#####® ######### ##

<rdivacky@FreeBSD.org>

########: 53664

2019#12#07 16:24:22 ## ##########.

########

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

########

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 ####®

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

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

[3].

2.4.1. #########

#####® ####### ### ########### ####® ###### ## ######### ### ### ## # ####### ## ### ######: ### ###### ### #### #####. ### ###### ### ## ####### ## ### ####: ### # #### ## ### # #######. ### ###### ## ####### #### ## ### ###. ### ####### ########### ####### ## #####® 2.6 ## ### #386™ ############. #### #####–###### ### ##### #### [2].

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. ####### #### ######(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_fstatat64, 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. https://tldp.org

3. https://www.kernel.org