, ## #### ###### ## ######## ## ### #### ###. ######## ## #### ######### ## ### ########## #### #### ## #### ## ###### ## ######## ##### ### ## ###### ##### ######## #### ### ###### ##### ####. ### ###### ######### #### ######### # ######## ######## ## # ### ###### ######### ### ### ####.

3.2.1.10. #####_####/#####_######

sched_bind ## ## ### #### ## ##### ## #### # ###### ## # ########## ### ### ### ### #### ## ######## ### ####, ##### # sched_unbind ######## #### #### ### ###### ##. #### ######## ### # ### #### ## ########## ##### ### ###### ##### ### ######## ##### ## #### (### ########, ## #### ##### ###### ## ####), ## ### #### ## ##### #### ###### ## ######## ## ######## ####. ##### sched_bind ### sched_unbind ########## ######## ######### ##########, #### #### ## ## ######## ## sched_lock ###########/######### #### ####.

3.2.2. ####

######## ######### ###### ######### ######## #### ########## ########### ####. ## ### ###### ######## ########## (# ####, # #### ###.) ########## ##### #### ### ##### ######## ### #### ##### ## ## #### ### ###### #########. ## ##### #### ######## ### ######## proc ######### ######## p_emuldata, ##### ## # #### ######## ## #### ######### ##### ######## ####. #### proc ##### ## ######### ## ### #### #####.

proc ######### ######## # p_sysent ##### #### ##########, ##### ### #### ######## ## ########. ## ####, ## ## # ######## ## ### sysentvec ######### #####. ## ## ######### #### ######## ## ### ######## ##### ### sysentvec ######### ### ### ##### ### ## ###### ## ### ########### ######### ######## ### ######## ######## ## ### ######### #####. ### #### ######### ##### ####:

```
if (__predict_true(p->p_sysent != &elf_Linux®_sysvec))
  return;
```

###, ## ########### ### ### __predict_true ######## ## ######## ### #### ###### #### (######## ########) ## # ###### ###### ######### #### ########## #### ###########. #### #### ###### ## ###### #### # ##### ######## ######### ## ## ### #### ########, #.#. ## ## ### ######## #####®64 ######### ### #.### #####® ######### ## #386.

3.2.3.

#####® ######### ##### #### #### # ##### ###### ### # #### ######## ###. ## ### ###### ######## ## ###### ## #### ########. ##### ########## # ######## #####, #.#. ############### ## # #### ## ###. ######## ############### ## # #### ########, ##### ########## ## ###### #### #### ### ############ ## # ########. # #### ######## ### ######### # ###### ## ## ######## ####. # #### ######## ######## # ######## ## ### #####. #### #### ### #### ######## ### ###### ## ### #### #####.

3.2.3.1.

#####(9) ######## ## # ######## ##### ##### ## ######## ###### ### ############. ## ######### ### #### ##### ## ##### #### ### ######### ##### ## ### ### ##### ##### ###### ########, ##### ## ######## ## ###. ### #####(9) ######## ### #### #### ########, ######## ### ######## #####. #### # #### ## ###### ## ##### #####(9) ## ## ######## ## ### #### #####. #### ######## ### ## ##########. #### ######## ## #### ### #### ### ###### ### ### ############ ## #### ########.

3.2.3.2. ##_########

##_########(9) ######## ##### ### #### ###### ## ######## ### #### ##### ### ######## # #### ### # ##### (######) #####. #### ######## ## ########## ### ##### #### #### ### ### #### ###### #####.

############# ## ####### ## ###### ## ### ##### (## #### ### ######## ### ## ###### ##########), ## #### ### #### #### #########, ###. #### ####### ## #### ## ####### ###### ## ### ###########.

3.2.3.3. #####

- fgetvp # ##### # ###### ### # #### ########## ###### ## ####### ### ########## #####
- ##_####(9) # ##### # #####
- vn_unlock # ####### # #####
- ###_#######(9) # ##### # ######### ########## ## # #####
- ###_#######(9) # #### ########## ## # #### ## # ######### ########## ## # #####
- ###_######(9) # ##### ## # #### ## # ##### #########
- ###_####(9) # ##### # #### ########## ## # #####
- ###_#####(9) # ###### # #### ########## ## # #####
- ####(9) # ########## ### ### ##### ### # ##### ### ####### ##
- #####(9) # ########## ### ### ##### ### # #####
- ####(9) # ########## ### ### ##### ### # #####

3.2.3.4. #### #######

- fget # ##### # ###### ### # #### ########## ###### ## ####### ########## #### ####### ### ########## ##
- fdrop # ##### # ######### ## # #### #######
- fhold # ########## # #### #######

4. #####® ######### ##### ###

#####® ######### ##### ## ####### ######### ######. ## ##### ######### ### ####### ######### #### ####### ##### ### ### ##### ########### ####### ######## ### ###### ## ###########. ## ##### ##### ########, ########, ######, #####, ##### #####. #### #### ###–###### #386 ### ## ## ####### ######### ## ##### ############## ###### ### ###### #### ####. ### #### #### ## ### ####### ########### #### ## ### ###########. #### ####### #### ###### #386 ### ### ###–#####. #.### ## ######## ### ########.

4.1. #######

####### ######## ## ###### ####### ## linux_sysvec.c, ##### ###### #### ## ### ######## ####### ### ## ### sysentvec #########. #### # #####® ####### ####### ## ####### ###### # ########, ### ####### ####### ####### ##### ##### ########### ####### ### ### #####® ###.

4.1.1. #####®

#####® ###### ######### ## ######## ### ######### (#### ## ### ## ## ####### ## 6 ########## ## #386) ##### ####### #### ### #####. ### #####® ########### ####### #### #### ########## #### ######### ## ### #####. ### ##### ## ### ######### ##: %ebx, %ecx, %edx, %esi, %edi, %ebp. ### ##### ## #### #### ## #### ### #### *most* ## ### ########. #### (#### ####### clone) #### # ######### ##### ### ## ## ####### #### ## ### ## ######### # ##### ######### ## ### linux_clone #########.

4.1.2. #######

syscalls.master. ### #### ## ### #### ##:

```
...
 AUE_FORK STD  { int linux_fork(void); }
...
 AUE_CLOSE NOPROTO { int close(int fd); }
...
```

######. ### ###### ###### ## ### ######## #######. ### ##### ###### ########## ### ####### ####. ## ## ###### STD, OBSOL, NOPROTO ### UNIMPL. STD ## # ######## ####### #### #### ######### ### ###############. OBSOL ## ######## ### ####### #### ### #########. NOPROTO ##### #### ### ####### ## ########## ######### ## ## ### ####### ### ######, ###. UNIMPL ##### #### ### ####### #### ## ########## #### ### nosys ####### (# ####### #### ######## ### # ####### ##### ### ####### ### ##### ########## ### ######### ENOSYS).

syscalls.master # ###### ######### ##### #####: linux_syscall.h, linux_proto.h ### linux_sysent.c. ### linux_syscall.h ###– ##### ########## ## ######## ##### ### ##### ######### #####, #.#.:

```
...
#define LINUX_SYS_linux_fork 2
...
#define LINUX_SYS_close 6
...
```

linux_proto.h ######## ######### ########## ## ######### ## ##### #######, #.#.:

```
struct linux_fork_args {
  register_t dummy;
};
```

#######, linux_sysent.c ######## ######### ########## ### ###### ##### #####, #### ## ######## ######## # #######, #.#.:

```
{ 0, (sy_call_t *)linux_fork, AUE_FORK, NULL, 0, 0 }, /* 2 = linux_fork */
{ AS(close_args), (sy_call_t *)close, AUE_CLOSE, NULL, 0, 0 }, /* 6 = close */
```

linux_fork ## ########## ## ########## ###### ## ### ########## ## ## STD #### ### ### ## ########, ##### ## ######### ## ### ##### ######## #########. ## ### ##### #### close ## #### ## ##### ### #### ####### #####(2) ## ## ### ## ##### ######### ######### ########## ### ## ### ###### ##### ##### ## ## ### ######## #### ##### ## ## ##### ### #### #####(2) ## ### ######.

4.1.3. #####

#####® ######### ##### ## ### ########, ## #### ######## ### ### ########## ######## ### #### ### ### ########## ## ###. ### ######### ##### ####### # ######## ## #### ############## ######## #### ### DUMMY #####. ##### ##### ########## ###### ## linux_dummy.c ## # #### ## DUMMY(syscall);, ##### ## #### ########## ## ####### ####### ######### ##### ### ### ############## ######## ## ######## # ####### ###### #### #### ####### ## ### ###########. ### UNIMPL ######### ## ### #### ####### ## #### ## ## #### ## ######## ### #### ## ### ####### #### ### ###### ## ##### ## #### #### ######## ### #### ######### ## #########.

4.2. ######

#####. #####® ############## ##### ####### linux_sendsig ####### ### #### #######.

4.2.1. #####®

SA_SIGINFO ## ##### #### ## ##### linux_rt_sendsig ####### #######. ############, ## ######### (## ###### ## ####### ########) ######

#######, #### ## ###### # #### ## ######### ### ### ###### #######. ## ########## ### ###### ###### ##### ## ### ###### ########### #####, ######## # ########, ########## ######. #### ## ##### ######## ### ### sigreturn ######## (######## #########, ########## #### ###### ### ###### ####). ########, ## ###### ### ### ###### ######## ## ### ######### ### ######## ######## ### ### ###### ###### ######## ## ###.

4.2.2. #####_##_#######

linux_sendsig #### ### ###### ######## ########### ## #########. ## #### siginfo, ucontext, ### #### ######® #####. ## ##### ## ##### ########### ######## ##### ### ######### ##### ### ## ###### #### # ######## ## #### #### ########### ### ######## #### ###### #########.

4.2.3. #####_#########

########. ## #### #### ######## ###### ### ######## ### ######## ######## ########. ## #### ######## ### ###### ## ######## ###### ####.

4.3.

####® ######### ######### ### ######(2) ######## ## ##### ## ##### ######## ######## ### ######### ########. #### ######## ######## ### ######## ######## ## ###### ######## ########### ##### ### ###### ########, #### ######## #####, ### ###### #### ### ######## ######## #####, ###. ### #### ## ##### ### ######## #### ## ######### ## ########### ## ######## ###### ######## (######### ### #####). ######(2) #### #### ### ### ######## ########### ## ### ###### ######## (######### ###.). ######(2) ## # ####®###### ######### ########### ## #### ####®## ###### ### #####.

#####® ######### ## ######## ########## ### ######(2) ######## ## linux_ptrace.c. ### ######## ### ###–######## ######### ######## #####® ### ######## ### ### ###### ######(2) ######## ######### ########. ### ######## ## # #### ###### ##### #### ########## ### ########### ## ######## ### ##### ######(2) ########. ### ######(2) ######## ### ###### ##### ######## #####® ### ######## ## ######## #### # ##### ########–#### ## ######. ### ########, PT_GETREGS ## #####® ######## ## ###### #### ##### ######## #### # ######## ## ### #### ## ##### ########## # (######) ######(2) ########, # ######## #### ## #### ## ######## #####® #########.

######(2) ############### ## ########### ### #### ##### ##########. ##### #### #### ###### #### #### ##### strace (##### ## # ######(2) ########) ## ### ########### ###########. #### PT_SYSCALL ## ### ###########.

4.4.

######## # #####® ######## ######## ## ### ######### ##### ##### ### #### ###### ## ######## ########–##### #### ### #### ######### ## ### #### ###########. #####® ### ######## ######## ## ######## ## #### # #### ## ## #### ## ##### #### ####. ### #### ## ######## #### #####:

```
static int
translate_traps(int signal, int trap_code)
{

  if (signal != SIGBUS)
    return signal;

  switch (trap_code) {

    case T_PROTFLT:
    case T_TSSFLT:
    case T_DOUBLEFLT:
    case T_PAGEFLT:
      return SIGSEGV;

    default:
      return signal;
```

```
  }
}
```

4.5. #####

execve ## # ##### #### ## #### ## ###### ####. ## ######, ##### #### ###### ## ######### ## ### ######### ##### #### ####### ### ### ##### ##### ####### ## ## ####. ## #### ##########. ### elf_linux_fixup ###### ###### ### ### #### ## ### ##### ### ####### ### ##### ## ### #### ##### ####### ## ##### ##### ##### ##### ####. ## #### ##### ## # ##### ###.

4.6. #.###

#####® ######### ##### ## #386 #### ######## #####® #.### ########. ###### #### ######### ##–####### ## ### ######## ######## #### ## ########## ### #.### ####### (###### ##### ########## ### ####### #######). ### ####### ### #.### ######## ## ## ###### ##########, ########## ### 2.6 ######### #### ### #### #### ## ### #### #### ### ##### ### #######, ## ### ########## ## ##### ######## ## ### ####### #.### ######## ## ###. #### ####### #### ######## ## ####### ## ######. #### ## ### ##### ###–###### ### ####### #####® #.### ######## ## ## imgact_linux.c ####.

5. #####® ######### ##### ###

##########. ## ###### ### ######### #####–######### ###### ### #####® 2.6 #########, ### ###### ##### ####### (###) ############## (## #386) ### #######. #### ## #### ####### ##### #### ########.

5.1. ########## ##

#####® 2.6 ### #########. ##### ## 2.6, ### #####® ######### ####### ### ########## ## ### ########### #######. ### ####### ### # ####### ########–###### ## #####® #########. ### ######### ### ########## ##### ######## ######### ### #### ###### ##### ### clone ####### ## ### #### ##### ### ####### ##### (### ##### ######). ### #### ########## ## #### ######## ### #### ##### ###### ### # ######### ###, ###### ######## ### ###### (#### ### ######## ##########), ###. #### ### ########## ### ### #### #### (### ## SIGUSR ####### ### ####### #######–########, ###### ######## ##########, ###.) ## ## ######## ##### ######## # ### ######### ###### ### ######### ### ##### ####.

####. ##### ### ###### #### ######### ## ######## #### # ######## ######### ### ########. ### ########## ##### ##### ### ###, ##### ## ### ######## ######## ## #### ### ### ##### #### ######## ######## ######## ## ##. ##### ############ ######## ## #### ######## ########## ### ######### ##########. #### ## # ######## ######### ######## ## #####® ######## ##### ####.

#####. ### ###, ######## ### ### ########, ##### ## ##### ## ######## ### #####® ########. ######## ######## ######## #### ## ##### #####.

5.2. #####® 2.6 #########

#####® ######## ### ######## ### ### ## ######## #### ## #######.

5.2.1. ######## ########### ## 2.6

#####® ######### ##### ## ######## ######## ######## ######## ## ### ######## #######. #### ## #### ### ######(8), ###### compat.linux.osrelease, ##### ## ### ## 2.4.2 ## ######## (## ## ##### 2007) ### #### ### #####® ######## ## ## 2.6 ## #### ########## #### #####(1) ########. ## ## ######### #### 2.6 ######### ##### ######## #### ######(8) ######## ######## ######## ## ### ######### #####. #### ### ## 2.6.# ##

linux_use_linux26 ##### ####### ## ######### #### ##### ## #####. #### ######## (#### #### ###### ######### ## ### #### #### ####) ########## ######## 2.6 ############## (###### ### ########) ## #### ## ### #### ## ###. ### ######## ######## ## #### ########## ### #### ####### ### #####® #########. ### ######(8) ###### ### ## ######## #### ######## ### #####® ###### ## ## ##### #### ######.

5.2.2. #####® ######### ### ######

#####® ######### ### # ###### ######### ### #### ######## ######### ########### ## #######. # ######## ## #####® ######## ## # struct task ######### ### ########## ###### # ### ### ####. ### ## *not* # ######## ## ### ## ## # ###### ##. ### #### ########## # ###### ##### ## ##### ##### # #######. ### ################ ######## ### ### ###### ### ####.

(### ###### ## ###. ## ######). ########## #### ######## ## ### #### ### ## ## ## ######## ########. ##### ## ## ########## ## # ###### ###### ## #### ######## ######### #### ## ########. #### ######## #### ########### ## ########### ### ######## #### ##############. ### #####® ###### ##### ## ### #### #> ##### ########### ## #### ###### ### #### ########### ######### ### ## ## ###### ### #### ########## ### ##### ###########.

clone ######## #### # ######## ### ## ##### (#### ## ### #### ##########). ### #### ########## ###### 1:1 #########.

#####, ###. ### ### ### ######### ## #### ######## ## ### ######### ######## ######### ######## ## ### ########. ### ######### ######## ## ### ######## ##### ####:

```
struct linux_emuldata {
  pid_t pid;

  int *child_set_tid; /* in clone(): Child.s TID to set on clone */
  int *child_clear_tid;/* in clone(): Child.s TID to clear on exit */

  struct linux_emuldata_shared *shared;

  int pdeath_signal; /* parent death signal */

  LIST_ENTRY(linux_emuldata) threads; /* list of linux threads */
};
```

#########. ### child_se_tid ### child_clear_tid ### #### ### ### ######## ######## #### # ######## ##### ### ## ########. ### shared ######## ###### ## # ######### ###### ##### ########. ### pdeath_signal ######## ########## ### ###### ##### ###### ### ### threads ######## ## #### ## #### #### ######### ## ### #### ## ########. ### linux_emuldata_shared ######### ##### ####:

```
struct linux_emuldata_shared {

  int refs;

  pid_t group_pid;

  LIST_HEAD(, linux_emuldata) threads; /* head of list of linux threads */
};
```

refs ## # ######### ######## ##### #### ## ######### #### ## ### #### ### ######### ## ##### ###### ######. ### group_pid ## ## ######## ### (= ####) ## ### ##### ######## (= ###### #####). ### threads ######## ## ### #### ## ### #### ## ######## ## ### ########.

linux_emuldata ######### ### ## ######## #### ### ######## ##### em_find. ### ######### ## ### ######## ##:

```
struct linux_emuldata *em_find(struct proc *, int locked);
```

####, proc ## ### ######## ## ##### ### ######## ######### ##### ### ### ###### ######### ########## ######## ## ##### ## ##### ## ###. ### ######### ###### ### EMUL_DOLOCK ### EMUL_DOUNLOCK. ##### ##### ######## #####.

5.2.3. ###

######## ## ### ######### ######### ##### ######## ##### # ######## ## ### ###### ## ## ######## ######## ### #####® ## ##### ## ######### ### ##### ########. ## ## ## ## ### ########. ##### ##### ##### ## ##### # ### (=####) ### ### (=###) ## ######## ###### ### ########. ### ##### ## ##### ## ##### ## ###### (## ############) ### = ### ### ##### = ###### #> ##### ### ### ## ######### ## ######## PID = shared -> group_pid ### TID = proc -> p_pid. ### ### ###### ## linux_emuldata structure ## # ######## ###.

######, ########, ###### ########. ##### ## ### ###/#### ############. ## ####–### ## ##### ## child_clear_tid ### child_set_tid ## ##### ### ######## ###.

5.2.4. #####

clone ######## ## ### ### ######## ### ######## ## #####®. ### ######## ######### ##### ##### ####:

```
int linux_clone(l_int flags, void *stack, void *parent_tidptr, int dummy,
void * child_tidptr);
```

flags ######### ##### ### ######## ### ######## ### ######### ###### ## ######. ## ######### #####, #####® ### ###### ######### ######## ######## ###### ##############, ### ######## ### ######### ### ###### ##### ########### ### ### ##, ###. ##### ##### ## ### flags ######### ## ### ##### ###### ## ### ##### ###–#### ########. ### stack ######### ## ####NULL #####, ##### ### ###### ##### ## ### ## ## ## NULL ## ### ######## ## ############## ### ######## ######## ##### (#.#. ## ##### ###### ####(2) ######## ####). ### parent_tidptr ######### ## ##### ## ## ######## ### ######## ### ######## ### (#.#. ###### ##) ##### ### ######## ## ############ ############ ### ## ### ######## ###. ### dummy ######### ## ##### ######## ## ### ##### ######## ######## ########## ## ##### ######## ## #386. ## ##### ### ######### ######## ### ##### ### ### ### ######## ## ## ##### ######## ## ### ##### ## # ##### ########. ### child_tidptr ######### ## ##### ## ## ######## ### ######## ### ### ##### ### ######## ### ######### ######## ### ##### ### ########.

##. ### ##–#####, CLONE_VM #### ## ##### (######## ## ##), ###. ### ##### ### ##### ## CLONE_FS ### CLONE_FILES ######## ######## ##### ### ##### ######## ##### ########## ## ## ##### ## ## ### ######## ##### (######## ## ## ##### ### ##### ## ############) ## ###### ## ##### ## ########. ##### ##### ### ###### ### #########, ######## ##### ##### ### ###### ### #########. ##### ######## ### ##### ### ######## ## ###### ##### ### ######### fork1 ########, ### ######## ## ############ ### ## ## ### ## # ### #####, #.#. ### ## ## ### #########. ##### ### ######## ## ##### ## ######### ######### ### ##### ######## ######## ## ######## CLONE_PARENT #########. ##### ##### ## ######### ### ########## ####. ######## ## #####® ##### ### ###### ##### ######## ## ## ### ##### ###### ## ## 0 ## ######## ####. ##### ##### ######## ## child_set_tid ### child_clear_tid ## ######### ######### ### ############## ###### ## ### ####. ## ##### ##### ## ##### ### ### ### ## ### ######## ########## ## parent_tidptr. ### ######## ## ######## ##### ## ##### ## ###### ######### ###### ##### %esp ######### (%rsp ## ###64). ##### ##### ## ######## ## ### ### ### ##### ######## ########. ##### ##### #####(2) ######### ##### ## ######### ### ######## ### ##### ######## ######## ## ### ## # ### ##### ### ######## ### ### ### ## ### ###### ######## ### clone ###### ##### ## ####.

clone ######## ## ##### ### ## ##### ## ##### ### ######### ######## ####(2) ### #####(2) ########. ##### ##### ## # ##### ## 2.6 ###### ##### clone ## ######### ####(2) ### #####(2) ########.

5.2.5.

#####. ##### ### ### #####: emul_lock ##### ## ######## ############# ## linux_emuldata ### emul_shared_lock ##### ## #####–##### linux_emuldata_shared. ### emul_lock ## # ############# ######## ##### ##### emul_shared_lock ## # ######### ######## sx_lock. ######## ## ### ############## ######## ## ### ######## ##### ##### ### ##### ## ### ### ## ##### ###### ### ############ ######.

5.3.

#######.

5.3.1. ############ ##

####### ## ######## ####### ### ######## ###### # ####### #### ### ## ######### ############ #### #### #####. ### ######## ## ### ####### ##### ####### #### #### (#### ###########, ###.) ### #### #### ##### ### ##### ### ##### ### ####. ######### ##### ## # #### ### ############ #### ######## ## # ###–## ######. ####### # #### ## ### ###### ## ######### ## ######### #### ####. ### ########### ####® ######### ###, ######## ######## # ### ## ## ## ### ######_###_######(3), ######_###########(3) ### ######_###########(3) ##### # ###### ### ###### # ### ## ### ###### ##### #### ### ##### ######_###–########(3) ## ######_###########(3) ## ########## ##### ####. ### ### ###### ### #### #### ## ### ### #### ########### ### #### ##### ## ############. ## ####### ######### ## #/#++ ######### ########## # ###### ###. #### ######## # ### ######## ####### ###### #### ######### #### # ######## ## ###### ###–#####. # ### ###### ## ######### #### ######### ### ######### ## #### (## ##### ## #386). ### ######## ###### ##### ## ## ########### ## ######### ## # ####### ###### #####. ### ########### ## #### # ####–#### ## ### #### ####. ## ### ### ###### #### (## #386) ####### ######### ## ######## # ########, ##### ### #### ## ###### ## ### ###### ######### ## # ###### ######## ## #### ######### ### ######## ######## ## ### ####### #### ########## ### ##. ### ####### ######### ### ######## %gs ### %fs ###### #### ######## #########. ##### ###### ### ### ### #### ##### ### ###### ##### #### ### ###### ### ### ######## #### ## ###### ## ##### ######## #######. #### ###### ## #### #### ### #### ###### ########### ## ### ##### #386 ####® #####. #### ######## ### #####® ######### #### ######## ### ## ###### #### #### ########. ### #### ######## ## ### #### ## ###### ### ######## ## ##### ######## ###### ##### ### ######## ######## ########. ######## ##### ## ##### #### ######## ## ##### #### 1 ######## ########## ### #### ##### #####® #### 3. ########### ##### ## #### ###### ######## #### #### #### 1 ########## (#### #### ##### ## ### 2) ## #####® #### #### ########### ##### ### ######## ########.

5.3.2. ######## ## #386

#386 ############ ########## ### ## ###### ########. # ######## ## # ########### ## ## #### ## ###–###. ### #### ######## (#######) ## ### ###### ####, ### ### ## ## (########), ####, ##########, ###. ### ###### ######### ## # ######## ### ## ######## ##### ######## ######## ######### (%cs, %ds, %ss, %es, %fs, %gs). ### ######## ### ## ######## ## #### # ######## ##### #### ######## ## 0#1234 ### ###### ### #### ####:

```
mov %edx,%gs:0x10
```

%edx ######## #### ###### ######## 0#1244. #### ######## ######### #### # ######## ###, ### ######## %cs ## #### ### #### ######## ### %ss ## #### ### ##### ######## ### %fs ### %gs ### ######### ######. ######## ### ###### ###### ## # ###### ### ##### ## ## # ##### ### #####. ### ## ######## ### ## ##### ## ### ###. ### ### ### ##### #### ##### ## ########. ### ### ## ### ########. #### ###### ###### ## ## 8191 ########.

5.3.3. ############### ## #####® #386

#####®. ## ### ## ### #### ######## # ######## ##### ### clone ######## ## ## ### #### set_thread_area. #### # ######## ###### CLONE_SETTLS #### ## clone, ### ###### ######## ### ###### ######## ## ## ### %esi ######## # #####® #### ##### ############### ## # ########, ##### #### ########## ## ### ######## ############### ## # ######## ### ###### #### # ### ####. ### ### #### ### ## ######### #### # ###### ## #1 ### ## #### ######## #### ### ###### ###### ###### ###### ### ##### #### ####. ## ########, ### #### ######## ## ######## ### #### ### ### ##### ### #### ### #### ##### ### ###### ## ### #####. ## ######## #### ## ### ########## ### ## #### ###### ## ##.

5.3.4. ######### ## #####®

5.3.4.1. #386

######## ## ### ### ### ######## ###### ######## ## ######## set_thread_area ##### ######## ### ### # ###### ######## ## clone ## #### ## ### ######## ##### ## clone. ##### ### ######### ### #### ########. ### ####

########## ##### ### ###### ####### ## ### ### #######, ##### ####### ## ### #### ####### ###### ### ### ##### ####### ####### ##### set_thread_area #### #### #### ########. ### #### ######### #### ####. ## ###### ### ######® #### ####### ########## #### ### ########. ### #### ###### ### ### ###### ## ### ########## ### ####### #### ####### ####### ####### ### ######® ## #### ## # ######. ## #### ####### ####### ## 6, 3 ### #1. ### 6 ## ####### ######® ######, 3 ## ####### ####### ### ### #1 ##### #############. #### ## ### ### ########## ###### ## ######## 3 ### #### ### #### ## ### #########. ## #### ## ### ######### ####### ##### ### ###### #### ### ########## ### #### ##### #### ## ### #### (#### ##### #### # #### ##### #### ### ### ####) ## ### ######### ####### ######### ###### ## 1. #### ## ####### ### ########## #### ### ######® #### ## # ####### ######### #### (#.#. ######### ###### ########## ####) ### #### #### ## ### ####### ####### ####### ##########. ####### ## ### #### ##. ## ###### ### ########## ## ####### ### (####### ####### #####) ### #### ### %gs ####### ##### load_gs. #### ####### #### ## #### ## # ######## ####### ## #### ####### ### ######### ##. ### CLONE_SETTLS #### ##### ####### #### #### #### ### ####### ##### load_gs ## ### #########. ### ####### #### ### #### (####### ###### 3) ## ###### ### #### ### ####### ####### ######### ### ######® ######### ## ### ######® ######### ##### #### ### ### ### ######## #### ##### #######.

5.3.4.2. ###64

###64 ############## ## ####### ## ### #386 ### ### ##### ### ######### ## 32### ####### ########## #### ### #### ####### (##### ### #### ###### 32### ### ##### ######) ## ## ### ## ### #### # ####### ### ######### ### ####### ## ##### ####### ###### (#### # #### ######### ### ## 32### ## ###). ##### #### #### ### ### ####### ## ####### ### #### #### ### ####### ####### ### ######### ### ### ########## ###### ### ### ####### ####### ########.

5.4.

5.4.1. ############ ##

####### #### #### #### ## ############### ### #####® ######## #### ## ####: ####### ### ###### ##–#######, ########## ##### ### ###### ######### #### ###### ##### ## ##### ### ###### ### ######### ######### ### ######### # ###### ######. ## ## ########## ## #### #### #####® ######### ### ##### ####### ### ##########. ##### ############### ######## ############### ### ####### ######### ## ### #### ######### ####### ## ####. ## #### 1:# (#########) ##### ### ############### ### ## ###### #### ## ######### ### #### ## #### #### (### ######### ######### #### ######## ### ## ##### ########## ##### #######, #.#. ### ####) ### ######. ## 1:1 #####, ### ######### ## #### ##### ##### # ### ####### #### ## ############ ##### ###### ########## (##### ## #### #### ####### # ####### #### ## #########). ### ##### #:# ######## #### ######## ### ##### ### ###### ######## ## #### ###### ## ######. ####### ###–############ ## # ##### #### ## ############## ########## ### ### ########## ### ###### ######### ####### # ###. ###### ########## ## ####### ######### ###### ###### #### ## ######## ##_#### #####–######### ######## 40% ####### ## *ZFS* (# ##### ## ####), #### ## ######### ##### ### ## ##### ####### ### ######### ### ########### ## ############### ########## ##.

######## ######## ###### ## ####### #### ## ###### ########## ## ##### ## ########. #########, ####### ## ##### ###### #### ### ###### #### ##### ## # ####. ####### ## ####, ### #### #### ####### ######## ######## #### ###### ##### ##########.

5.4.2. #######

#####® ########## 1:1 #########, #.#. ## ### ## ### ######### ############### ##########. ## ###### #######, #### ####### ######## ######## #### ###### #### ##########. ## # ####### ######## ##### ## ######### ## ### ###### ########/######## ##### ######### #######, ##### ## #### ####, ## ######### ## ### ######### #######:

```
pthread_mutex_lock(&mutex);
....
pthread_mutex_unlock(&mutex);
```

1:1 ######### ###### ## ## ####### ### ######## ### ##### ##### #####, ##### ## #### ####.

#####® 2.6 ########## ## ###### #######. ######## ######### ### ##### ### ########## ## ######### ### #### ###### ########## #### ## # #### ## ##########. #### ### ######## #### ##### ##### ######## ### ###### ############. #### ###### ########## #### ### ######## ############### ########## ##############.

5.4.3. #####

####:

```
int futex(void *uaddr, int op, int val, struct timespec *timeout, void *uaddr2, int val3);
```

uaddr ## ## ######## ## ### ##### ## ##########, op ## ## ######### ## ### ##### ## ######## ### ### ##### ########## #### ############## #######.

######## ######### ### ######### ##########:

- FUTEX_WAIT
- FUTEX_WAKE
- FUTEX_FD
- FUTEX_REQUEUE
- FUTEX_CMP_REQUEUE
- FUTEX_WAKE_OP

5.4.3.1. #####_####

uaddr ### ##### val ## ########. ## ###, EWOULDBLOCK ## ########, ######### ### ###### ## ###### ## ### ##### ### #### #########. ## ### ######## timeout ## ######## ## ######### ### ######## #### ### ### ########, ######### ### ######## ## ########.

5.4.3.2. #####_####

uaddr ### ##### ## val ##### ######## ###### ## #### #####.

5.4.3.3. #####_##

#####.

5.4.3.4. #####_#######

val ######## ###### ## ##### ## uaddr, ##### #### ##, ### ##### val2 #### ######## ### ######## #### ## ##### ## uaddr2.

5.4.3.5. #####_###_#######

FUTEX_REQUEUE ### ## ###### #### val3 ###### ## val #####.

5.4.3.6. #####_####_##

val3 (##### ######## ##### #### ##### #####) ### uaddr. #### ## ##### ## val ######## ## ##### ## uaddr ### ## ### ###### ######### ######## # ######## ###### ## ##### ## val2 ######## ## ##### ## uaddr2.

FUTEX_WAKE_OP:

- FUTEX_OP_SET

- FUTEX_OP_ADD
- FUTEX_OP_OR
- FUTEX_OP_AND
- FUTEX_OP_XOR

val2 ######### ## ### ##### #########. ### val2 ## ##### #### ### struct timespec *timeout ######### ### ########## FUTEX_REQUEUE, FUTEX_CMP_REQUEUE ### FUTEX_WAKE_OP.

5.4.4. ##### ######### ##

##. ## ## ###### ## linux_futex.c ### linux_futex.h #####. ### futex ######### ##### ####:

```
struct futex {
  void *f_uaddr;
  int f_refcount;

  LIST_ENTRY(futex) f_list;

  TAILQ_HEAD(lf_waiting_paroc, waiting_proc) f_waiting_proc;
};
```

waiting_proc ##:

```
struct waiting_proc {

  struct thread *wp_t;

  struct futex *wp_new_futex;

  TAILQ_ENTRY(waiting_proc) wp_list;
};
```

5.4.4.1. #####_### / #####_###

futex_get ########, ##### ######## # ###### #### ## ######## ### ######## ### ##### ### ## ######## # ### #####. #### ######### # ##### #### ### ### ## #### ### futex_put ########, ##### ######### # ######### ######## ## ### ##### ### ## ### ######## ######## #### ## ## ########.

5.4.4.2. #####_#####

working_proc ######### ### #### #### ######### ## ### #### ###### ### ##### ######### #### ## #### ######## # ######(9) ## ######## ### ######. ### ##### ### ## ##### ###. ##### ######(9) ######## (### ###### ### ##### ## ## ## ##### ###) ### working_proc ######### ## ######## #### ### #### ### ## #########. ### #### ## #### ## ### futex_sleep ########. ## ## ### ##### ## #### futex_wake ## #### wp_new_futex ### ## ## ##### ## ##. #### ### ### ###### ########## ## #### ## #### ########.

5.4.4.3. #####_####

futex_wake ########. ##### ## #### ######## ## ##### ### ######## #####® ########, ##### ## ##### ## # ######## ### ### ##########, ### #### #########

#+1 #######. ### #### ####### #### ### #### ### ########## ## ## ### ###### ## ### #######. #### ## ### ######## ## ### #### ## #### ## # #######, ##### #### ## ##### ## ##### ## # ### ##### ### ##########. ## ##, ## ####### ## ## #2 ####### ## ### ### #####. #### ########## #### futex_sleep.

5.4.4.4. #####_####_##

FUTEX_WAKE_OP ######### ## ##### ###########. ##### ## ###### ### ####### ## ######### uaddr ### uaddr2 #### ## ####### ### ###### ######### ##### val3 ### uaddr2. #### val ####### ## ### ##### ##### ## ##### ## ### ## ### ###### ######### ######### ##### ## #### ## val2 (#.#. timeout) ###### ## ### ###### #####.

5.4.4.5. ##### ######

encoded_op ### uaddr. ### ####### ######### ####### ### ####–##### ######, ######### #####, ######### ########, ### ######### ########. ### ########## ### ### ##–####### ## #### #### ###:

```
oldval = *uaddr2
*uaddr2 = oldval OP oparg
```

##########. ##### # ####### ## ## ### ###### ## uaddr ## ######### ### ### ######### ## ####. ### #### ####### #### ###### ### ## ## #### ##### ###### oldval ## ######## ## cmparg ######## #### ### ##########.

5.4.4.6. #####

sx_lock ### ###### ##### (###### ##### ## ####### sx_lock). ##### ######### ## ######### ###### #### ### ##### ## ### #### ###.

5.5. ####### ########

####.

5.5.1. ### ###### ##

#####® 2.6.16 ######, ### ### ######## #### #####. ##### ######## (openat ### ##–#####) #### ####### #### ##### ####### ########### #### ### ###### ######### ## ### dirfd #########. #### ######### ####### ##### ### ##### ####, ## ##### ### ####### ## ## ## #########, ##. #### ### filename ######### ## ######## dirfd ## ####### ### #### ### #### ## ### #### ## ########, ## ##### ## ### ####. ### dirfd ######### ## # ######### ######## ## ##### ### ######## ######## ## #######. ### dirfd ######### ## # #### ########## ## #### ######### ## AT_FDCWD. ## ### ####### ### openat ####### ### ## #### ####:

```
file descriptor 123 = /tmp/foo/, current working directory = /tmp/

openat(123, /tmp/bah\, flags, mode) /* opens /tmp/bah */
openat(123, bah\, flags, mode)  /* opens /tmp/foo/bah */
openat(AT_FDWCWD, bah\, flags, mode) /* opens /tmp/bah */
openat(stdio, bah\, flags, mode) /* returns error because stdio is not a directory */
```

#########. ####### #### # ####### ######## ## ### #######, ###### # ### ###### #. ###### # ###### open(./tmp/foo/bah., flags, mode) ### ###### ######### ## #### ######### ### ###### # ####. ###### # #### ### #### ##### ### ##### ## ###### # ### ####### ## ####### /tmp/foo/. ## ### # ####. ## ##### #### ## ### #### /tmp/foo ### ### ## ## dirfd ### openat #######. #### #### ####### #### ## ######### ########## ####### ###########.

#####® ###### ## ### ######## ########: linux_openat, linux_mkdirat, linux_mknodat, linux_fchownat, linux_futimesat, linux_f-statat64, linux_unlinkat, linux_renameat, linux_linkat, linux_symlinkat, linux_readlinkat, linux_fchmodat ### linux_faccessat. ### ##### ### ########## ##### ### ######## #####(9) ####### ### ###### ######## #####.

5.5.1.1.

#####(9) ####### (######### #####) ## #### ########## ####–##### dirfd ## ### nameidata #########, ##### ######### ### ######## ##### ## ### ######## ###### ####### ## ##### ### ####### ####### ######### ##### ####. ### ########## ## dirfd #### #### ########## ###### ## # ##### ## #### ## ###### ### ########. #### dirfd ## AT_FDCWD ### dvp ##### ## nameidata ######### ## NULL ### #### dirfd ## # ######### ###### ## ###### # #### ### #### #### ##########, ##### ####### #### #### ## ##### ### ## ##### ## ##### ######## ## ## #### ## ### # #####. #### ## ##### #### ##### ### ##### # #########. ## ### ###### #####(9) ####### ## ###### ########## ### dvp ##### ### dp ######## ## ### #####(9) ########, ##### ########## ### ######## #####. ### #####(9) ## ### #### ######## ### ### # ##### ## ######### ######### ## ####### ######. ### ####### ### openat #### #### ####:

```
openat() --> kern_openat() --> vn_open() -> namei()
```

kern_open ### vn_open #### ## ####### ## ########## ### ########## dirfd #########. ## ###### ##### ## ####### ### ##### ####### ##### ### ### #### ##### ## #### ### ### ##### ### ## ###### #########. #### ####### ############## ####### ####### ## ######### ##### ### ### ########. #### ## ##### ######### ##### ###.

5.5.2.

##########. ## #### ## #### ## #### #### ####### ###### ####### #####® ### ####### ## #### #### #### ## ####### ## ## ##### ######### #### #####. ### ##### ######## ## ########### ## linux_ioctl.c, ##### linux_ioctl ######## ## #######. #### ######## ###### ######## #### #### ## ##### ######## ## #### # ####### #### ########## # ##### #######. ### ##### ####### ### ##### ##########, ### #### ##########, ####### ### ## ########. ### ####### ## # 16#### ######, ##### ## ###### ## ####### #### #### 8 #### ########### ##### ## ### ##### ####### ### ### 8 ####, ##### ### ### ###### ####### ###### ### ##### ###. ### ######### ##### ######### ## #### ########. ## ######### ######## ### #### ###, #### sound_handler ## disk_handler. #### ####### ### # ####### ####### ### # ####### ####### #######, ##### ## #### ### ########### #### ####### ## ####. ##### ### ###### ######## #### #### ######## ####### #####® #### ### ### ### ### ######## ############ ## ######### ###### ### # ######### ### ### ###### # ### #### ###### ### ###### ## (#### ####### ###### ###### ##### ###, ###.). ####### ######### #### ### ######### #### #####® ###### (######## ## ######, ### ########) ### ### #### ## ## #### ##### #### ######. ### ##### ## ## ### #####® ###### #### ## ### ###### ####### ####### ####### ## ### #### ####### ## ############.

5.5.3.

##########. ### #### ####### ## ######### # ##### ##############. ## #### ### ###### ########, ##### ##### ####### # ##### ####### ###### ## ######## (######## ### # ######). ### ######## ## #### #### ### #### ######. ##### ### #### ### ######## # ######### ###### ### ####### ##–####### ########.

6.

6.1.

2007 ### #####® ######### ##### ## ####### ## ######### ### #####® 2.6.16 ###### ##### ####. ### ######### ######## ####### #######, ########## ### ###### ## ########, ########## ######## ########, ####### epoll ### inotify ### ######## #### #### ## #### ### ########## ###. ####### #### ## ### ####### ## ####### ######### ### ### #####® ######## ######## ## ####### ##### ########## #### ##–#### #### 4 ## 2.6.16 ### ##### ### #### ########## ####### ## ####### #### ###### #### 6 ## 2.6.16. ### ###### #### 6 #####_#### ### ######## ######### ######## #### ####### ####### ## ### ######### ##### ### ###### ## #### #### ##### ##### ## ###### ### ### ###### ## ############ ####### #####.

###/##############, ###/###########, ######/##### ### #### ##### #### ### ##### ##########. #### ## ### ######## ####### ### ######## ##### 2.6

####. ### #### ### ########## #### ## ##### ### ## #### ## ### #####® ####™ ########## ### ### #### ## ####### ## ### ########## ## epoll ######## ##### ## ### ######## ####### ## ### #####® ###### 2.6.

2.6.16 ######### ## ####### #### #### ##### ####### 7.0 ## ######## ## ##### ## ##–#### ### 2.6 ######### ##### ### #### ##### #######. #### #### ## #### ## ### ###### ## ###### #### 6 #####_####, ##### ## ### ######## ####.

6.2. ######

#######, ######### ### #### ## ### ### ###### ## ########, ### ### ###### ######## ### ######## ######### ### epoll ### inotify ##########.

####, ## ## #### ## #### ## ###### ## ### 2.6 ######### ## ######## ### #### ### ###### #### 6 ### ######## #####_#### ######## ### ######### #### ###### #### 4 ## ### ######### ### ####.

############. ###### ### #### ####### ### 2.6 ######### ### ### ### #### ######## ### ### ###### ######. ############ ### ######### #### ######## ## ######## ### 2.6 ############.

#########, ## #####® ######## ## ##### #### ## #### ## #### ##### ###########, ############ ##### ##### ########. ###### ##### ## #### #####. #### ######## ########### ######## ### #### ####### ####–####, ### ######## mremap ### #######. #### ########### ############ ### #### ## ####, ##### ####### ####–### ### ######.

6.3.

(## ############ #####):

- #### ####### <jhb@FreeBSD.org>
- ########## ######## <kib@FreeBSD.org>
- ######## #######
- #### ######
- ####### ### <jkim@FreeBSD.org>
- ######### ######### <netchild@FreeBSD.org>
- ######## ####### <ssouhlal@FreeBSD.org>
- ## ####
- ##### ## <davidxu@FreeBSD.org>

######, #### ####### ### ####### #######.

7.

1. ######## #### ######## # ###### #. ###########. ###### ### ############## ## ### ####### ######### ######. ##############, 2005.

2. http://www.FreeBSD.org

3. http://tldp.org

4. http://www.linux.org