

Kernel Pwn Cheat Sheet

- [Kernel version](#)
- [Kernel config](#)
- [Task](#)
- [Syscall](#)
- [Memory allocator](#)
 - [kmem_cache](#)
 - [kmalloc](#)
 - [kfree](#)
- [Mapping](#)
- [Snippet](#)
- [Structures](#)
 - [ldt_struct](#)
 - [shm_file_data](#)
 - [seq_operations](#)
 - [msg_msg, msg_msgseg](#)
 - [subprocess_info](#)
 - [timerfd_ctx](#)
 - [pipe_buffer](#)
 - [tty_struct](#)
 - [setxattr](#)
 - [sk_buff](#)
- [Variables](#)
 - [modprobe_path](#)
 - [core_pattern](#)
 - [n_tty_ops](#)

Kernel version

```
commit 09688c0166e76ce2fb85e86b9d99be8b0084cdf9 (HEAD -> master, tag: v5.17-rc8,
origin/master, origin/HEAD)
Author: Linus Torvalds <torvalds@linux-foundation.org>
Date:   Sun Mar 13 13:23:37 2022 -0700
```

Linux 5.17-rc8

Kernel config

config	memo
CONFIG_KALLSYMS	/proc/sys/kernel/kptr_restrict
CONFIG_USERFAULTFD	/proc/sys/vm/unprivileged_userfaultfd
CONFIG_STATIC_USERMODEHELPER	
CONFIG_SLUB	default allocator
CONFIG_SLAB	

CONFIG_SLAB_FREELIST_RANDOM	
CONFIG_SLAB_FREELIST_HARDENED	
CONFIG_FG_KASLR	
CONFIG_BPF	/proc/sys/kernel/unprivileged_bpf_disabled
CONFIG_SMP	multi-processor

Task

- [task_struct](#)
 - [thread_info](#)
 - syscall_work
 - [cred](#)
 - tasks
 - [init_task](#)
 - [init_cred](#)
 - comm
 - prctl(PR_SET_NAME, name);
- [current](#)
 - [get_current](#)
 - [current_task](#)
 - [DECLARE_PER_CPU](#)
 - [DECLARE_PER_CPU_SECTION](#)
 - [__PCPU_ATTRS](#)
 - [PER_CPU_BASE_SECTION](#)
 - case CONFIG_SMP
 - #define
PER_CPU_BASE_SECTION
".data..percpu"
 - [this_cpu_read_stable](#)
 - [__pcpu_size call return](#)
 - [this_cpu_read_stable 8](#)
 - [percpu_stable_op](#)
 - case CONFIG_SMP
 - movq %%gs:%P[var], %[val] where
var = ¤t_task
- [start kernel](#)
 - [setup_per_cpu_areas](#)
 - case CONFIG_SMP
 - [per_cpu_offset](#)
 - `__per_cpu_offset[cpu] = pcpu_base_addr - __per_cpu_start + pcpu_unit_offsets[cpu]`

- [switch to new gdt](#)
 - [load_percpu_segment](#)
 - [cpu_kernmode_gs_base](#)
 - [fixed_percpu_data](#)
 - [DECLARE_PER_CPU_FIRST](#)
 - [fixed_percpu_data](#)
 - [per_cpu](#)
 - *case CONFIG_SMP*
 - [per_cpu_ptr](#)
 - [SHIFT_PERCPU_PTR](#)
 - [RELOC_HIDE](#)
 - *case CONFIG_SMP*
 - `gs = &fixed_percpu_data.gs_base +
__per_cpu_offset[cpu]`

Syscall

- [entry_SYSCALL_64](#)
 - [pt_regs](#)
 - `pt_regs` may be use for stack pivoting
 - [do_syscall_64](#)
 - `add_random_kstack_offset();`
 - [syscall_enter from user mode](#)
 - [__syscall_enter from user work](#)
 - [syscall_trace_enter](#)
 - `SYSCALL_WORK_SECCOMP`
 - [do_syscall_x64](#)
- [swaps_restore_regs_and_return_to_usermode](#)

Memory allocator

kmem_cache

- *case CONFIG_SLUB*
 - [kmem_cache](#)
 - [kmem_cache_cpu](#)
 - `freelist`
 - [slab](#)
 - `slab_cache`
 - `freelist`
 - `offset`
 - `random`
 - [kmem_cache_node](#)
- *case CONFIG_SLAB*
 - [kmem_cache](#)

- [array_cache](#)
 - entry
- [kmem_cache_node](#)
 - shared

kmalloc

- [kmalloc](#)
 - [kmalloc_index](#)
 - [__kmalloc_index](#)
 - case *CONFIG_SLUB*
 - `#define KMALLOC_MIN_SIZE 8`
 - case *CONFIG_SLAB*
 - `#define KMALLOC_MIN_SIZE 32`
 - [kmalloc_caches](#)
 - [kmalloc_type](#)
 - `#define GFP_KERNEL_ACCOUNT (GFP_KERNEL | __GFP_ACCOUNT)`
 - `GFP_KERNEL → KMALLOC_NORMAL`
 - `GFP_KERNEL_ACCOUNT → KMALLOC_CGROUP`
 - case *CONFIG_SLUB*
 - [kmem_cache_alloc_trace](#)
 - [slab_alloc](#)
 - [slab_alloc_node](#)
 - [__slab_alloc](#)
 - [__slab_alloc](#)
 - [new_slab](#)
 - [allocate_slab](#)
 - [shuffle_freelist](#)
 - [get_freepointer_safe](#)
 - [freelist_ptr](#)
 - `*(ptr + kmem_cache.offset) ^ freelist ^ kmem_cache.random`
 - case *CONFIG_SLAB*
 - [kmem_cache_alloc_trace](#)
 - [slab_alloc](#)
 - [do_cache_alloc](#)
 - [__cache_alloc](#)
 - [cache_alloc_refill](#)
 - [__cache_alloc_node](#)
 - [cache_grow_begin](#)
 - [cache_init_objs](#)
 - [shuffle_freelist](#)

kfree

- case `CONFIG_SLUB`
 - [kfree](#)
 - [slab_free](#)
 - [do_slab_free](#)
 - `likely(slab == c->slab) → likely(slab == slab->slab_cache->cpu_slab->slab)`
 - [__slab_free](#)
 - [set_freepointer](#)
 - `BUG_ON(object == fp);`
- case `CONFIG_SLAB`
 - [kfree](#)
 - [__cache_free](#)
 - [cache_flusharray](#)
 - [__free_one](#)
 - `WARN_ON_ONCE(ac->avail > 0 && ac->entry[ac->avail - 1] == objp)`

Mapping

- [map](#)
 - `page_offset_base`
 - heap base address (by `kmalloc`) and it is mapped to `/dev/mem`
 - `secondary_startup_64` can be found at `page_offset_base + offset`
 - `vmalloc_base`
 - `vmemmap_base`
- [page](#)
- [vmalloc to page](#)
- [page to virt](#)
 - `page_to_virt(page) = page_offset_base + (((page - vmemmap_base) / 64) << 12)`
 - [__va](#)
 - [PAGE_OFFSET](#)
 - [__PAGE_OFFSET](#)
 - `page_offset_base`
 - [PFN_PHYS](#)
 - [PAGE_SHIFT](#)
 - [page to pfn](#)
 - [__page_to_pfn](#)
 - [vmemmap](#)
 - [VMEMMAP_START](#)
 - `vmemmap_base`

Snippet

- gain root privileges
 - (kernel) `commit_creds(prepare_kernel_cred(NULL));`
- break out of namespaces
 - (kernel) `switch_task_namespaces(find_task_by_vpid(1), init_nsproxy);`
 - (user) `setns(open("/proc/1/ns/mnt", O_RDONLY), 0);`
 - (user) `setns(open("/proc/1/ns/pid", O_RDONLY), 0);`
 - (user) `setns(open("/proc/1/ns/net", O_RDONLY), 0);`

Structures

| structure | size | flag (v5.14+) | memo |
|-----------------|---------------|--------------------|-------------------------|
| ldt_struct | 16 | GFP_KERNEL_ACCOUNT | |
| shm_file_data | 32 | GFP_KERNEL | |
| seq_operations | 32 | GFP_KERNEL_ACCOUNT | /proc/self/stat |
| msg_msg | 48 ~ 4096 | GFP_KERNEL_ACCOUNT | |
| msg_msgseg | 8 ~ 4096 | GFP_KERNEL_ACCOUNT | |
| subprocess_info | 96 | GFP_KERNEL | socket(22, AF_INET, 0); |
| timerfd_ctx | 216 | GFP_KERNEL | |
| pipe_buffer | 640 = 40 x 16 | GFP_KERNEL_ACCOUNT | |
| tty_struct | 696 | GFP_KERNEL | /dev/ptmx |
| setxattr | 0 ~ | GFP_KERNEL | |
| sk_buff | 320 ~ | GFP_KERNEL_ACCOUNT | |

ldt_struct

- [modify_ldt](#)
 - [write_ldt](#)
 - [alloc_ldt_struct](#)
 - [read_ldt](#)
 - [desc_struct](#)
 - `copy_to_user`
 - `copy_to_user` won't panic the kernel when accessing wrong address

shm_file_data

- [shmat](#)
 - [do_shmat](#)

seq_operations

- [proc_stat_init](#)

- [stat_proc_ops](#)
- [stat_open](#)
 - [single_open_size](#)
 - [single_open](#)
- [seq_read_iter](#)
 - `m->op->start`

[msg_msg](#), [msg_msgseg](#)

- [msgsnd](#)
 - [ksys_msgsnd](#)
 - [do_msgsnd](#)
 - [load_msg](#)
 - [alloc_msg](#)
- [msgrcv](#)
 - [ksys_msgrcv](#)
 - [do_msgrcv](#)
 - `#define MSG_COPY 040000`

[subprocess info](#)

- [socket](#)
 - [__sys_socket](#)
 - [sock_create](#)
 - [__sock_create](#)
 - [__request_module](#)
 - [call_modprobe](#)
 - [call_usermodehelper_setup](#)

[timerfd_ctx](#)

- [timerfd_create](#)
- [timerfd_release](#)
 - `kfree_rcu`

[pipe_buffer](#)

- [pipe](#), [pipe2](#)
 - [do_pipe2](#)
 - [do_pipe_flags](#)
 - [create_pipe_files](#)
 - [get_pipe_inode](#)
 - [alloc_pipe_info](#)
 - `#define PIPE_DEF_BUFFERS 16`
 - [pipefifo_fops](#)
- [pipe_write](#)
 - `buf->ops = &anon_pipe_buf_ops;`

- [pipe_release](#)
 - [put_pipe_info](#)
 - [free_pipe_info](#)
 - [pipe_buf_release](#)
 - `ops->release`

tty_struct

- [unix98_pty_init](#)
 - [tty_default_fops](#)
 - [tty_fops](#)
- [ptmx_open](#)
 - [tty_init_dev](#)
 - [alloc_tty_struct](#)
- [tty_ioctl](#)
 - [tty_paranoia_check](#)
 - `#define TTY_MAGIC 0x5401`
 - [tty_pair_get_tty](#)
 - `tty->ops->ioctl`

setxattr

- [setxattr](#)
 - [path_setxattr](#)
 - [setxattr](#)
 - `vfs_setxattr` may fail, but `kvmalloc` and `kvfree` complete successfully

sk_buff

- [socketpair](#)
 - [__sys_socketpair](#)
 - [sock_create](#)
 - [__sock_create](#)
 - *case PF_UNIX*
 - [unix_family_ops](#)
 - [unix_create](#)
 - *case SOCK_DGRAM*
 - [unix_dgram_ops](#)
 - [unix_create1](#)
 - `sk->sk_allocation = GFP_KERNEL_ACCOUNT;`
- [unix_dgram_sendmsg](#)
 - [sock_alloc_send_skb](#)
 - [alloc_skb_with_frags](#)
 - [alloc_skb](#)

- [_alloc_skb](#)
 - `struct skb_shared_info` is at the end of `data`

Variables

| variable | memo |
|----------------------------|--|
| <code>modprobe_path</code> | <code>/proc/sys/kernel/modprobe</code> |
| <code>core_pattern</code> | <code>/proc/sys/kernel/core_pattern</code> |
| <code>n_tty_ops</code> | <code>(read) scanf, (ioctl) fgets</code> |

[modprobe_path](#)

- [execve](#)
 - [do_execve](#)
 - [do_execveat common](#)
 - [bprm_execve](#)
 - [exec_binprm](#)
 - [search_binary_handler](#)
 - [_request_module](#)
 - [call_modprobe](#)
 - [call_usermodehelper_setup](#)
 - [call_usermodehelper_exec](#)

[core_pattern](#)

- [do_coredump](#)
 - [format_corename](#)
 - [call_usermodehelper_setup](#)
 - [call_usermodehelper_exec](#)

[n_tty_ops](#)

- [tty_struct](#)
 - [tty_ldisc](#)
- [n_tty_init](#)
 - [tty_register_ldisc](#)