

Построение практикумов по изучению архитектуры и периферийных устройств на основе шины USB

Дмитрий Костюк, Кшиштоф Опасяк,
Галина Четвёркина, Владимир Лаппо
Брестский государственный технический университет,
Варшавский политехнический университет,
Samsung RD Insitute Poland

«Милые зайки»

COM, PS/2, LPT/IEEE 1284

Вариант для изучения студентами, ориентированными на системное программирование:

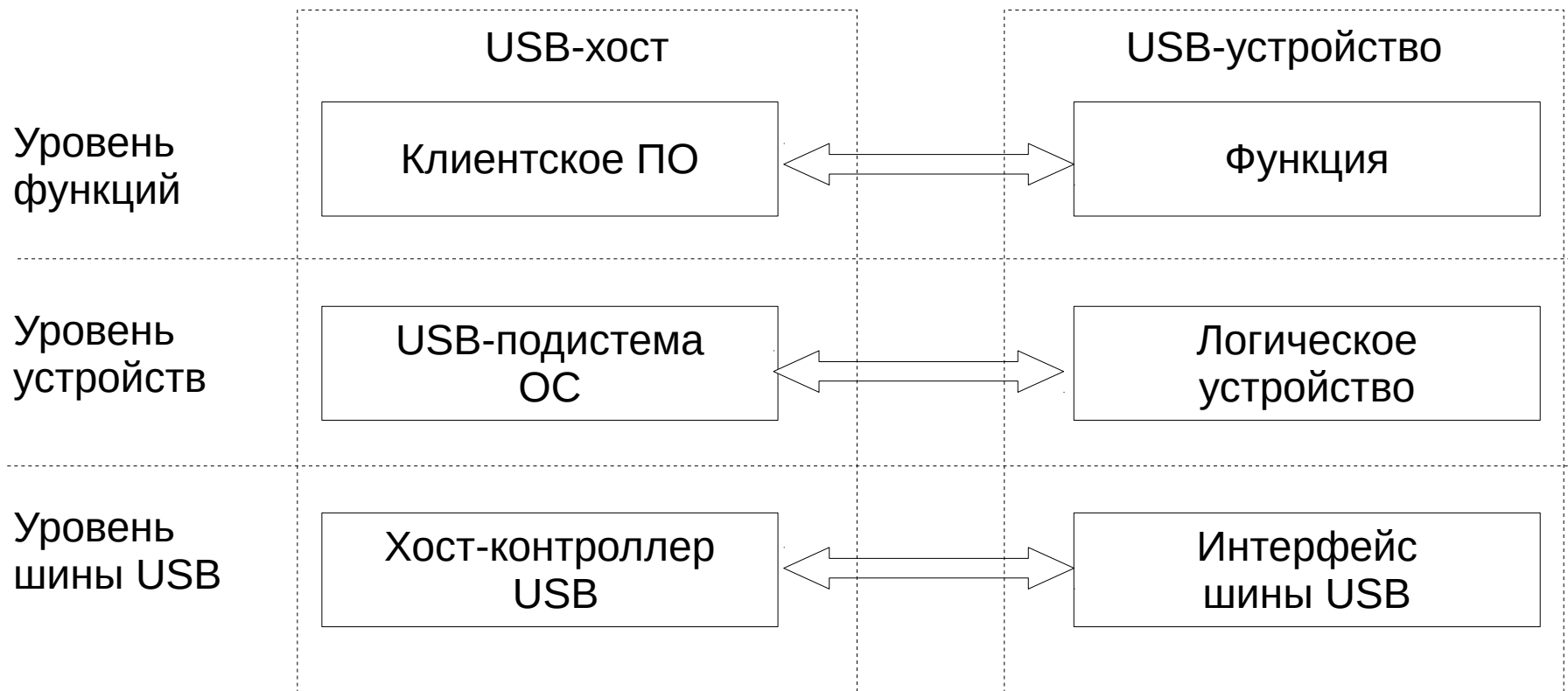
- Машинные команды (ассемблер)
- Архитектура ПК (прерывания, память, ...)
- Периферийные устройства (контроллер, порты, передача слова-состояния и данных)



Со временем картина размывается

- Многозадачный режим
 - Студенческий код взаимодействует с контроллерами периферии одновременно с операционной системой
- Изоляция пространства ядра
 - Студент создаёт модули
- «Милые зайки» исчезают, уступая место USB

Уровни организации интерфейса USB

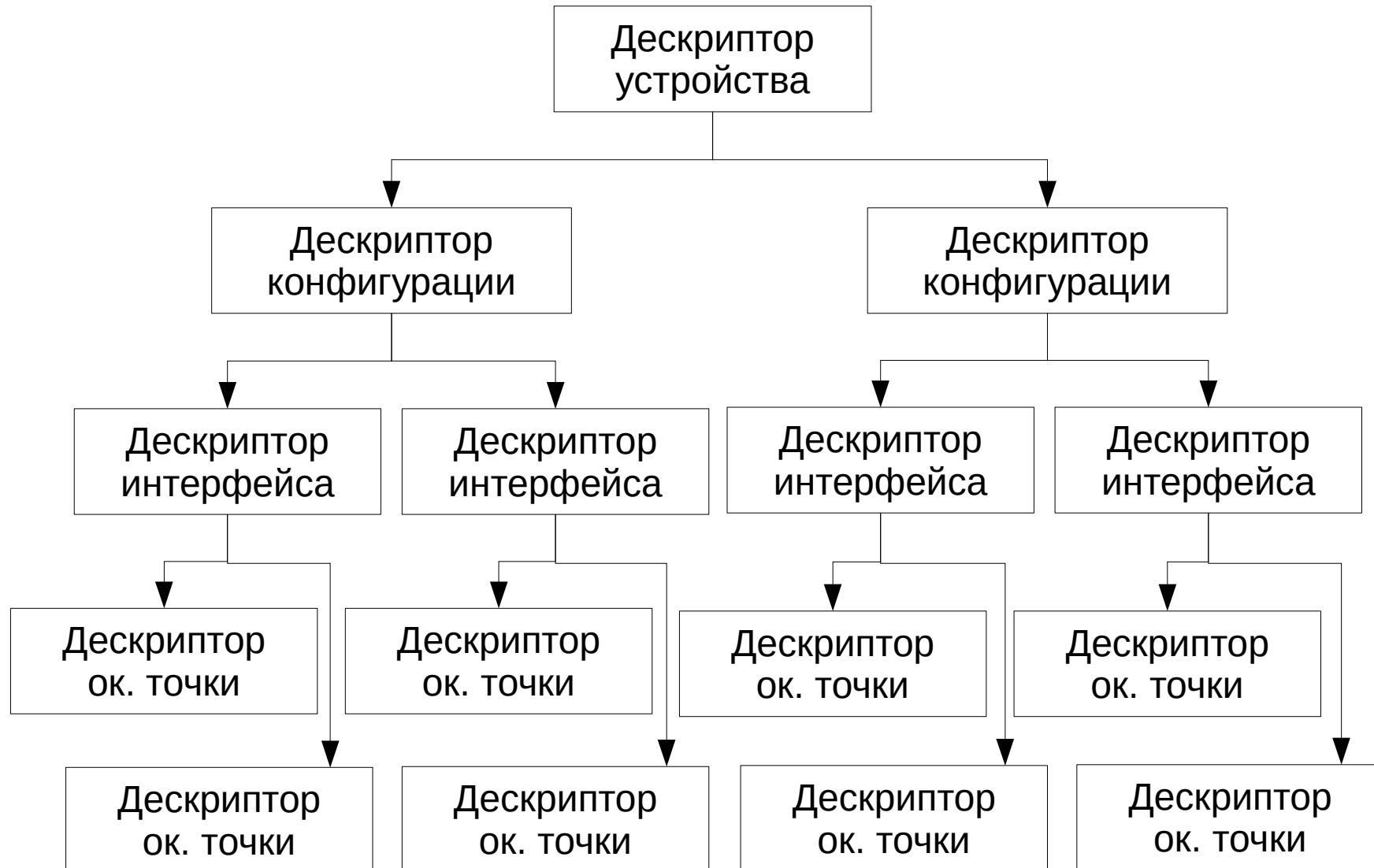


Логическое представление USB-устройства

- Универсальная архитектура
- айсберг, пускающий на дно благие намерения по модернизации лабораторных практикумов



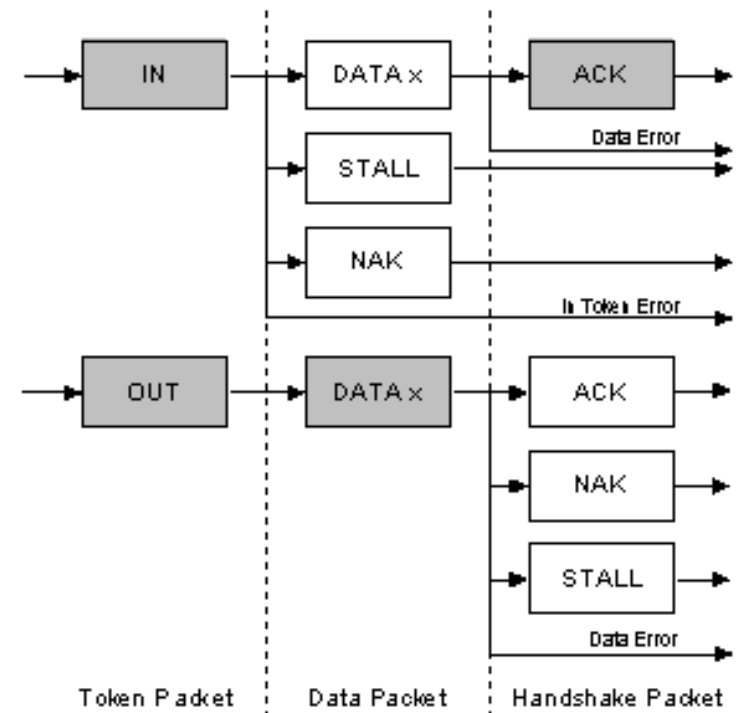
...и немного дескрипторов



Жизнь внутри айсберга

Передачи данных:

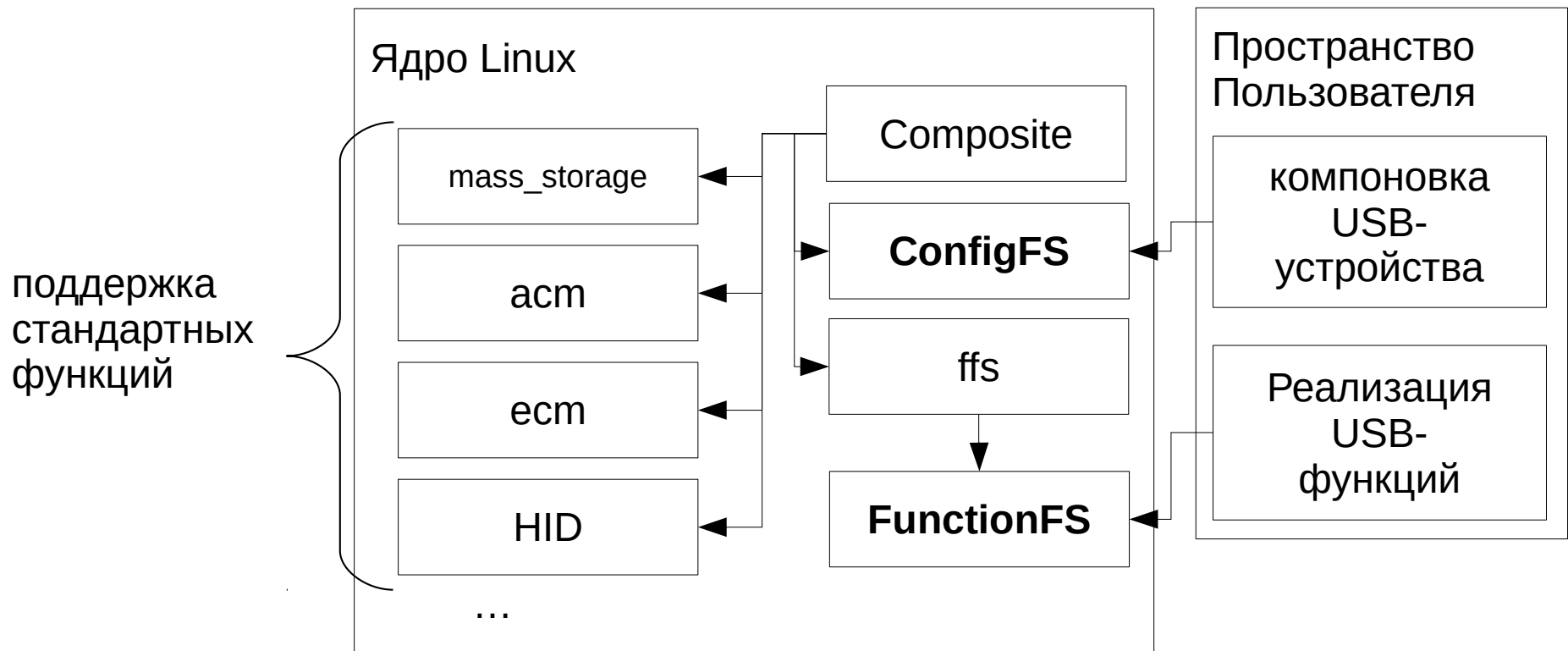
- поточные (bulk)
- управляющие (control)
- изохронные (isochronous)
- прерывания (interrupt)



Что упростило нам жизнь

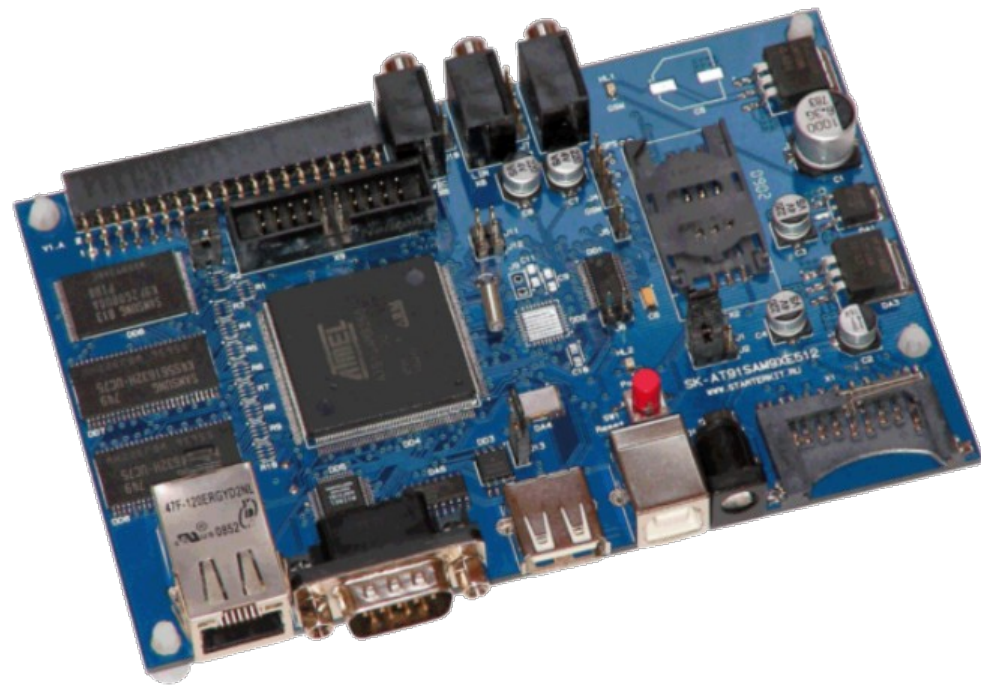
- Работа в пространстве пользователя
- Составление конфигурации USB-устройства с помощью виртуальной файловой системы ConfigFS (как sysfs, только наоборот)
 - Для создания айсберга применяются «mkdir ...» и «echo ... > ...»
 - Причем по ходу дела стандартная часть создаётся сама
- Тестирование стандартных функций на базе FunctionFS (USB storage, HID, ...)

Используемые модули

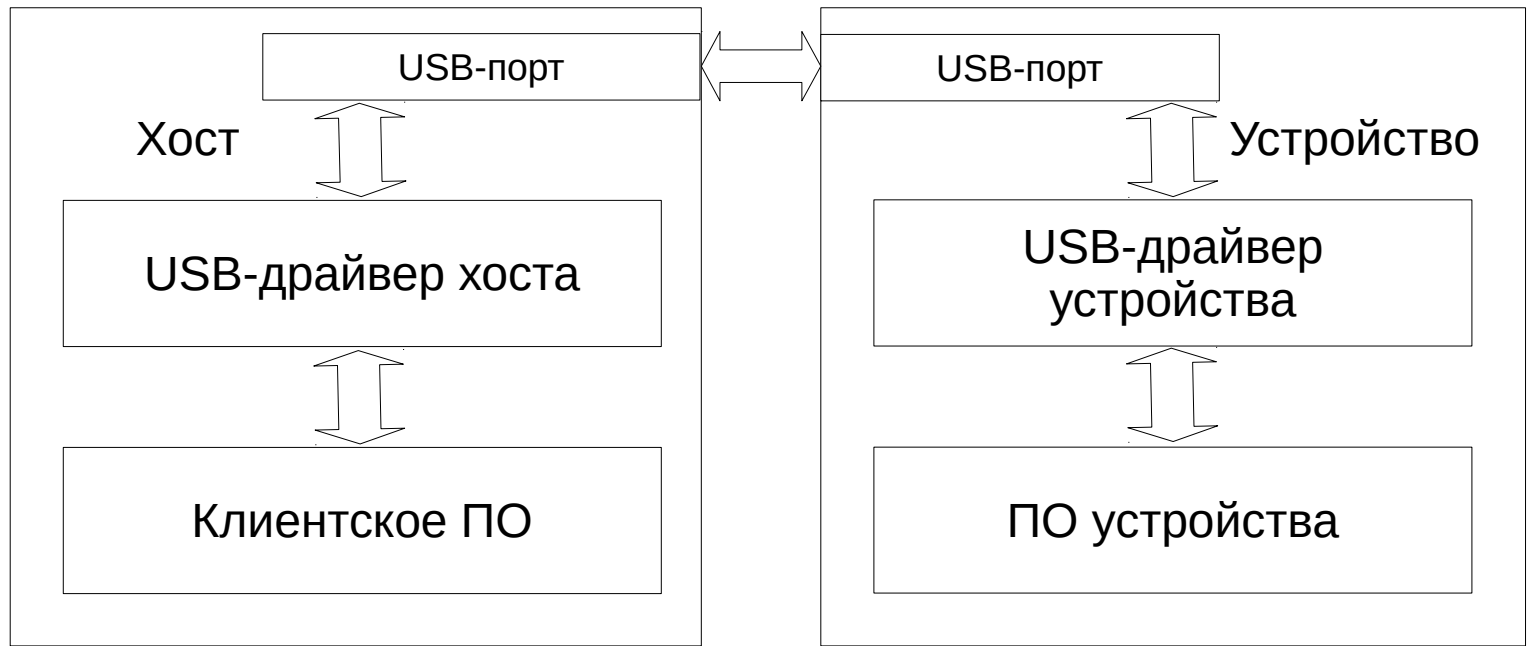


Выбор платформы

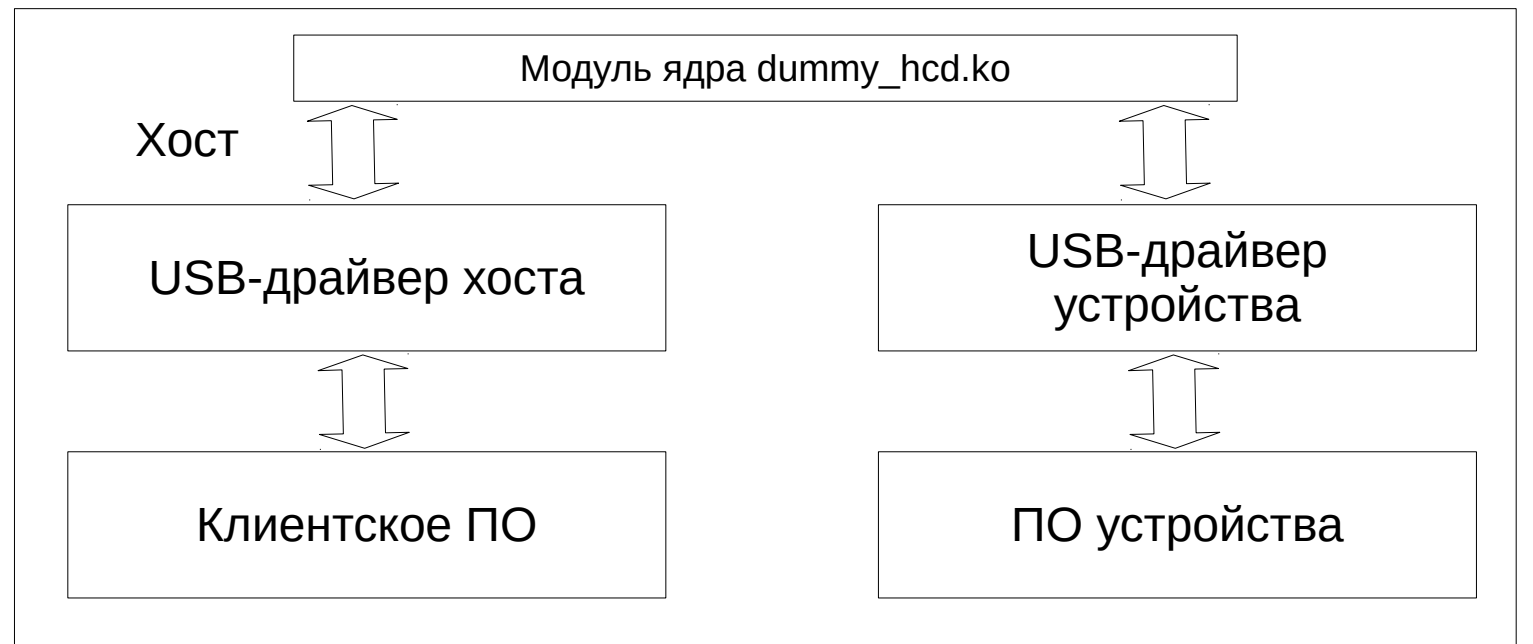
- Для устройства необходимо нечто, имеющее на борту UDC (USB Device Controller)
- Это ни разу не ПК
- Raspberry Pi и другие одноплатные компьютеры на базе ARM



Работа на реальном гаджете...



...И В режиме эмуляции



Используемое ПО

- Isusb
- libusb
- Wireshark
- Стандартный тулчейн
- ...

Filter: Expression... Clear Apply

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
685	0.501692	host	7.0	USB	64	URB_CONTROL in
686	0.000287	7.0	host	USB	66	URB_CONTROL in
687	0.506143	host	7.0	USB	64	URB_CONTROL in
688	0.000244	7.0	host	USB	66	URB_CONTROL in
689	0.509338	host	7.0	USB	64	URB_CONTROL in
690	0.000291	7.0	host	USB	66	URB_CONTROL in
691	0.507729	host	7.0	USB	64	URB_CONTROL in
692	0.000273	7.0	host	USB	66	URB_CONTROL in

▶ Frame 1: 64 bytes on wire (512 bits), 64 bytes captured (512 bits)
▶ USB URB

0000	c0	cc	fc	4b	01	88	ff	ff	53	02	80	07	01	00	00	3c	...	K....	S.....	<
0010	88	87	e9	51	00	00	00	00	5a	69	08	00	8d	ff	ff	ff	...	Q....	Zi.....	
0020	28	00	00	00	00	00	00	00	80	06	00	01	00	00	28	00	(.....	(.	
0030	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02	00	00	00	00	00	00		

USB bus number 1: <live capture in p... Packets: 3692 Displayed: 3692 Marked: 0

Структура практикума (1/2)

1) Демонстрация информационного обмена

- lsusb и lusb для получения информации об устройстве
- Wireshark для отслеживания простейшего взаимодействия (нажатия клавиши).

2) Особенности передачи данных

- libusb

Структура практикума (2/2)

3) «Построение» устройства

- ConfigFS

4) Реализация стандартных функций

- FunctionFS

5) Реверс-инжиниринг разработанного проприетарного драйвера

- Wireshark