

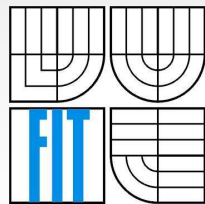
IPZ laboratoře

Analýza komunikace na sběrnici USB

L305

Cvičení 2

2008



Cvičící: Straka Martin, Šimek Václav, Kaštil Jan





➤ Fyzická struktura sběrnice USB

- Rozhraní, konektory, topologie, základní pojmy, rychlosti

➤ Principy komunikace na USB

- Komunikační protokol sběrnice USB
- Identifikace, adresy, koncové body, roury, data, zabezpečení
- Typy přenosů – řídicí, přerušovací, hromadné, izochronní.
- Formáty paketů
- Komunikační vrstvy host-zařízení
- Připojení a detekce nového zařízení

➤ Aplikace USBtrace a busTRACE

- obsluha, analýza, nastavení



➤ Samostatné řešení jednoduchých úloh

- analýza komunikace Host – Device, typy a formáty transakcí

Fyzická struktura sběrnice USB



Co je to USB?

- USB 1.0 je sériová sběrnice, umožňující připojit širokou škálu zařízení k osobnímu počítači.
- Pomocí USB lze připojit téměř každou periférii, klávesnicí, myší a tiskárnou počínaje a kamerami, zvukovými kartami či pevnými disky konče.
- V současné době je její nejnovější specifikací USB 2.0.
- Nahrazuje zastaralé rozhraní RS232 (sériový port).
- Možnost připojení/odpojení zařízení za běhu PC (plug-and-play).
- Podpora na všech typech PC a současných zařízení - standard.
- Dostupné integrované obvody pro použití s USB sběrnici.
 - Jednoúčelové převodníky (např. USB na RS-232, FTDI).
 - Jednočipové mikrokontroléry se zabudovaným USB rozhraním (HC08JB).
 - Softwarové řešení USB, knihovny

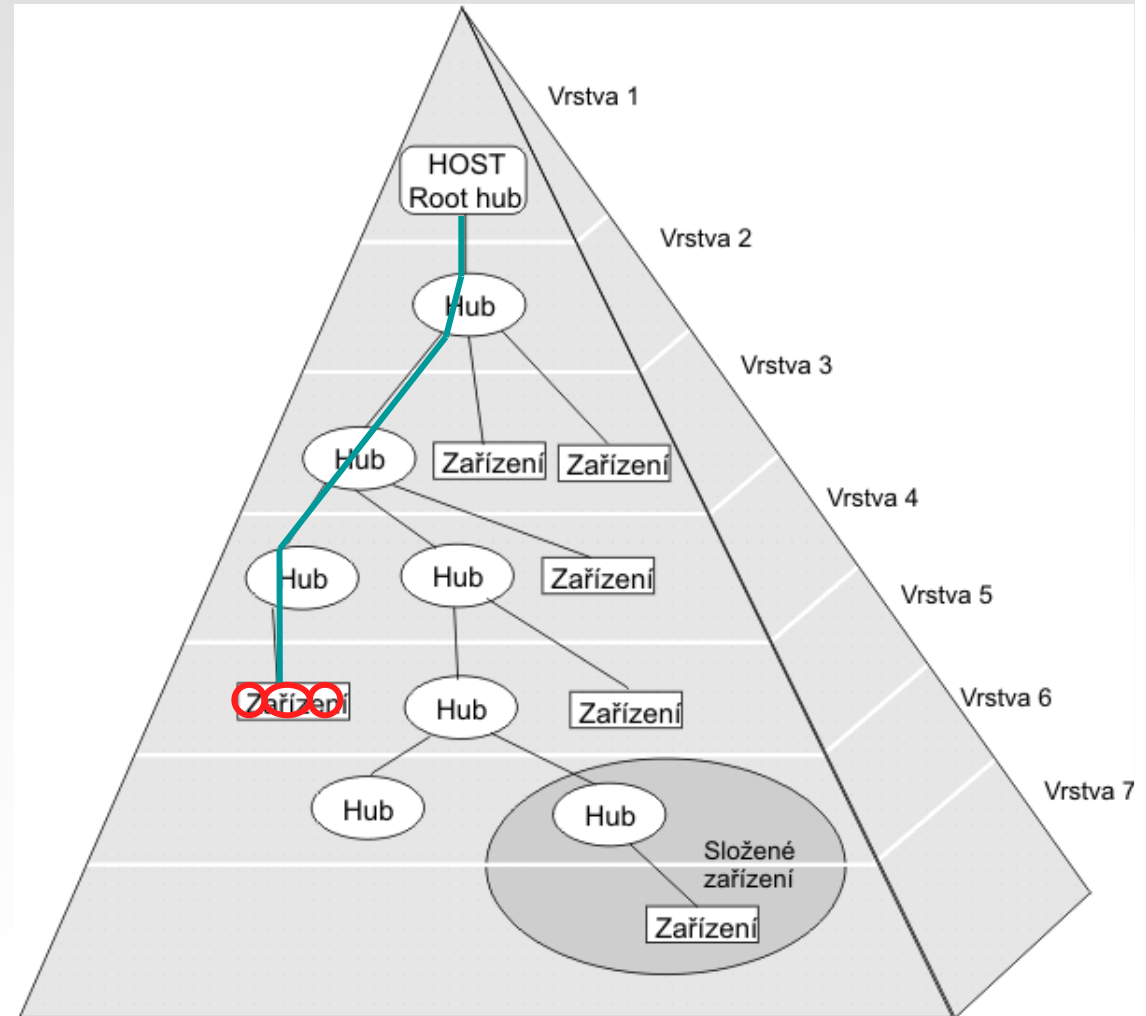


Fyzická struktura sběrnice USB

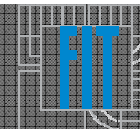


Topologie – vrstvená hvězdicová topologie.

- **Hostitelský řadič (Host)** – vrchol rozhraní (hw/sw -ovladač).
- **Root Hub** – pouze jeden, všechny komunikace pouze přes něj.
- **Rozbočovače (huby)** – v každé vrstvě alespoň jeden.
- **Zařízení** – koncové zařízení na libovolné úrovni a rychlosti. Komunikace mezi zařízeními není možná!
- **Max 7 vrstev** = maximálně 5 zařízení typu rozbočovač za sebou
- **Roury** (pipes)
- **Koncové body** (EndPoint)



Fyzická struktura sběrnice USB



Konektory – dva typy konektorů.

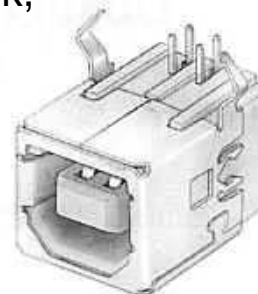
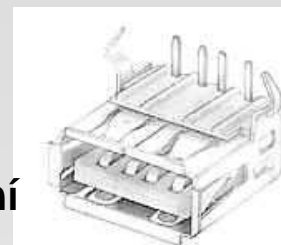
- **Typ A** - upstream, směr: zařízení -> **hostitel**
- **Typ B** – downstream, směr: hostitel -> **zařízení**
- Mini-B – downstream

Rychlosti - tři typy rychlosti toku dat.

- **Low Speed** – (LS) max. 1.5 Mbit/s - klávesnice, myš, polohovací zařízení
- **Full Speed** - (FS) max. 12 Mbit/s – tiskárna, scanner, audio, ...
- **High Speed** – (HS) max. 480 Mbit/s - flashdisk, pevný disk, video stream, digi-kamera ...

Rozhraní – 4 dráty.

- 1x napájení, 1x zem
- Data přenášena difirenciálně po 2 vodičích
- **HS a FS** – stíněný kabel, max 5 metrů.
- **LS** – není stínění, kabel max 3 metry.



Pohled zepředu



Pohled shora



USB konektor typu A

Pohled zepředu



Pohled shora



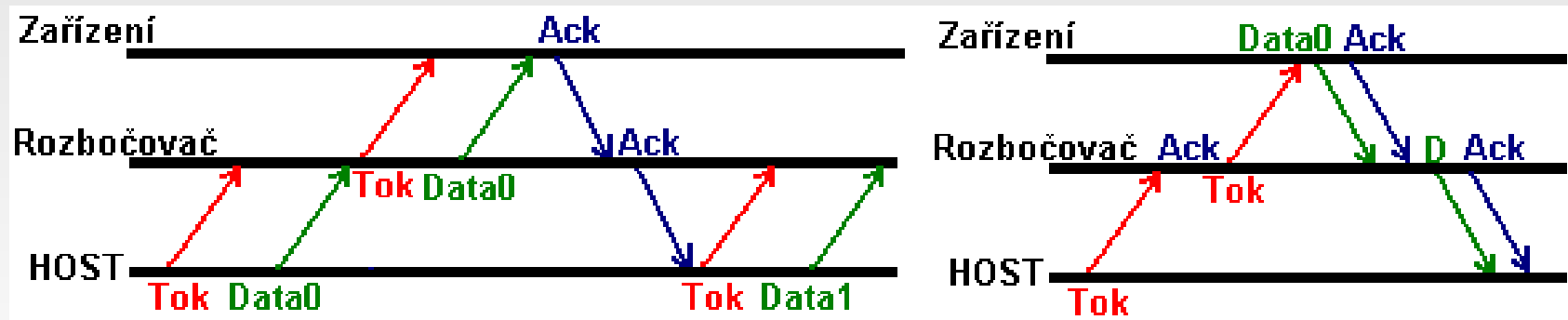
USB konektor typu B

Principy komunikace na USB



Protokol

- USB je řízená sběrnice.
- Veškeré datové a řídicí přenosy inicializuje hostitelský řadič.
- Komunikace formou transakcí – typicky 3 pakety – dotazování (polling).
 - **Token paket (Tok)** – ID zařízení, adresa koncového bodu, roura, vysílá vždy hostitel.
 - **Přenos dat** nebo „nemám nic k poslání“ – posílá zařízení nebo hostitel.
 - **Handshake paket (Ack)** – potvrzení úspěšnosti přenosu – vysílá hostitel nebo zařízení.



Detekce chyb – CRC – kontrolní součty

- Oddělené kontrolní součty pro řídicí a datovou část každého paketu.
- Chyba - žádost o poslání nového paketu nebo oprava na straně SW.

Principy komunikace na USB

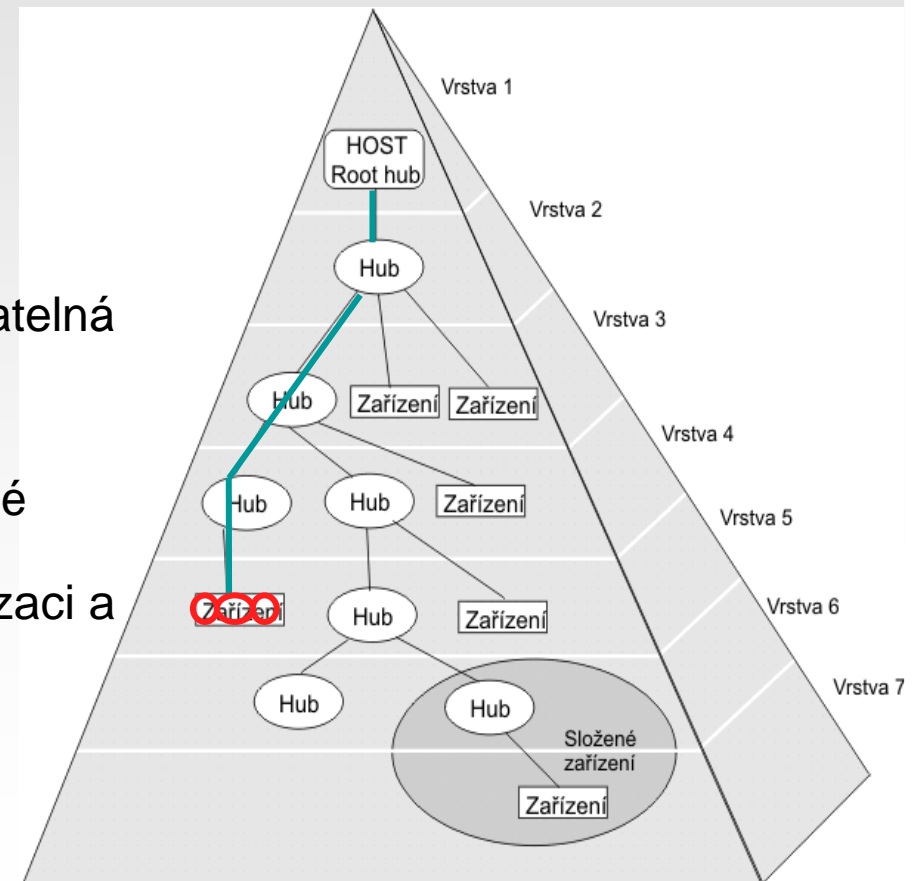


Roury - cesta pro datové přenosy mezi hostitelem a koncovým bodem zařízení.

- Roury pro přenos dat (stream pipes).
- Roury pro zpráv (message pipes).
- Řídící roura pro inicializaci a nakonfigurování zařízení.
- Jednosměrná, obousměrná
- Roura má vlastní adresu

Koncové body - jednoznačně identifikovatelná část USB zařízení pro komunikaci.

- mají svou adresu.
- 15 koncových bodů maximálně pro každé zařízení.
- „0“ – mají všechna zařízení – pro inicializaci a konfiguraci zařízení.





Typy datových toků – 4 typy

- **Řídící přenosy** - jsou používány ke konfiguraci zařízení při jeho připojení a mohou být použity k dalším účelům, jako např. k řízení dalších komunikačních sítí.
- **Hromadné přenosy** - slouží k přenosům velkého množství dat a jsou na ně kladena nejmenší omezení.
- **Přerušovací přenosy** - k včasnému a spolehlivému doručení dat, nejčastěji pro asynchronní události.
- **Izochronní přenosy** - zabírají předem smluvené množství přenosového pásma a mají předem dohodnuté zpoždění. Tento druh přenosů je také nazýván proudový přenos v reálném čase.

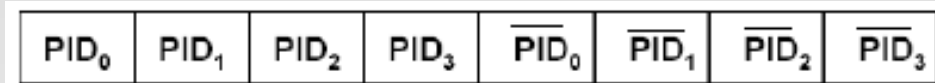


Principy komunikace na USB



Formát paketu – 2 typy paketu.

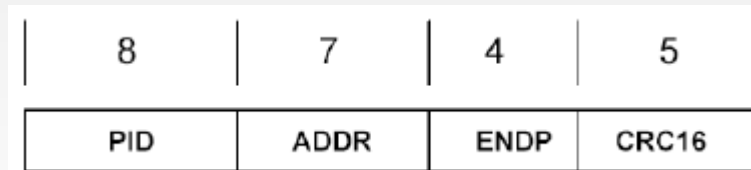
- Identifikátor paketu (PID)



- 4 bity, jsou vysílány 2x – přímá hodnota a negovaná – kontrola správného příjmu.
- 4 bity PID = 16 typů identifikací.

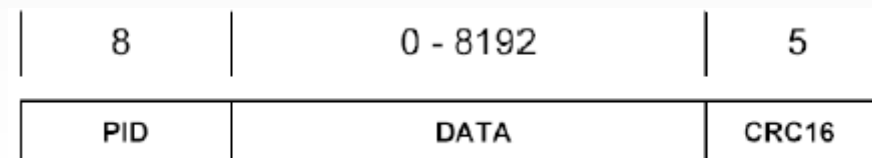
- **Řídicí pakety** – token pakety, handshake pakety.

- PID – identifikace paketu.
- ADDR – adresa zařízení.
- ENDP – koncový bod, registr.
- CRC – kontrolní součet.

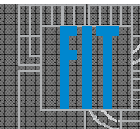


- **Datové pakety**

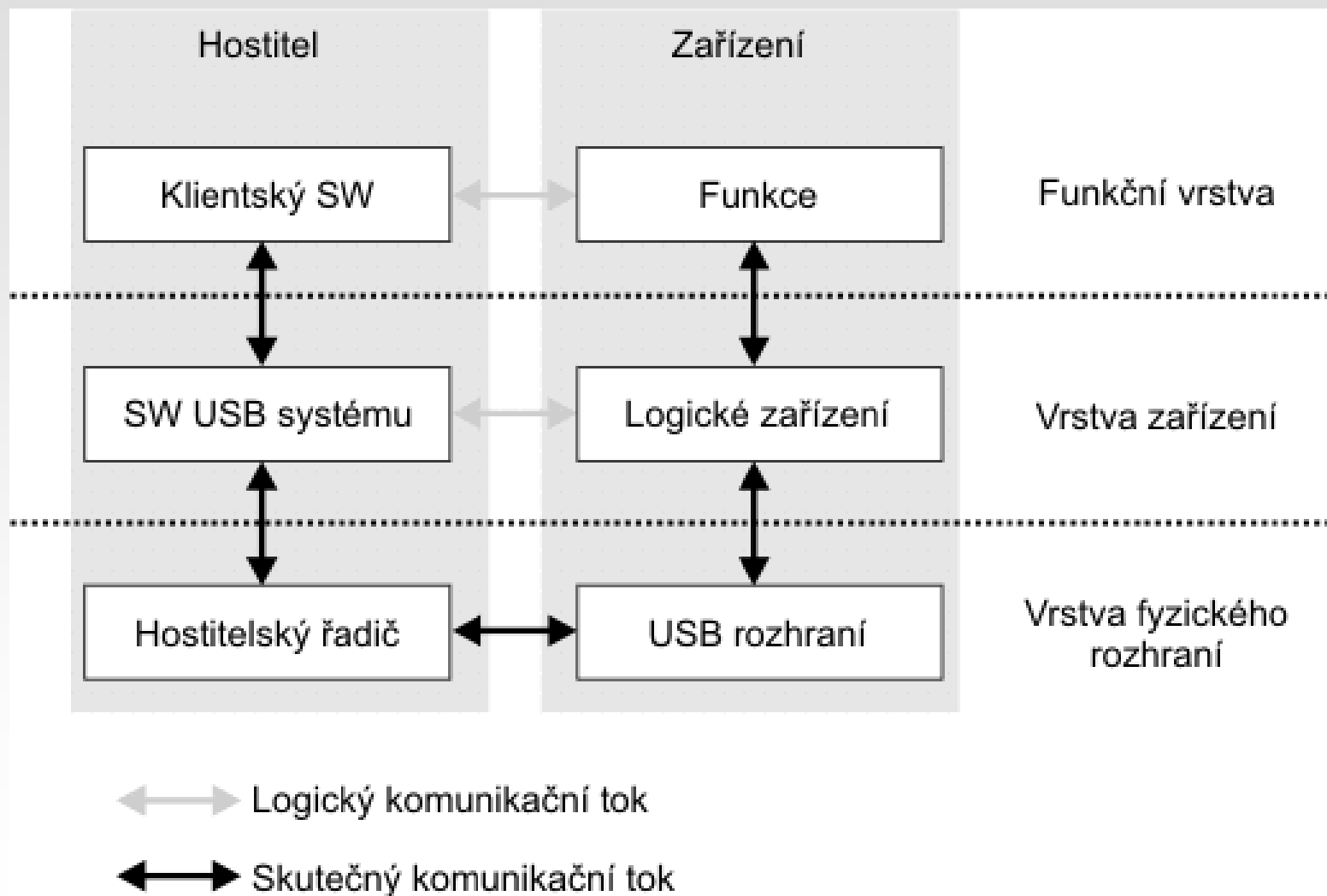
- PID – identifikace paketu.
- DATA – přenášená data.
- CRC – kontrolní součet.



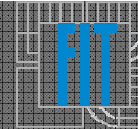
Principy komunikace na USB



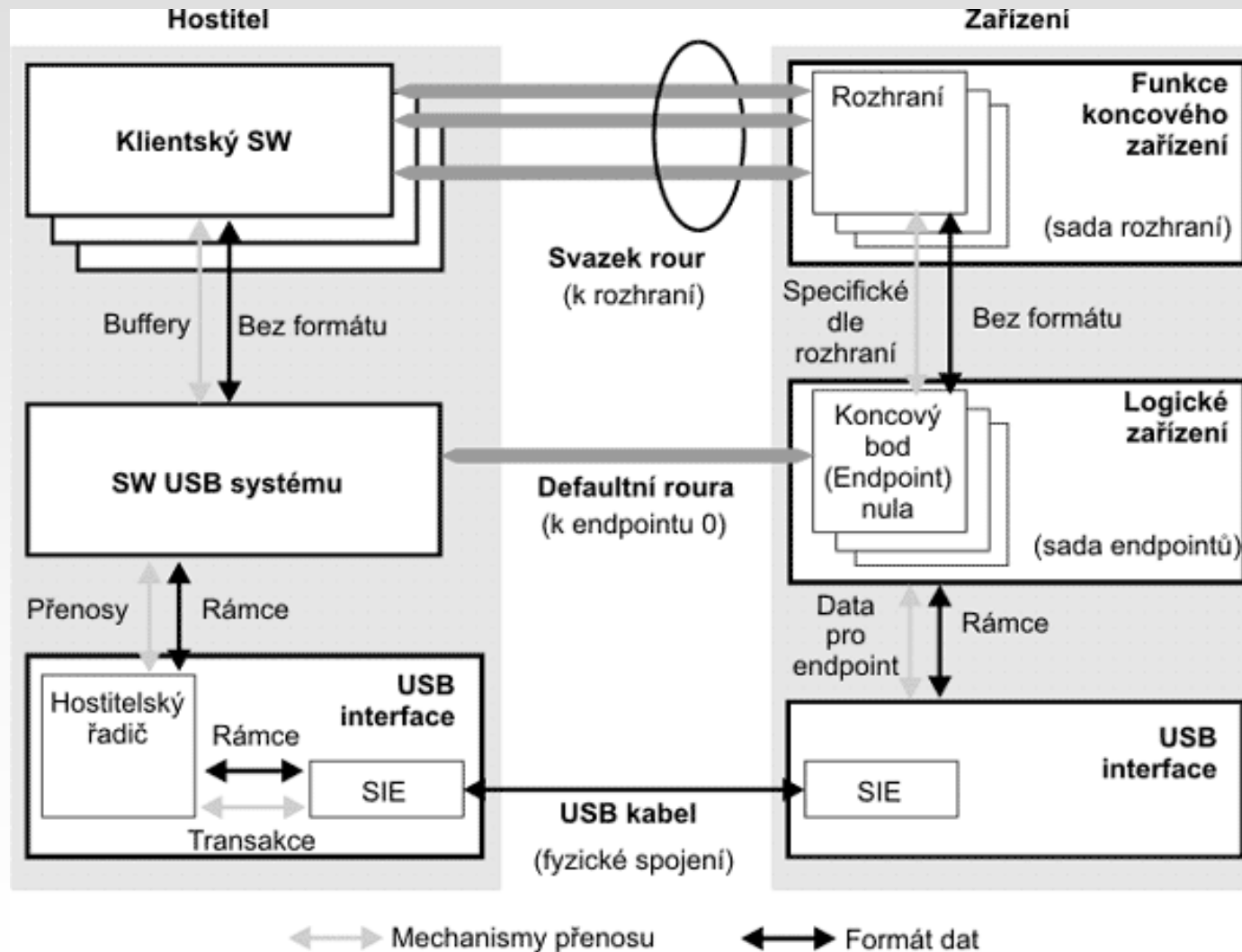
Komunikační vrstvy



Principy komunikace na USB



Podrobnější znázornění USB hostitele a USB klienta (zařízení)

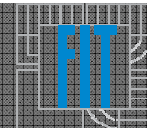




Dynamická konfigurace – připojení/odpojení zařízení – reakce na změny sítě.

- Všechna USB zařízení jsou ke sběrnici zapojena přes rozbočovače. Rozbočovače mají status bity, které sledují připojování a odpojování USB zařízení na jednotlivých portech.
- Hostitel si může z rozbočovače tyto informace vyžádat.
- Pokud hostitel zjistí nově připojené zařízení, povolí dotyčný port a komunikuje s daným USB zařízením prostřednictvím řídicí roury na defaultní adrese.
- Hostitel přiřadí novému zařízení unikátní adresu a zjistí, zda jde o hub nebo koncové zařízení.
- Následně vytvoří řídicí rouru pro toto USB zařízení a nasměruje ji na přiřazenou adresu a koncový bod číslo 0.
- O připojení a inicializaci zařízení je informován hostitelský software, odpovídající danému zařízení (ovladač).
- Po odpojení zařízení rozbočovač oznámí tuto skutečnost hostiteli, který deaktivuje ovladač a komunikační roury zařízení.

Aplikace USBtrace



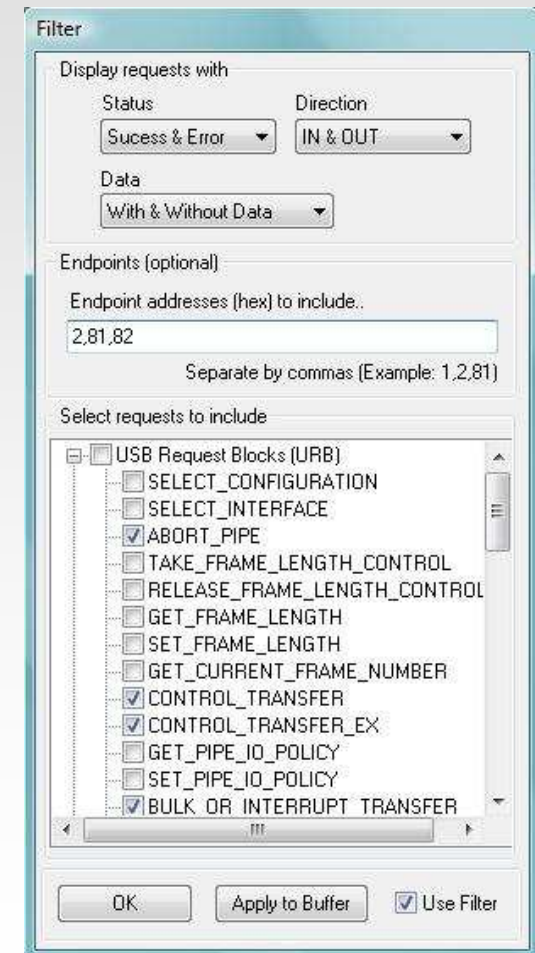
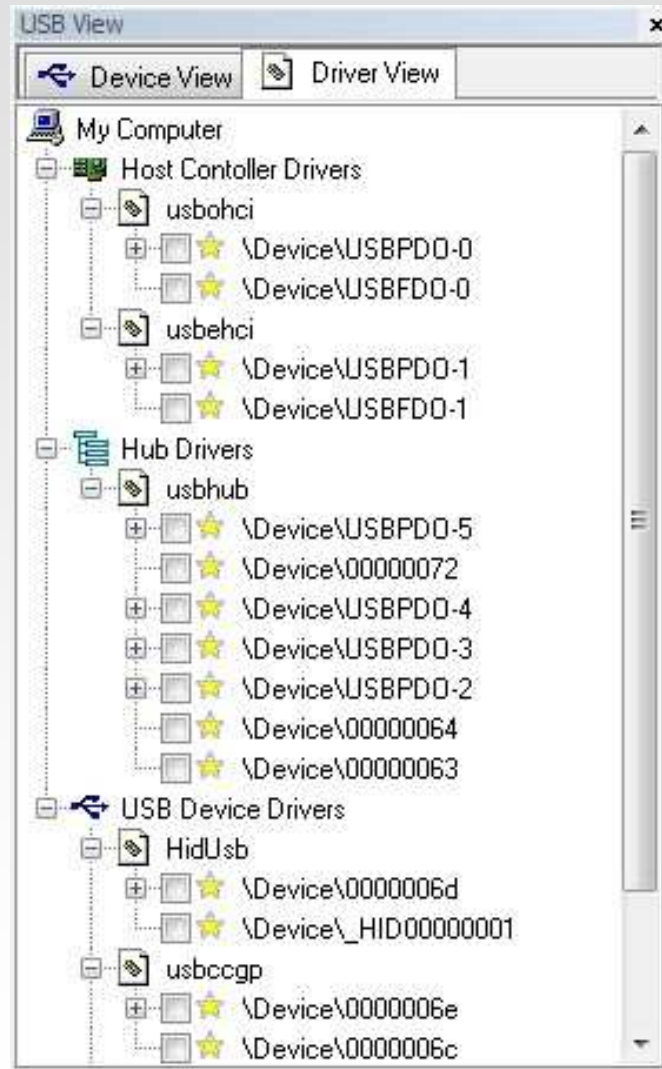
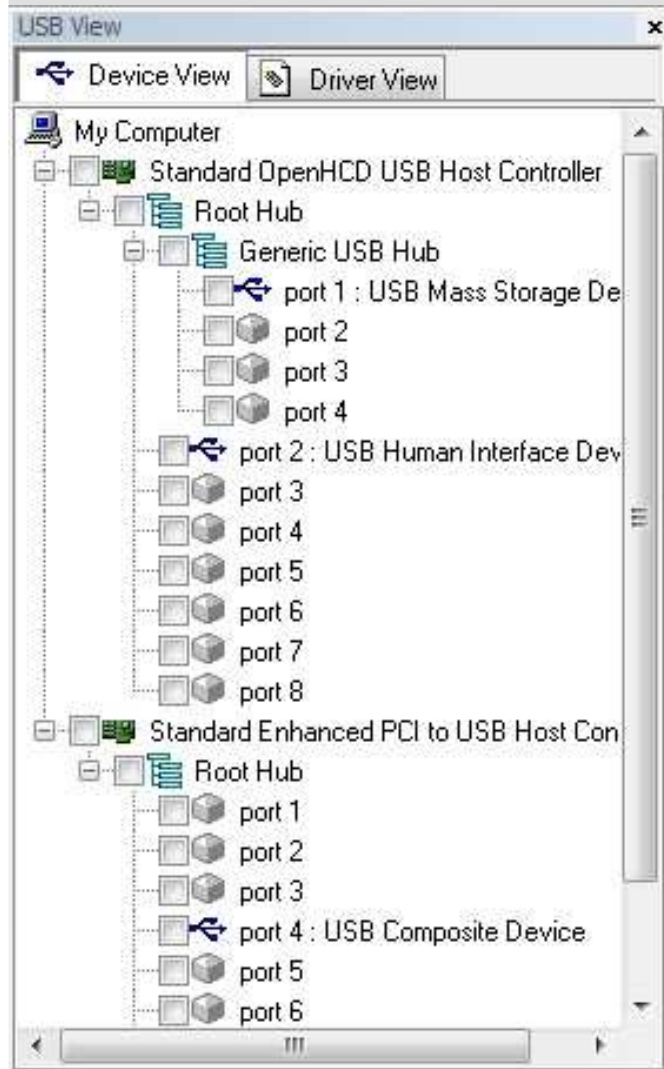
The screenshot displays the USBtrace application interface. At the top, there is a menu bar (File, Capture, Log, View, Help) and a toolbar with various icons. The main window is divided into several panes:

- USB View:** A tree view on the left showing the system's USB hierarchy, including 'My Computer', 'Intel(R) ICH8 Family USB Universal Host Controller', and 'Root Hub'. The selected device is 'port 2 : Zařizení USB standardu HID'.
- Transaction List:** A table showing a list of USB transactions. The selected transaction (Seq 11) is highlighted in blue.
- Transaction Details:** A pane below the list showing the details of the selected transaction, including fields like 'Urb Field', 'Value', 'Length', 'USB D Status', 'EndpointAddress', 'PipeHandle', 'TransferFlags', and 'TransferBufferLength'.
- Hex Data:** A pane on the right showing the raw hex data of the transaction, with columns for 'Offset', 'Hex Data', and 'Ascii'.

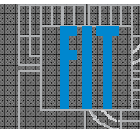
At the bottom of the application, there is a status bar with the text: 'Ready Continuous Capture : [OFF] Background Capture : [OFF] Hotplug Capture : [OFF] Trigger : [OFF] Filter'.

Aplikace USBtrace

Topologie USB – přehled zařízení – informace o ovladačích



Aplikace USBtrace

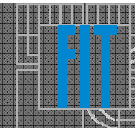


Vlastní analýza

- Výpisy jednotlivých přenosů podle zvolených zařízení.

Seq	Type	Time	Request	I/O	Device Object	IRP	Status	Buffer Snip...	B..
1	URB	0.001142	GET_DESCRIPTOR_FROM_DEVICE	OUT	{Device}\USBPDO-9	0x88FD65D8	STATUS_SUCCESS		0
2	URB	0.001147	GET_DESCRIPTOR_FROM_DEVICE	OUT	0x894CC5E8	0x88FD65D8	STATUS_SUCCESS		0
3	URB	0.001172	CONTROL_TRANSFER	IN	0x894CC5E8	0x88FD65D8	STATUS_PENDING		0
4	URB	0.003588	CONTROL_TRANSFER	IN	0x894CC5E8	0x88FD65D8	STATUS_UNSUCCESSFUL		0
5	URB	0.221264	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	OUT	{Device}\USBPDO-9	0x89A26440	STATUS_NOT_SUPPORTED		0
6	URB	0.221267	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	OUT	{Device}_HID00000000	0x89A26440	STATUS_NOT_SUPPORTED		0
7	URB	0.221287	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	IN	{Device}_HID00000000	0x89A26440	STATUS_PENDING		0
8	URB	0.229254	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	OUT	{Device}\USBPDO-9	0x897485C8	STATUS_NOT_SUPPORTED		0
9	URB	0.229256	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	OUT	{Device}_HID00000000	0x897485C8	STATUS_NOT_SUPPORTED		0
10	URB	0.229268	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	IN	{Device}_HID00000000	0x897485C8	STATUS_PENDING		0
11	URB	0.245251	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	IN	{Device}_HID00000000	0x89A26440	STATUS_SUCCESS	00 01 00 00	4
12	URB	0.245260	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	OUT	{Device}\USBPDO-9	0x89A26440	STATUS_NOT_SUPPORTED		0
13	URB	0.245262	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	OUT	{Device}_HID00000000	0x89A26440	STATUS_NOT_SUPPORTED		0
14	URB	0.245279	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	IN	{Device}_HID00000000	0x89A26440	STATUS_PENDING		0
15	URB	0.253250	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	IN	{Device}_HID00000000	0x897485C8	STATUS_SUCCESS	00 01 00 00	4
16	URB	0.253258	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	OUT	{Device}\USBPDO-9	0x897485C8	STATUS_NOT_SUPPORTED		0
17	URB	0.253260	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	OUT	{Device}_HID00000000	0x897485C8	STATUS_NOT_SUPPORTED		0
18	URB	0.253276	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	IN	{Device}_HID00000000	0x897485C8	STATUS_PENDING		0
19	URB	0.269250	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	IN	{Device}_HID00000000	0x89A26440	STATUS_SUCCESS	00 02 00 00	4
20	URB	0.269258	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	OUT	{Device}\USBPDO-9	0x89A26440	STATUS_NOT_SUPPORTED		0
21	URB	0.269260	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	OUT	{Device}_HID00000000	0x89A26440	STATUS_NOT_SUPPORTED		0
22	URB	0.269277	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	IN	{Device}_HID00000000	0x89A26440	STATUS_PENDING		0
23	URB	0.277247	BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER	IN	{Device}_HID00000000	0x897485C8	STATUS_SUCCESS	00 01 00 00	4

Aplikace USBtrace



Additional Information

Info IRP Stack URB

URB_FUNCTION_BULK_OR_INTERRUPT_TRANSFER

Parameter	Value
IRP	0x96C0B6D8
Status	STATUS_SUCCESS (0x0)
Device Object	0x84EC4660

Urb Field	Value
Length	0x48
USB Status	USB_STATUS_SUCCESS (0x0)
EndpointAddress	0x82
PipeHandle	0x84AB6044
TransferFlags	0x3 (USBD_TRANSFER_DIRECTION_IN USB_SHORT_TRANSFER_OK)
TransferBufferLength	0xFC

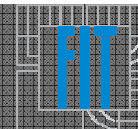
Parametry komunikace

- výpis typu komunikace
- adresa zařízení
- adresa roury
- adresa koncového bodu
- délka paketu
- velikost dat
- apod...

Offset	Hex Data	Ascii
00000000	B7 78 A5 8D 78 23 2E B4 C3 71	x x# . . q
0000000A	93 5D 2C AA 41 5C A9 39 E7 AE] . A \ 9 . .
00000014	2A 07 9D 89 18 04 C4 17 92 7B	* {
0000001E	D0 2D 46 3D D8 B9 41 19 88 17	-F= . . A . .
00000028	DB 8E 0E 2A 29 23 86 1B 4F 2F	. . . *)# . . O/
00000032	21 48 C1 39 EC 69 0C 92 3B F2	!H.9.i . . .
0000003C	49 52 AB 9C 72 B4 5C DD 25 B4	IR. r \ . %
00000046	61 55 01 05 BF 2A 60 55 B5 85	aU. . * U . .
00000050	E7 39 57 3B 01 E7 8E 95 6E E5	.9W: . . . n .
0000005A	12 12 42 B1 D8 0E 72 BE B4 06	. B . . r . .
00000064	C5 79 DD 36 2B 46 0E FC 61 8D	. y .6+F . . a .
0000006E	03 0A 03 A3 EF C2 E7 03 B5 02
00000078	44 51 CC 92 4A 0C 63 CB 3B BA	DQ. J . c . .
00000082	83 C8 CD 49 75 01 8A EC 80 4B	. . Iu . . . K
0000008C	12 78 EF C7 7A 06 48 F0 9C 75	x . z H . u
00000096	31 0D A4 F1 F9 51 5A C0 2F F0	1 O7

Přenášená data – reprezentace v bytech

Aplikace busTRACE



busTRACE 8.0 - Local Capture

File Edit View Tools Internet Help

Capture Devices

My Computer

Active Devices

- Smart Array P400 Controller
- HP Virtual LUN
- HP LOGICAL VOLUME S
- Intel(R) 82801HR/HH/HO SAT
- (C:,D:) WDC WD3200KS-
- (F:) HL-DT-ST BD-RE GC
- (G:) SONY BDRW BWU-2
- Microsoft iSCSI Initiator
- USB Mass Storage Device
- (P:) SanDisk Cruzer Micro
- USB Mass Storage Device
- (E:) WD 3200AAK External

Capture Settings

System Information

Operating System	Microsoft Windows Vi
Version	Service Pack 1 (Build 6
Application Version	busTRACE 8.0 (8.0.029)

Capture Buffer

Live capture analysis	<input checked="" type="checkbox"/>
Halt when full	<input type="checkbox"/>
Compress transfer data	<input type="checkbox"/>
Buffer size	40 MB
Live analysis window	4 MB

Hot Insertion Device Settings

Local Capture

Counter	Originator	Start Time	Exe Time	Interleave	Command 1
---------	------------	------------	----------	------------	-----------

Error Analysis

Sense Analysis

Ready

CAP NUM SCRL

Place a checkmark next to the devices you want to capture I/O activity against. Notice how busTRACE 8.0 is able to show our test system's SAS devices, SATA devices, and USB devices.

You can adjust a variety of capture settings, each on a per device basis. You can also view detailed information about each device here.

When you select a captured I/O analysis, detailed analysis of that I/O will appear in the Error Analysis, CDB View 1, CDB View 2, Raw Data, Data Structures, and Extended IRP Capture docked panes.

Zadání cvičení



1. Seznamte se s principy komunikace na sériovém rozhraní USB a USB 2.0.
2. Prostudujte ovládání aplikace „USBTrace“ a „busTRACE“ pro analýzu komunikace na rozhraní USB.
3. Pomocí aplikace „USBTrace“ prostudujte topologii sběrnice USB.
4. Pomocí aplikace „USBTrace“ analyzujte komunikaci na sběrnici USB.
1. Zjistěte, jak vypadá struktura paketu a o jaký typ přenosu se jedná:
 - po připojení nového zařízení do sběrnice USB (FlashDisk, myš).
 - při pohybu myši a zmačknutí tlačítka na myši.
 - při programování FITkitu a spuštění aplikace „Teploměr“.
 - při kopírování a mazání souborů na velkokapacitní paměťové zařízení USB (FlashDisk).
2. Zjistěte, jaké informace a obsahy paketů se přenášejí mezi počítačem a paměťovým zařízením při přenosu souborů přes rozhraní USB.
3. Pomocí aplikace „busTRACE“ zjistěte základní rozdíly v přenosu souborů přes rozhraní USB a SATA.



Konec prezentace



Děkuji za pozornost