

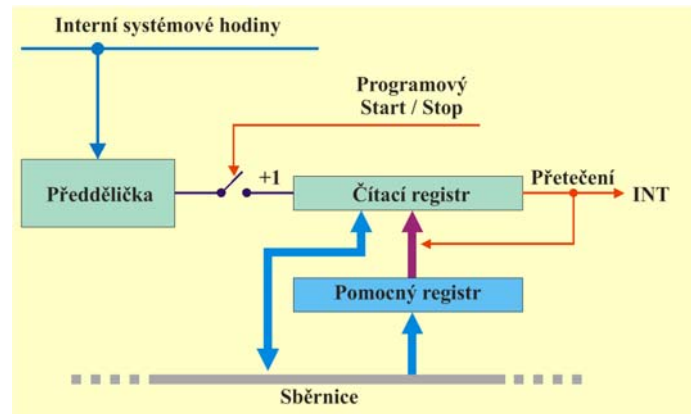
Některá periferní zařízení a řadiče

Obsah

- Časovací obvody.
 - Jednoduché časovače.
 - Obvody RTC.
- Diskové paměti.
 - Konstrukční principy.
 - Rozhraní ATA, ATAPI a SATA.
- Rozhraní USB.

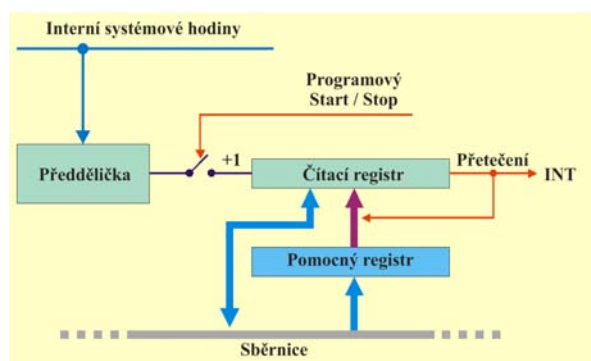
Časovací obvody

- Čítací registr – 8bitový nebo 16bitový čítač.
 - Lze jej nastavit a číst programově nebo z pomocného registru.
 - Počítá od nastavené hodnoty
... → **FFFC** → **FFFD** → **FFFE** → **FFFF** → **0000** → **0001** ...
 - Při přetečení **FFFF** → **0000** může generovat přerušení.
- Předdělička – snižuje frekvenci systémových hodin dělením zvolenou konstantou.



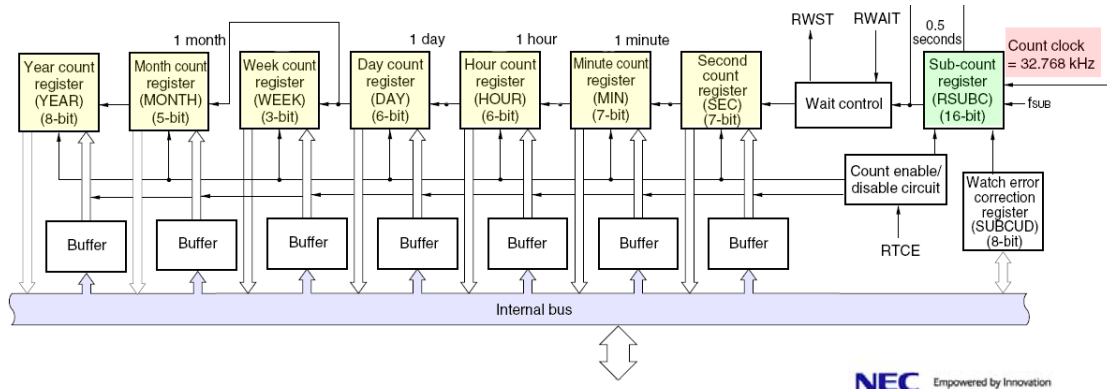
Použití časovacích obvodů

- Měření časových intervalů.
 - Programově lze číst obsah čítacího registru na různých místech programu a jejich odečtením zjistit trvání výpočtu.
- Generování přerušení po uplynutí určitého času.
 - Čítací registr se nastaví na vypočtenou hodnotu. Po přetečení **FFFF** → **0000** generuje přerušení.
- Periodické generování přerušení se zvolenou periodou.
 - Jako v předchozím případě. Po přetečení se čítací registr automaticky znovu nastaví z pomocného registru.



Hodiny reálného času (RTC)

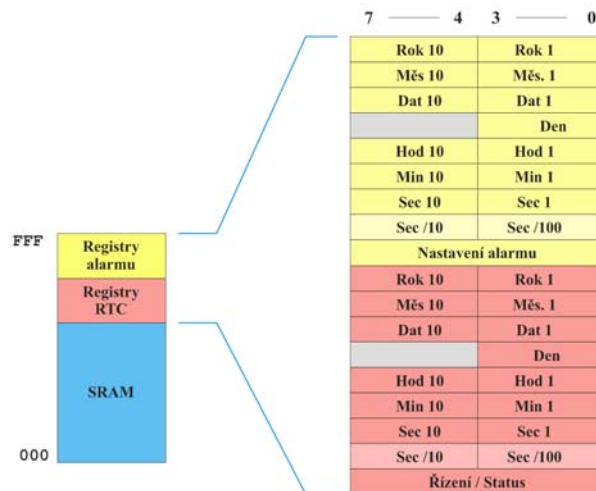
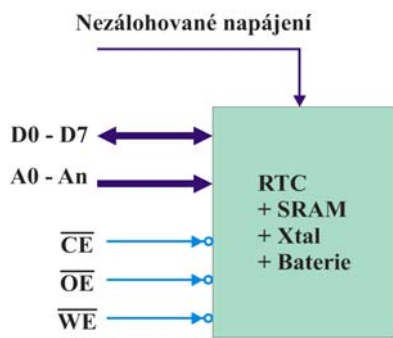
- Obsahují kaskádu čítačů pro sekundy, minuty, hodiny,
 - Čítače obvykle pracují v kódu BCD – snadná programová obsluha.
- Registry lze programově přečíst.
- Někdy na čipu se SRAM, ve společném pouzdru s krystalem a baterií (životnost cca 10 let).



NEC Empowered by Innovation

Hodiny reálného času (RTC)

- Obsahují kaskádu čítačů pro sekundy, minuty, hodiny,
 - Čítače obvykle pracují v kódu BCD – snadná programová obsluha.
- Registry lze programově přečíst.
- Někdy na čipu se SRAM, ve společném pouzdru s krystalem a baterií (životnost cca 10 let).

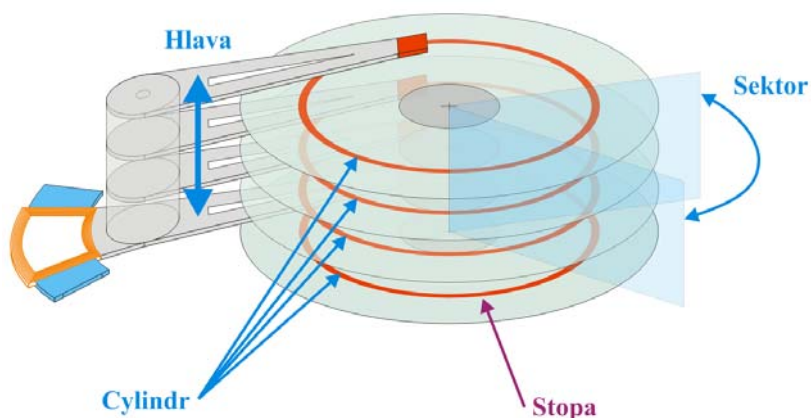


Diskové paměti

- Časovací obvody.
 - Jednoduché časovače.
 - Obvody RTC.
- Diskové paměti.
 - Konstrukční principy.
 - Rozhraní ATA, ATAPI a SATA.
- Rozhraní USB.

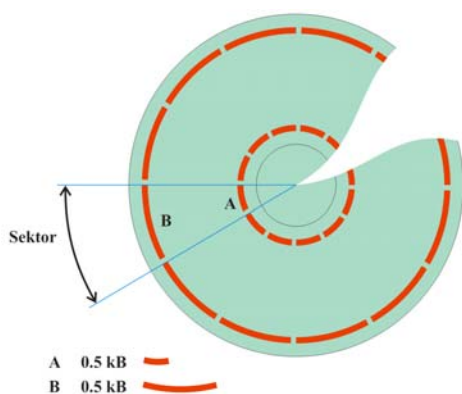
Konstrukční principy

- Hlavy jsou na otočném nosiči.
 - Nastavením hlav do určité polohy je vybrán příslušný cyklindr.
 - Výběrem hlavy je zvolena určitá stopa.
 - Záznam v jednotlivých stopách rozdělen na sektory.
- Klasické adresování sektorů: **CHS** (Cylinder, Head, Sector).
 - **Sektor** (typicky 0.5 kB) = **nejmenší objem dat, který lze zapisovat/číst.**
- Novější způsob: **LBA** (Linear Block Address)
 - Všechny sektory jsou průběžně očíslovány jednorozměrnou adresou.

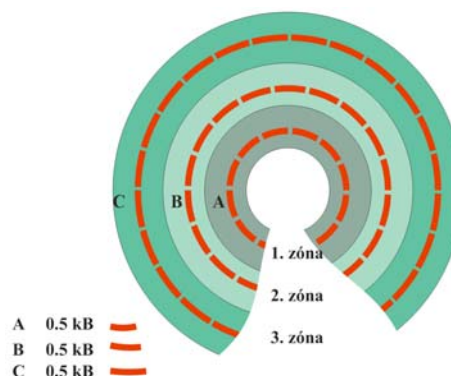


Zonální záznam (ZBR = Zone Bit Recording)

- Bez ZBR: ve všech stopách je stejný počet sektorů \Rightarrow povrch disku není dobře využit.
- Se ZBR: v jednotlivých zónách je různý počet sektorů ve stopě.
 - Počet zón cca. 10 – 20.
 - Počet sektorů ve stopě cca. 300 (u středu) – 1000 (na okraji).



Bez zonálního záznamu

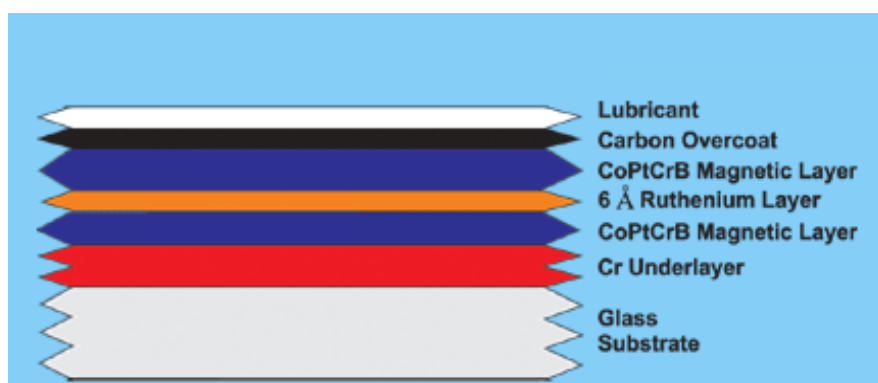


Se zonálním záznamem

9

K.D. - přednášky POT

Řez záznamovou vrstvou pevného disku



Přibližná tloušťka vrstev (podle Fujitsu Sci. Tech.) :

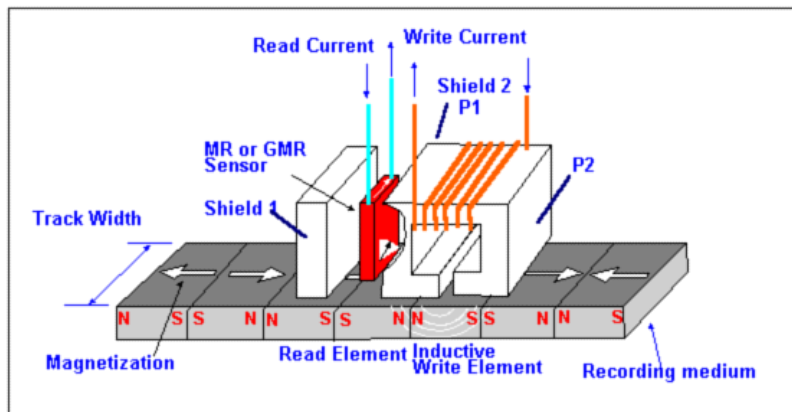
Kluzná vrstva	PFPE	1 nm
Krycí vrstva	C	3 – 5 nm
Záznamová vrstva	Co-Pt-Cr-B	10 – 15 nm
Záznamová vrstva	Co-Pt-Cr-B	5 nm
Podkladová vrstva	Cr	50 – 150 nm

K.D. - přednášky POT

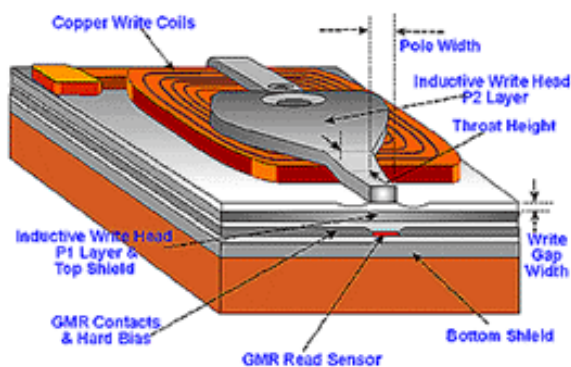
10

Kombinovaná zápisová/čtecí hlava

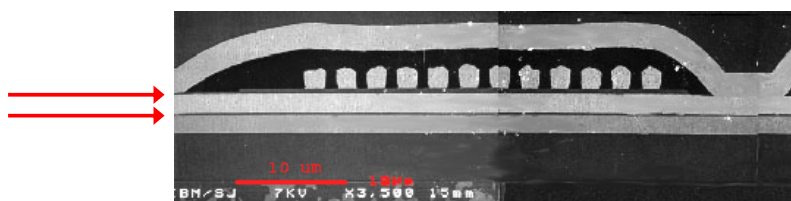
- Zápis indukční hlavou.
 - Záznam jednotlivých bitů modulací proudu v hlavě.
 - Kódování RLL.
- Čtení magnetorezistivní hlavou.
 - MR senzor – změna el. odporu v magnetickém poli.



Kombinovaná zápisová/čtecí hlava

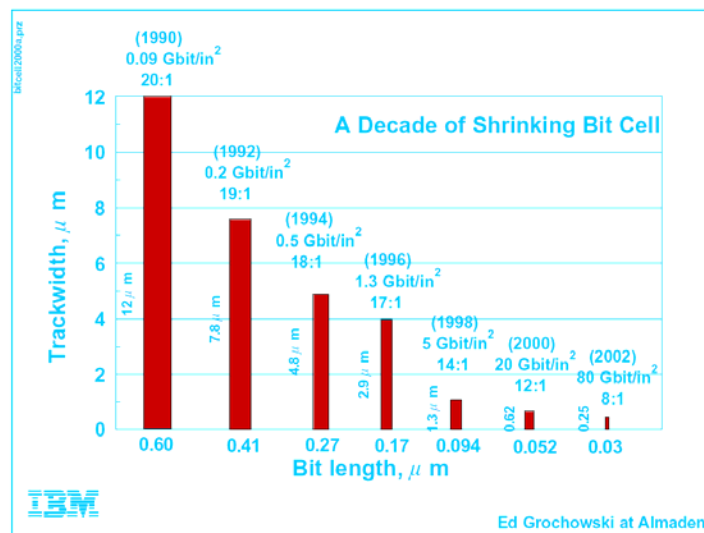


- Šířka stopy cca. 0.2 - 0.3 μm .
- Vzdálenost hlavy od povrchu disku cca. 0.01 μm .



Kapacita disku

- Kapacita je dána především rozměrem zaznamenaného bitu.
 - Šířka stopy: cca 0.2 μm .
 - Délka bitového intervalu: cca. 0.03 μm .
 - Počet sektorů na stopě: cca. 300 – 1000 (odpovídá 150 – 500 kB).
 - Celkový počet cylindrů: cca 30 000 – 60 000.

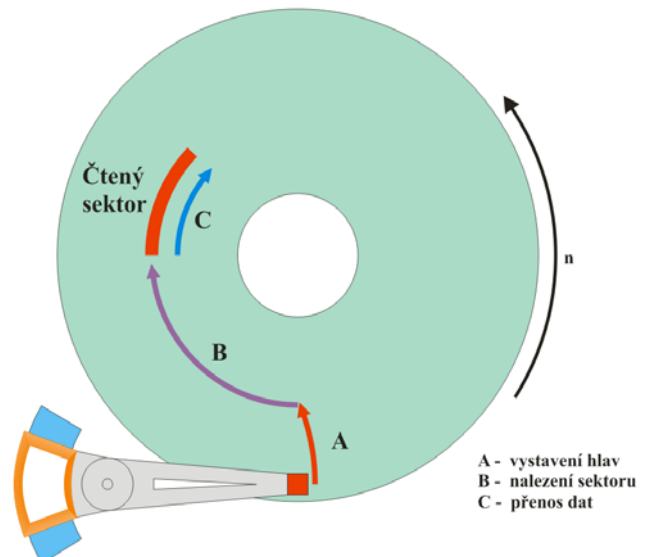


K.D. - přednášky POT

13

Rychlost disku

- Rychlost vystavení hlav
 - závisí na konstrukci vystavovacího mechanismu.
 - cca. 0.5 – 1.0 ms na sousední stopu.
 - střední doba pro libovolné stopy cca. 3 - 10 ms.
- Rychlost nalezení sektoru
 - závisí na rychlosti otáčení disku.
 - ½ otáčky = 4.2 ms při 7200 ot/min.
- Rychlost přenosu dat
 - závisí na rychlosti otáčení disku a kódování dat.
 - přenos z povrchu disku cca. 500 – 1200 Mbitů/sec.

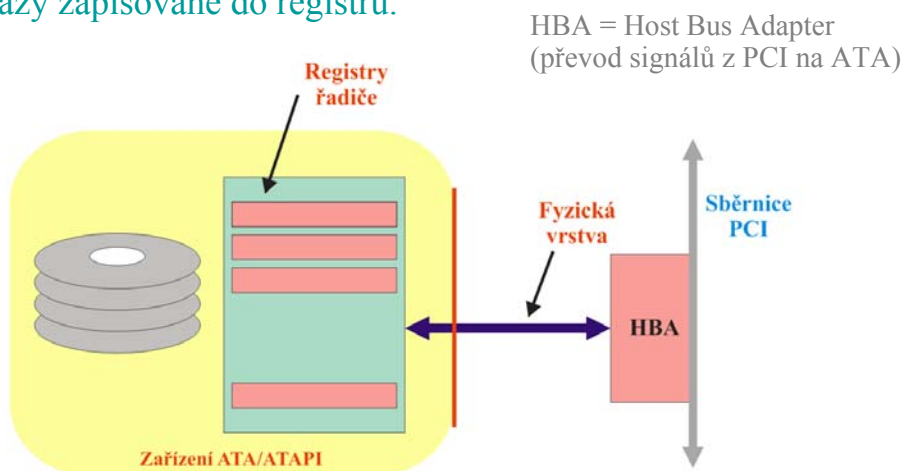


K.D. - přednášky POT

14

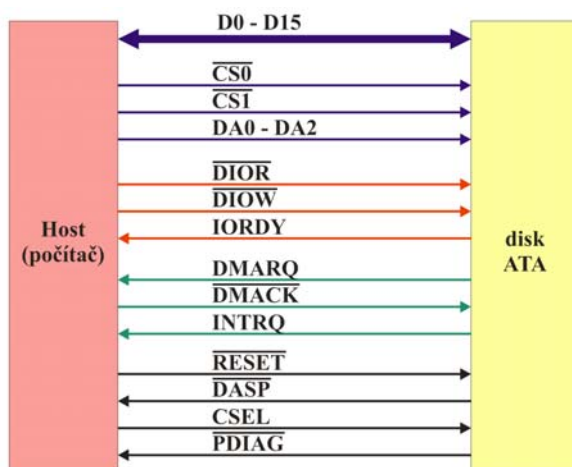
Rozhraní ATA

- Specifikace ATA definuje:
 - fyzickou vrstvu,
 - registry řadiče,
 - příkazy zapisované do registrů.



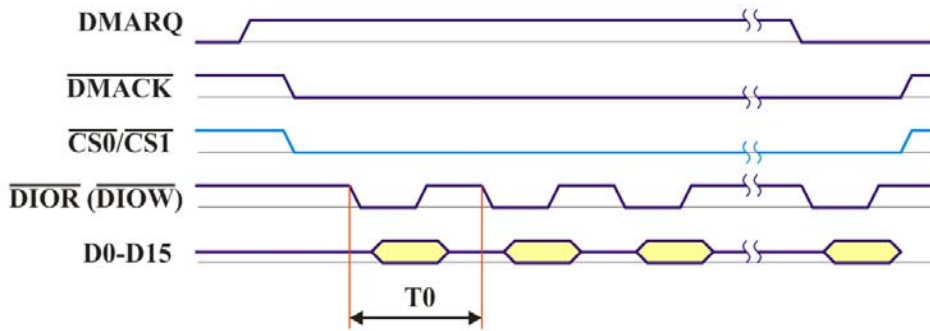
Fyzická vrstva

- Fyzická vrstva je odvozena od sběrnice ISA.



CS0, CS1 = chip select,
DA0 – DA2 = adresa,
DIOR, DIOW, IORDY = čtení, zápis
DMARQ, DMACK, INTRQ = DMA, přerušení.

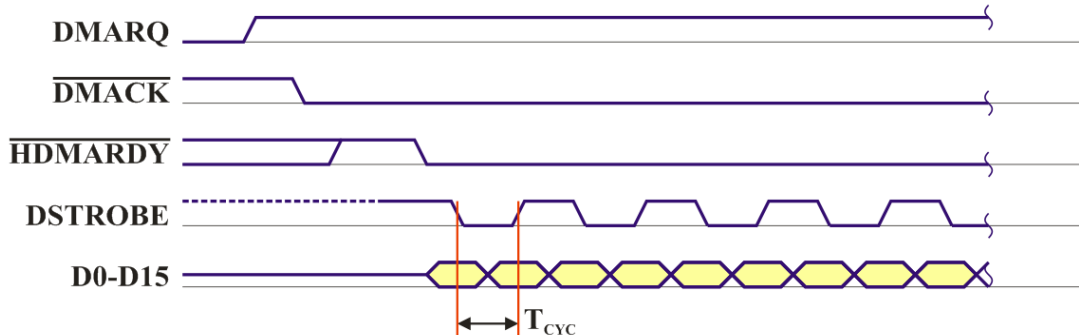
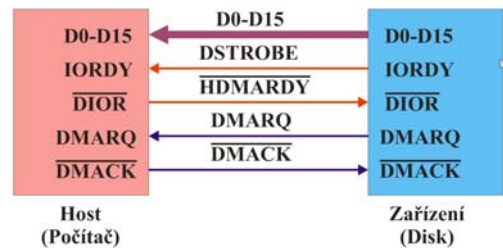
Čtení v režimu DMA



	DMA 0	DMA 1	DMA 2
T0	480	150	120
Přenosová rychlost	4.16 MB/s	13.3 MB/s	16.6 MB/s

Čtení v režimu UltraDMA

- UltraDMA má jinak definovaný význam některých signálů (DIOR, DIOW, IORDY).



Maximální rychlost: Při $T_{CYC} = 13 \text{ ns}$ je přenosová rychlost 154 MB/s.

Registry rozhraní ATA (1)

Addresses					Functions	
CS0-	CS1-	DA2	DA1	DA0	Read (DIOR-)	Write (DIOW-)
N	N	x	x	x	Released	Not used
					Control block registers	
N	A	N	x	x	Released	Not used
N	A	A	N	x	Released	Not used
N	A	A	A	N	Alternate Status	Device Control
N	A	A	A	A	Obsolete(see note)	Not used
					Command block registers	
A	N	N	N	N	Data	Data
A	N	N	N	A	Error	Features
A	N	N	A	N	Sector Count	Sector Count
A	N	N	A	A	LBA Low	LBA Low
A	N	A	N	N	LBA Mid	LBA Mid
A	N	A	N	A	LBA High	LBA High
A	N	A	A	N	Device	Device
A	N	A	A	A	Status	Command
A	A	x	x	x	Released	Not used

Key:
 A = signal asserted N = signal negated x = don't care
 NOTE – This register is obsolete. It is recommended that a device not respond to a read of this address.

Registry rozhraní ATA (2)

- **Command** – příkazový registr – zápis povelu pro zařízení.
- **Sector Count** – počet přenášených sektorů.
- **LBA Low, Mid, High** – LBA adresa dat.
- **Device** – výběr zařízení (č. 0/1), číslo hlavy při adresování CHS.
- **Status** – stavový registr.
- **Alternate status** – stavový registr.
- **Features** – pro zápis různých parametrů (volba Ultra DMA, řízení úsporných režimů, ...).
- **Error** – indikace typu chyby.

Některé příkazy ATA

protocol	Command	Devices not implementing the PACKET Command feature set	Devices implementing the PACKET Command feature set	Command code
ND	CFA ERASE SECTORS	F	N	C0h
ND	CFA REQUEST EXTENDED ERROR	O	N	03h
PI	CFA TRANSLATE SECTOR	O	N	87h
PO	CFA WRITE MULTIPLE WITHOUT ERASE	O	N	CDh
PO	CFA WRITE SECTORS WITHOUT ERASE	O	N	38h
ND	CHECK MEDIA CARD TYPE	O	N	D1h
ND	CHECK POWER MODE	M	M	E5h
ND	CONFIGURE STREAM	O	O	51h
ND	DEVICE CONFIGURATION FREEZE LOCK	O	O	B1h
PI	DEVICE CONFIGURATION IDENTIFY	O	O	B1h
ND	DEVICE CONFIGURATION RESTORE	O	O	B1h
PO	DEVICE CONFIGURATION SET	O	O	B1h
DR	DEVICE RESET	N	M	08h
PO	DOWNLOAD MICROCODE	O	N	92h
DD	EXECUTE DEVICE DIAGNOSTIC	M	M	90h
ND	FLUSH CACHE	M	O	E7h
ND	FLUSH CACHE EXT	O	N	EAh
ND	GET MEDIA STATUS	O	O	DAh
PI	IDENTIFY DEVICE	M	M	ECh
PI	IDENTIFY PACKET DEVICE	N	M	A1h
ND	IDLE	M	O	E3h
ND	IDLE IMMEDIATE	M	M	E1h
ND	MEDIA EJECT	O	N	ECh
ND	MEDIA LOCK	O	N	D6h
ND	MEDIA UNLOCK	O	N	DFh
ND	NOP	O	M	00h
P	PACKET	N	M	A0h
PI	READ BUFFER	O	N	E4h
DM	READ DMA	M	N	C8h
DM	READ DMA EXT	O	N	25h
DMD	READ DMA QUEUED	O	N	C7h
DMD	READ DMA QUEUED EXT	O	N	26h
PI	READ LOG EXT	O	O	2Fh
PI	READ MULTIPLE	M	N	C4h
PI	READ MULTIPLE EXT	O	N	29h
ND	READ NATIVE MAX ADDRESS	O	O	F8h
ND	READ NATIVE MAX ADDRESS EXT	O	N	27h
PI	READ SECTOR(S)	M	M	20h
PI	READ SECTOR(S) EXT	O	N	24h
DM	READ STREAM DMA EXT	O	N	2Ah
PI	READ STREAM EXT	O	N	28h
ND	READ VERIFY SECTOR(S)	M	N	40h
ND	READ VERIFY SECTOR(S) EXT	O	N	42h
PO	SECURITY DISABLE PASSWORD	O	O	F6h
ND	SECURITY ERASE PREPARE	O	O	F3h

protocol	Command	Devices not implementing the PACKET Command feature set	Devices implementing the PACKET Command feature set	Command code
PO	SECURITY ERASE UNIT	O	O	F4h
ND	SECURITY FREEZE LOCK	O	O	F5h
PO	SECURITY SET PASSWORD	O	O	F1h
PO	SECURITY UNLOCK	O	O	F2h
P/DMD	SERVICE	O	O	A2h
ND	SET FEATURES	M	M	EFh
ND	SET MAX ADDRESS	O	O	F9h
ND	SET MAX ADDRESS EXT	O	N	37h
ND	SET MULTIPLE MODE	M	N	C6h
ND	SLEEP	M	M	E6h
ND	SMART DISABLE OPERATIONS	O	N	B0h
ND	SMART ENABLE/DISABLE AUTOSAVE	O	N	B0h
ND	SMART ENABLE OPERATIONS	O	N	B0h
ND	SMART EXECUTE OFF LINE IMMEDIATE	O	N	B0h
PI	SMART READ DATA	O	N	B0h
PI	SMART READ LOG	O	N	B0h
ND	SMART RETURN STATUS	O	N	B0h
PO	SMART WRITE LOG	O	N	B0h
ND	STANDBY	M	O	E2h
ND	STANDBY IMMEDIATE	M	M	E0h
PO	WRITE BUFFER	O	N	E8h
DM	WRITE DMA	M	N	CAh
DM	WRITE DMA EXT	O	N	35h
DM	WRITE DMA FUA EXT	O	N	3Dh
DMD	WRITE DMA QUEUED	O	N	CCh
DMD	WRITE DMA QUEUED EXT	O	N	36h
DMD	WRITE DMA QUEUED FUA EXT	O	N	3Eh
PO	WRITE LOG EXT	O	O	3Fh
PO	WRITE MULTIPLE	M	N	C5h
PO	WRITE MULTIPLE EXT	O	N	39h
PO	WRITE MULTIPLE FUA EXT	O	N	CEh
PO	WRITE SECTOR(S)	M	N	30h
PO	WRITE SECTOR(S) EXT	O	N	34h
DM	WRITE STREAM DMA EXT	O	N	3Ah
PO	WRITE STREAM EXT	O	N	3Bh

Protokol:

- PO – PIO mode Out
- PI – PIO mode In
- DM – DMA Mode
- ND – Non-Data Command (není přenos dat)
- P - Packet

Implementace příkazu:

- M – Povinně
- O – Nepovinně
- N – Zakázány

21

Příklad kompletního povelu – Read Sectors

- Před zápisem povelu se musí zapsat parametry do ostatních registrů.
 - Sector Count = počet čtených sektorů,
 - LBA = LBA adresa prvního sektoru.

Register	7	6	5	4	3	2	1	0
Features	na							
Sector Count	Sector count							
LBA Low	LBA (7:0)							
LBA Mid	LBA (15:8)							
LBA High	LBA (23:16)							
Device	obs	LBA	obs	DEV	LBA (27:24)			
Command	20h							

Rozhraní ATAPI (ATA Packet Interface)

- Pro připojení CD/DVD.
 - Do příkazového registru se zapíše příkaz „Packet Command“ (kód 0xA0).
 - Příkazy pro CD/DVD se předávají v příkazovém bloku (12 bytů) který se zapisuje do **datového** registru.

Register	7	6	5	4	3	2	1	0
Features	na	na	na	na	na	DMADIR	OVL	DMA
Sector Count	Tag					na		
LBA Low	na							
Byte Count Low	Byte Count limit (7:0)							
Byte Count High	Byte Count limit (15:8)							
Device	obs	na	obs	DEV	na	na	na	na
Command	A0h							

Příkazový paket na ATAPI

- Do příkazového registru se zapíše příkaz „Packet command“.
- Do datového registru se zapíše příkazový paket.
- Z/do datového registru se čtou nebo zapisují data.

Příkazový registr

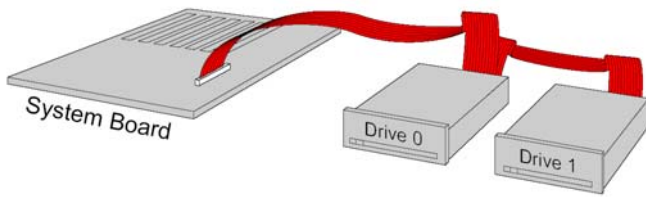
"Packet command"

Datový registr

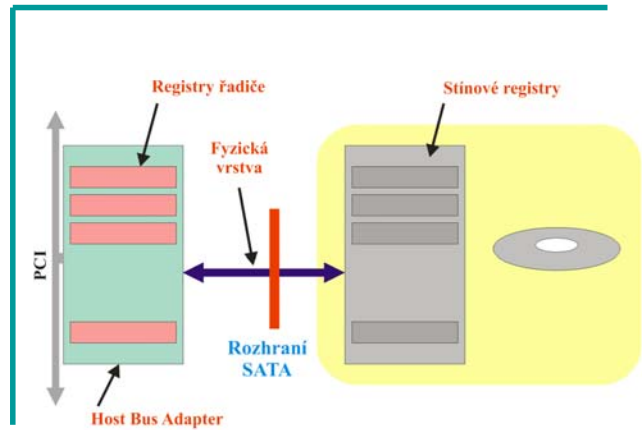
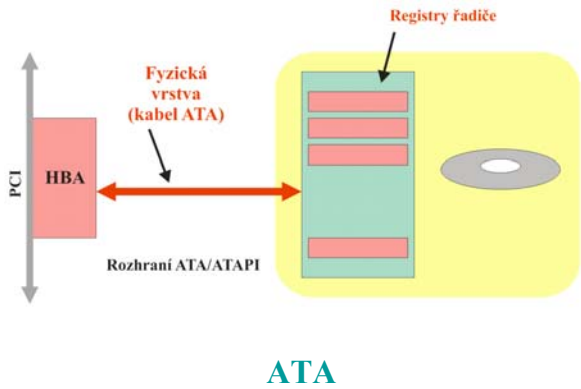
Příkazový
paket
12 bytů

Data

Přechod ATA → Serial ATA



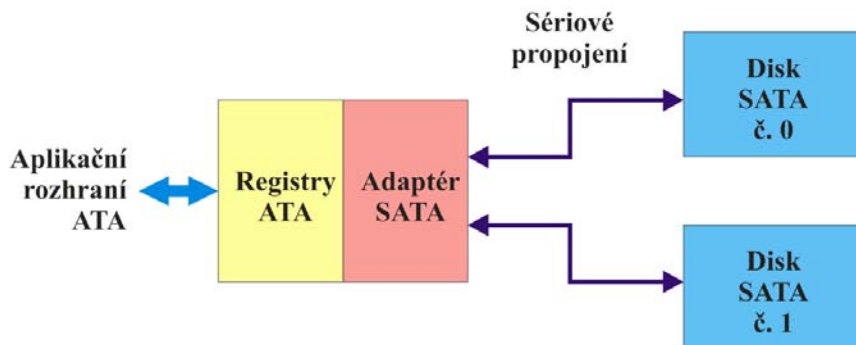
- Délka a typ propojovacích vodičů mezi sběrnici počítače a diskem ATA nevyhovuje pro velké rychlosti přenosu.



Rozhraní Serial ATA (SATA)

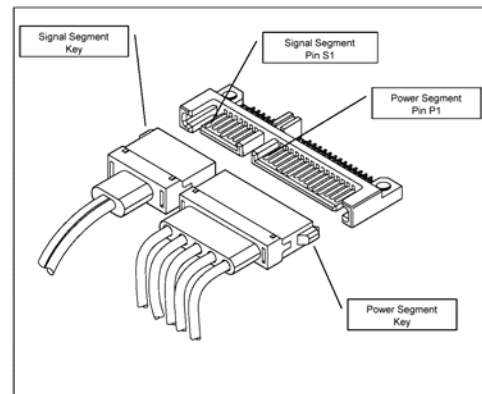
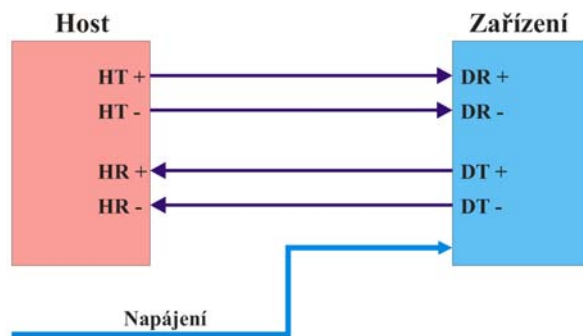


- Z hlediska aplikačního SW transparentní.
 - Aplikace používá registry stejně jako u ATA.



Fyzická vrstva SATA

- Každá disková jednotka propojena dvojicí jednosměrných signálů.
- Používá se diferenciální signál.
- Přenosová frekvence 1.5 resp. 3 GHz \Rightarrow přenosová rychlost 150 resp. 300 MB/sec.



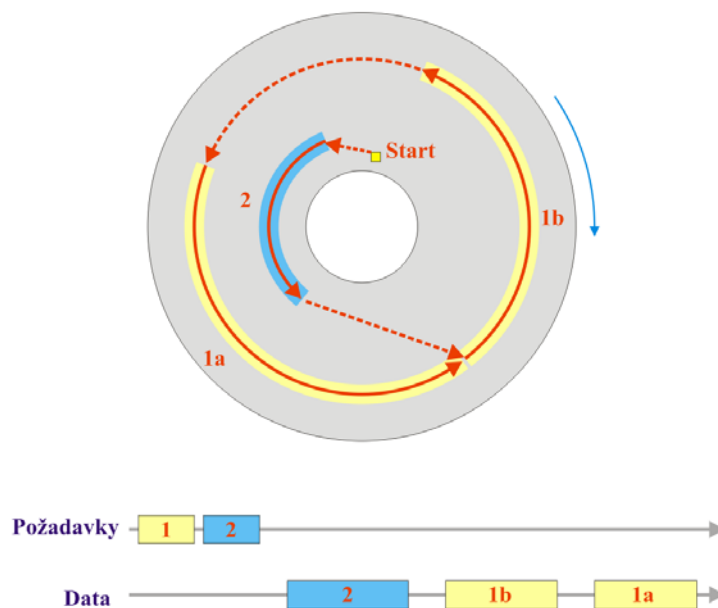
SATA II

- Specifikace SATA II obsahuje několik rozšíření proti SATA 1.0a:
 - Použití **NCQ** (Native Command Queuing).
 - Zadávání příkazů před dokončením předchozího.
 - Disk vykonává příkazy v optimálním pořadí.
 - Rozvětvení portů (**Port Multiplier**).
 - Port SATA lze rozvětvit na 15 portů.
 - Podpora **SES** (SCSI Enclosure Services).
 - Komunikace s napájecími zdroji, ovládacím panelem atd.
 - Kompatibilita rozhraní se **SAS** (Serial Attached SCSI).



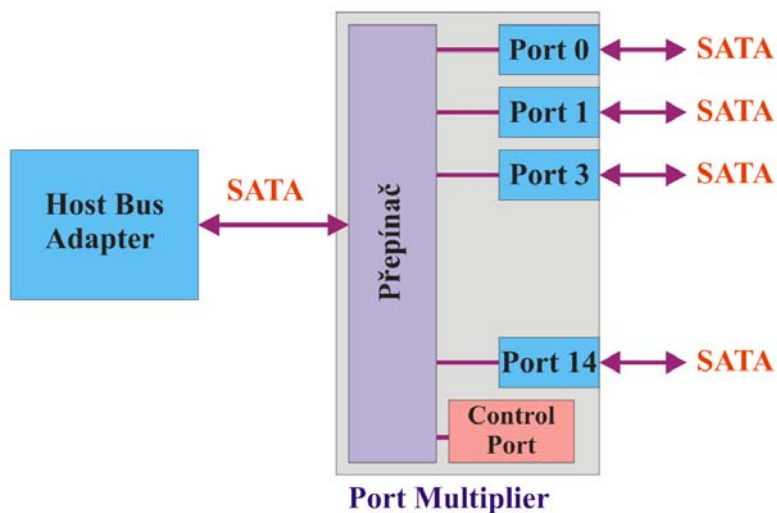
Použití NCQ

- Pořadí provedení příkazů určuje disk.
- Disk může podle potřeby rozložit dlouhý přenos na několik menších.



SATA II – Port Multiplier (1)

- Lze rozdělit jeden port SATA z HBA na max. 15 portů pro zařízení.
- Port 15 (0xF) je Control Port.
- Port Multiplier musí být podporován v HBA.



Rozhraní USB

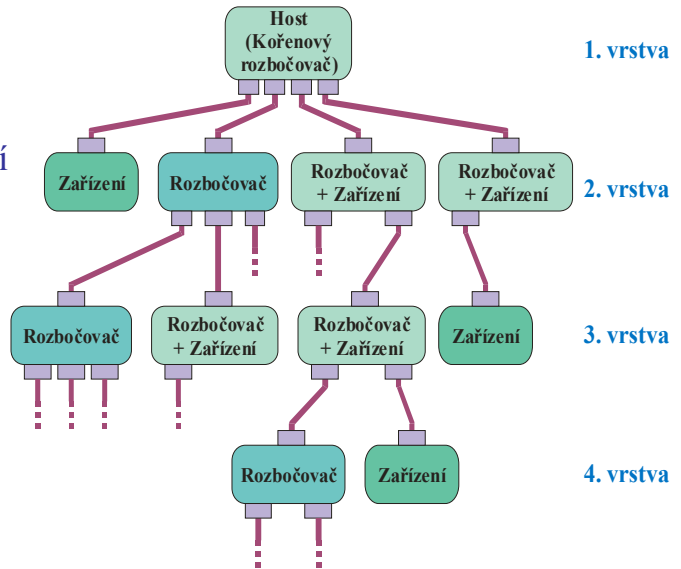
- Časovací obvody.
 - Jednoduché časovače.
 - Obvody RTC.
- Diskové paměti.
 - Konstrukční principy.
 - Rozhraní ATA, ATAPI a SATA.
- Rozhraní USB.

Specifikace USB

- USB 1.0
 - Původní specifikace.
- USB 1.1
 - Doplnění (upřesnění) 1.0.
 - Rychlosti Low Speed (1.5 Mb/sec) a Full Speed (12 Mb/sec).
- USB 2.0
 - Doplněno o High Speed (480 Mb/sec.) a další rozšíření (ping, ...).
- USB OTG (On-The-Go)
 - Doplněk k USB 2.0.
 - Rozšíření o komunikaci mezi dvěma zařízeními (bez počítače Host).

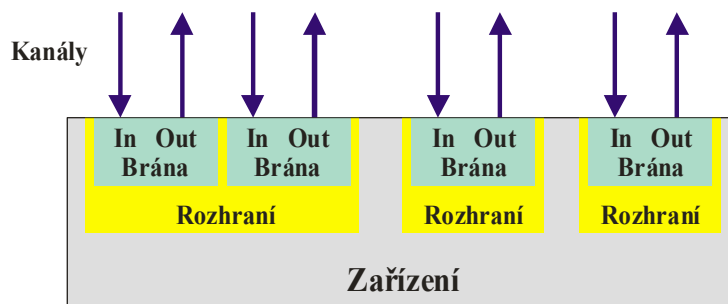
Architektura USB (1)

- Propojení pomocí USB má stromovou strukturu.
- Počítač je obvykle Host.
- Na dalších úrovních je buď zařízení nebo rozbočovač (Hub).
 - USB 1.1 – max. 5 vrstev.
 - USB 2.0 max. 7 vrstev.

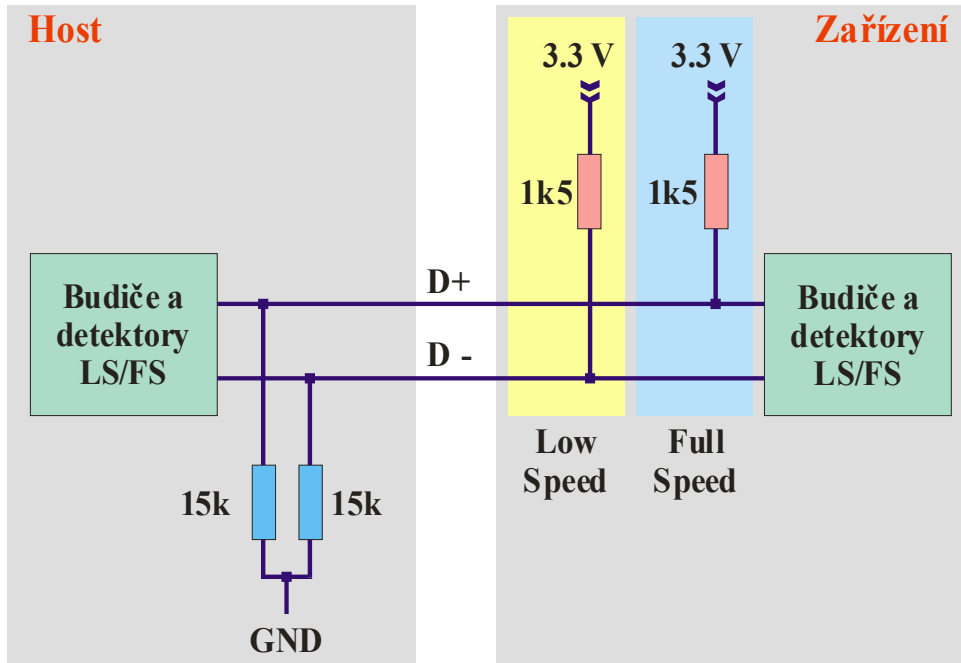


Architektura USB (2)

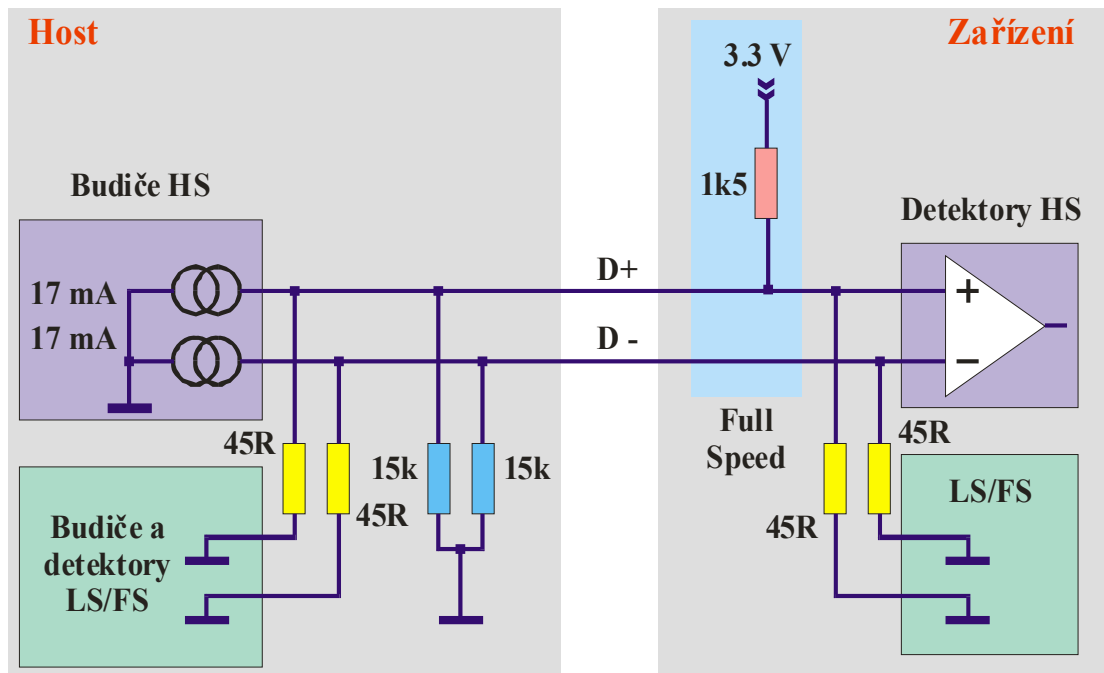
- Zařízení může mít několik různých rozhraní (Interface).
 - Např CD může mít rozhraní Audio CD a CD-ROM.
- Každé rozhraní má několik bran (Endpoint).
 - Například může mít bránu pro řízení a bránu pro data.



Úrovně napětí na lince LS/FS

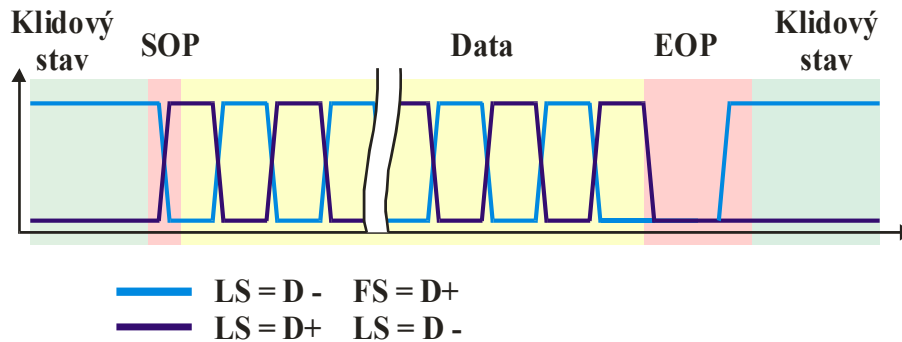


Úrovně napětí na lince HS



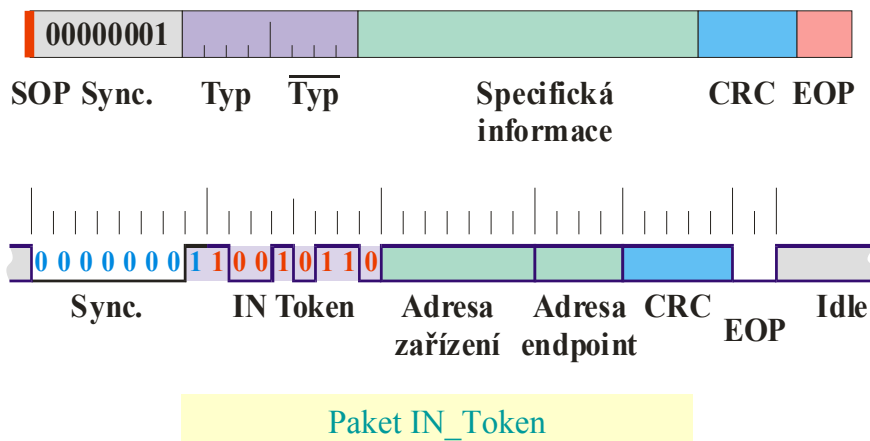
Formát paketu USB 1.1 (1)

- Začátek paketu (SOP) = přechod z klidového stavu (Idle) do K.
- Konec paketu (EOP) = 2 × SE0 a přechod do klidového stavu (J).



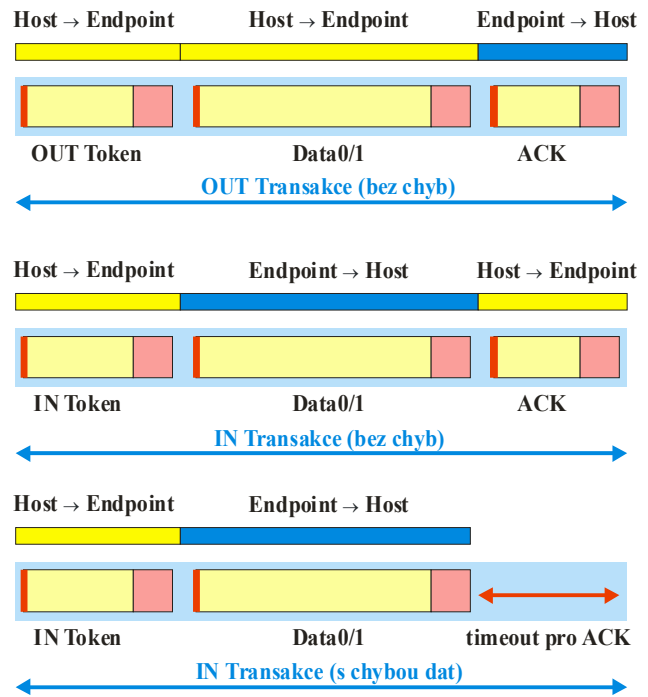
Formát paketu USB 1.1 (2)

- Na začátku paketu je synchronizační pole 0000 0001.
- Za synchr. polem je 1 byte s typem paketu.
- Další obsah paketu závisí na jeho typu.
- Na konci paketu je CRC 5 nebo 16 bitů (5, 2, 0 resp. 16, 15, 2, 0).



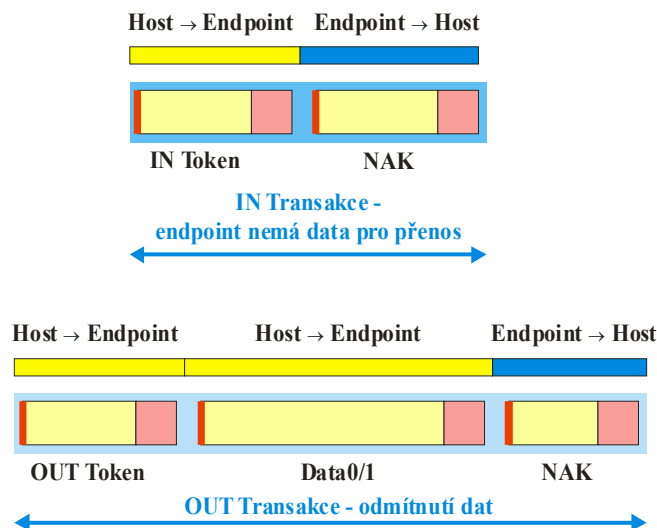
Transakce

- Transakce obsahuje pakety Token – Data – Potvrzení.
- Některé transakce nemají datový nebo potvrzovací paket.



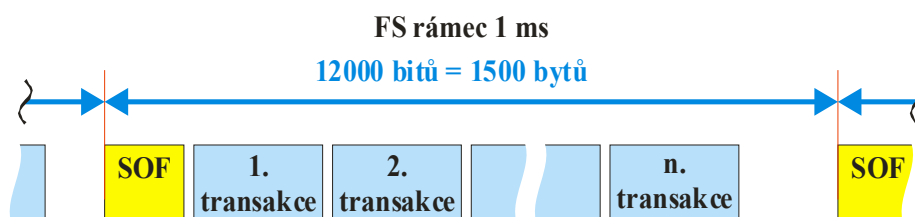
Transakce s odmítnutím

- NAK indikuje nedostupnost dat (IN) nebo odmítnutí dat (OUT).



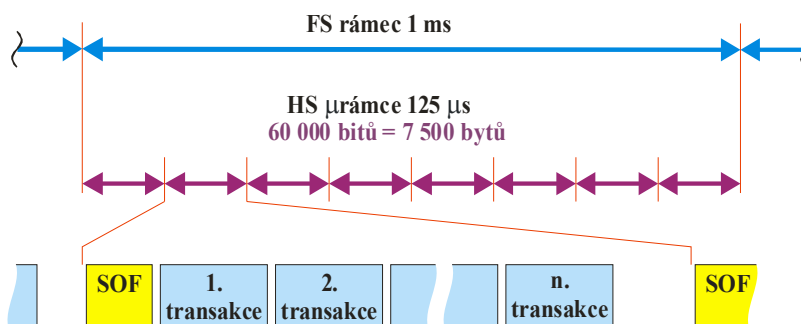
Rámce

- Na USB 1.1 je přenosová kapacita rozdělena do rámců dlouhých 1 ms.
 - Při FS: 1 rámec = 12 000 bitových intervalů, tj. 1500 bytů.
- Na začátku rámce se vysílá speciální paket SOF (Start Of Frame) pro případnou synchronizaci zařízení.



Mikrorámce

- Na USB 2.0 (HS) je přenosová kapacita rozdělena do mikrorámců (125 μ s).
 - Při HS (480 MHz): 125 μ s = 60 000 bitových intervalů, tj. 7500 bytů.



Typy přenosů

- Podle požadavků na přenos se používají různé typy přenosu:
 - **Isochronous** – přenos dat s dodržáním požadované rychlosti přenosu.
 - **Bulk** – přenos dat bez dodržení požadavků na rychlost přenosu.
 - **Setup** - nastavení / zjištění konfigurace zařízení.
 - **Interrupt** – požadavek na přenos (Token IN/OUT) se vysílá s nastavenou periodou.

Přenosy Isochronous

- Při konfiguraci zařízení žádá o přenos **Isochronous** s určitou kapacitou – Host žádost akceptuje nebo zamítne.
- Maximálně 1023 bytů v paketu (HS: 1024 bytů).
- V rámci je max. 1 Isochronous paket pro každou bránu (endpoint) (HS: 3 pakety).
- Nepotvrzuje se ACK/NAK.
- Maximální přenosová rychlost:
 - FS: 1 paket \bar{a} 1023 B \times 1000 rámců/s \approx 1 MB/s (využije cca 69% přenosové kapacity).
 - HS: 3 pakety \bar{a} 1024 B \times 8000 μ rámců/s \approx 24 MB/s (cca 41% kapacity).

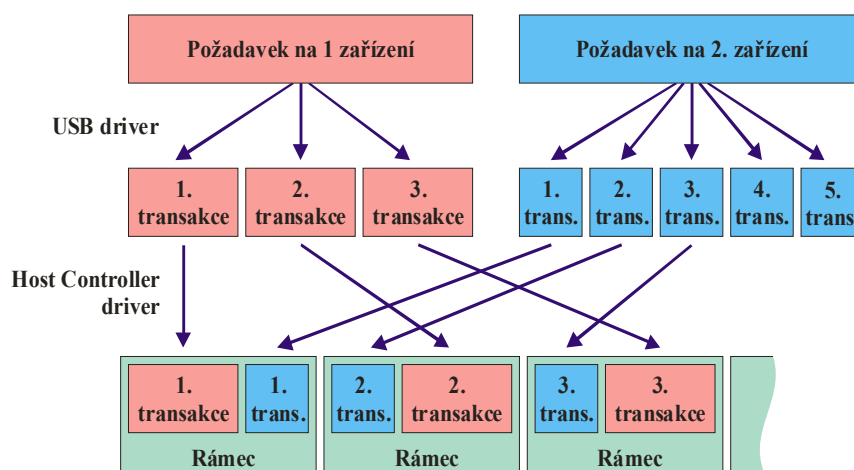
Přenosy Bulk

- Nemají zaručenou přenosovou rychlost.
- V paketu 8, 16, 32 nebo 64 bytů (HS: max. 512 bytů).
- V jednom rámci může být libovolný počet transakcí na jednu bránu (endpoint).
- Maximální přenosová rychlost*:
 - FS: 19 paketů \bar{a} 64 B \times 1000 rámců = \approx 1.2 MB/s.
 - HS: 13 paketů \bar{a} 512 B \times 8000 μ rámců = \approx 52 MB/s.

* neprobíhají-li jiné přenosy.

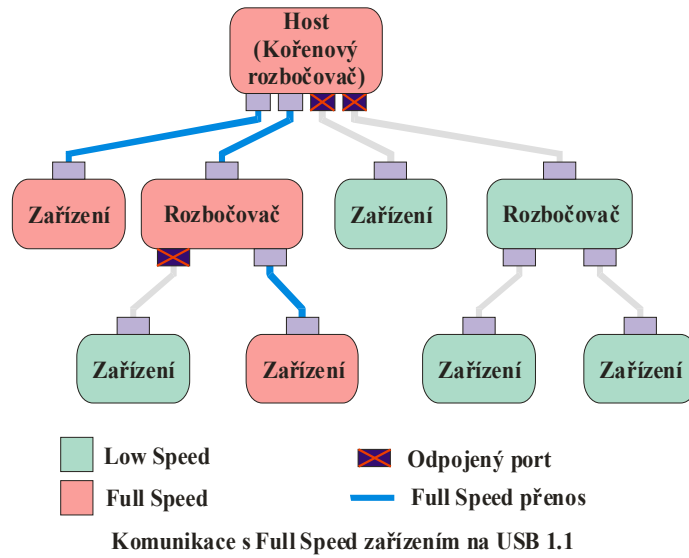
Přidělování kapacity rámce

- 90% kapacity rámce se přiděluje Isochronním a Interrupt přenosům.
- Zbytek kapacity se přiděluje přenosům Bulk a Setup.



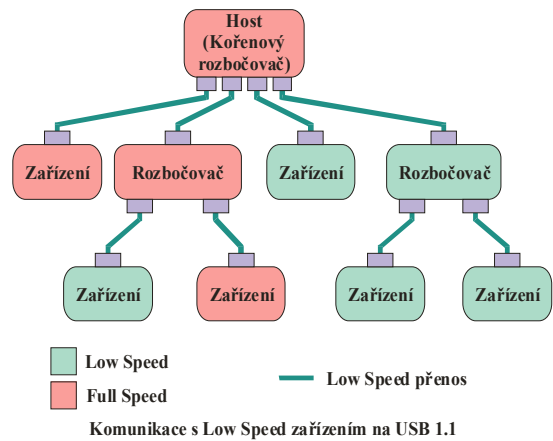
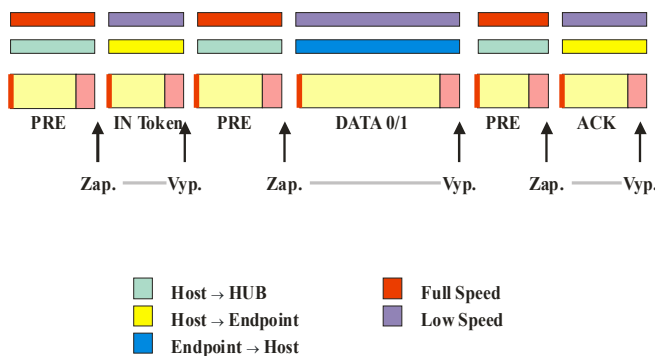
Kombinace LS/FS zařízení na USB 1.1 (1)

- Při komunikaci s FS jsou porty s LS zařízením odpojeny.



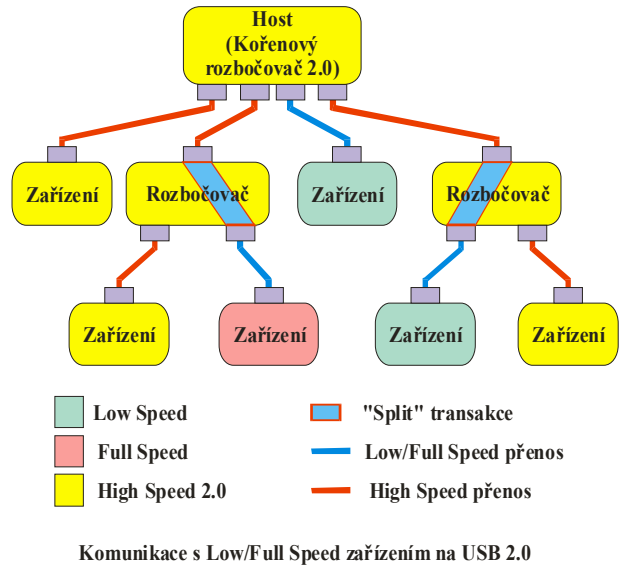
Kombinace LS/FS zařízení na USB 1.1 (2)

- Při komunikaci s LS se porty LS připojí paketem PRE.
- LS přenos je detekován i ve FS zařízeních.



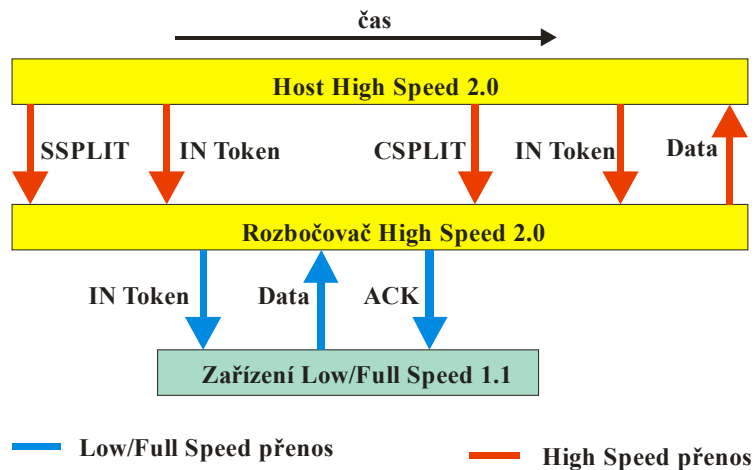
Kombinace zařízení LS/FS/HS na USB 2.0

1. Host/Hub je USB 1.1 (LS/FS),
zařízení je USB 2.0 (HS).
 - Zařízení se přizpůsobí a komunikuje podle USB 1.1 (FS).
2. Host/Hub je USB 2.0 (HS),
zařízení je USB 1.1 (LS/FS).
 - Port se zařízením se nastaví do režimu USB 1.1. Hub převede pakety z HS do LS/FS a naopak – „Split“ transakce.



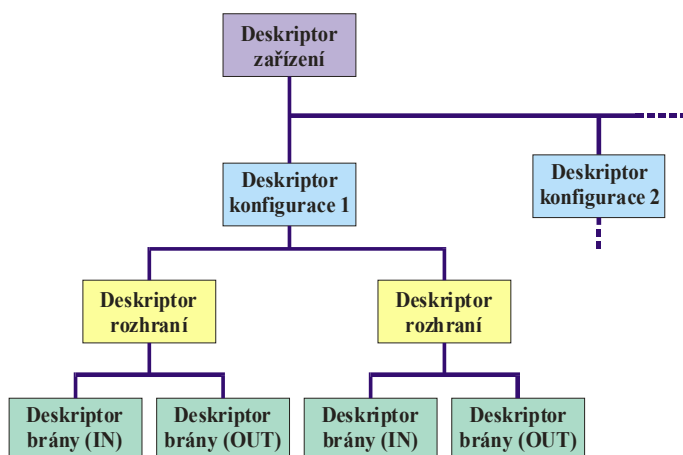
Split transakce

- Je zahájena paketem SSPLIT resp. CSPLIT.
- Hub převede pakety HS na LS/FS a naopak.



Deskriptory

- Každé zařízení má hierarchickou sadu deskriptorů, které popisují zařízení, konfigurace, rozhraní a brány.
 - Deskriptory jsou uloženy v paměti Flash nebo EEPROM v zařízení.
- Deskriptory se čtou ze zařízení po jeho připojení v procesu „enumerace“.



Připojení zařízení (1)

- Po připojení musí mít zařízení funkční bránu 0 (**Endpoint 0**).
- Host přečte z brány 0 deskriptor konfigurace zařízení.
- Host přidělí zařízení unikátní adresu na USB.
- Host přečte sadu deskriptorů pro jednotlivá zařízení, konfigurace, rozhraní (**Interface**) a brány (**Endpoint**).
- Host nastaví vhodnou konfiguraci zařízení.

Třídy zařízení

- Každé zařízení má jedno nebo více rozhraní pro zařízení různé třídy a podtřídy (**Device Class**, **Device Subclass**) - zjistí se z deskriptoru.
- Pro každou třídu existují specifické drivery.

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| – Audio Class. | – IrDA Class. |
| – Communication Device Class. | – Mass Storage Device Class. |
| – Content Security Class. | – Monitor Class. |
| – Human Interface Device Class. | – Physical Device Interface Class. |
| – Image Device Class. | – Power Device Class. |
| | – Printer Device Class. |

Řadiče USB

- Hardwarový řadič USB (**H**ost **C**ontroller) má nad sebou několik vrstev ovladačů.
- **OHCI** (**O**pen **H**ost **C**ontroller **I**nterface) definuje komunikaci mezi HC a HCD (**H**ost **C**ontroller **D**river). Pro USB 1.1.
- **UHCI** (**U**niversal **H**ost **C**ontroller **I**nterface) používá jiný typ HC s menší schopností plánování (plánování přenosů provádí HCD). Pro USB 1.1.
- **EHCI** (**E**nhanced **H**ost **C**ontroller **I**nterface) - pro USB 2.0.

