

Universal Serial Bus

USB ako už napovedá názov je sériová zbernica, ktorá bola vyvinutá firmami Compaq, Intel, NEC a Microsoft už v roku 1994 (revision 0.7). V roku 2000 bola uvoľnená posledná špecifikácia pre USB 2.0 a podieľali sa na nej firmy Compaq, HP, Intel, Lucent, Microsoft, NEC a Philips. USB je rýchle, obojsmerné, isochrónne, nízko-nákladové a dynamicky pripojiteľné rozhranie, ktoré spĺňa dnešné požiadavky platformy PC. USB je špecifikované ako priemyselný štandard pre architektúru PC so zameraním na tzv. Computer Telephony Integration (CTI), zákaznicke aplikácie. Nasledujúce kritéria boli aplikované v definícii architektúry zbernice USB :

- jednoduchosť periférneho rozšírenia PC
- nízko-nákladové riešenie s podporou prenosových rýchlostí do 480Mb/s
- plná podpora pre spracovanie dát v reálnom čase pre hlas, audio a komprimované video
- flexibilita protokolu pre zmiešané isochrónne prenosy a asynchrónne posielanie správ
- súhrn rozličných PC konfigurácií
- poskytnutie štandardného rozhrania poskytujúceho rýchlu implementáciu do produktov
- štart vývoja nových zariadení, ktoré zlepšujú vlastnosti a schopnosti PC

Základné vlastnosti USB

Jednoduchosť použitia pre koncových používateľov

- jednoduchý model pre kabeláž a konektory
- koncový užívateľ je izolovaný od elektrických detailov zbernice (napr. zbernicové terminátory)
- samoidentifikujúce periférne zariadenia, automatické mapovanie funkcie na driver a konfigurácia
- dynamicky pripojiteľné a rekonfigurovateľné periférne zariadenia

Široké spektrum aplikácií

- vhodné pre zariadenia s prenosovými pásmami od niekoľkých Kb/s až po Mb/s
- podporuje isochrónne aj asynchrónne prenosy cez jednu množinu káblov
- podporuje súčasné spracovanie dát viacerých pripojených zariadení
- podporuje súčasné pripojenie až 127 fyzických zariadení
- podporuje viacnásobný prenos dátových tokov a tokov správ medzi host-om a zariadením
- dovoľuje zložené zariadenia
- nízke režijné náklady na protokol umožňujúce vyššie zaťaženie zbernice

Isochrónne prenosové pásmo

- garantované prenosové pásmo a nízke oneskorenia vhodné pre telefón, audio, atď.
- isochrónna komunikácia môže používať celé prenosové pásmo zbernice

Flexibilita

- podpora rôznych veľkostí paketov, čo umožňuje zariadeniam mať rôzne veľkosti vyrovnávacích bufferov
- dovoľuje rôzne dátové rýchlosti pre zariadenia prispôbením veľkosti bufferov pre pakety a oneskorení

Robustnosť

- mechanizmus zaobchádzania a zotavenia sa z chýb je zabudovaný do protokolu
- dynamické pripájanie a odpojovanie zariadení je identifikované v reálnom čase
- podporuje identifikáciu chybných zariadení

Spolupráca s PC priemyslom

- protokol je jednoduchý pre implementáciu a integráciu
- podporuje PC plug-and-play architektúru

Nízko-nákladová implementácia

- nízko-nákladový podkanál pre 1.5Mb/s
- je optimalizovaná pre integráciu v periférnych zariadeniach a v host-ovi
- vhodná pre vývoj nízko-nákladových zariadení
- nízko-nákladová kabeláž a konektory

Upgrade

- architektúra je upgrade-ovateľná pre podporu viacerých USB Host Controller-ov v systéme

Prehľad architektúry

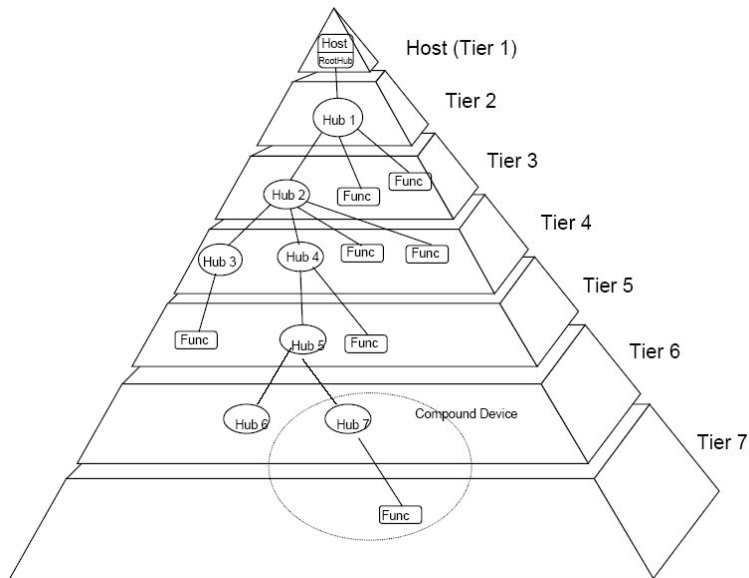
Fyzická topológia USB pozostáva zo spojenia downstream portu hub-u k upstream portu iného hub-u alebo zariadenia. USB môže pracovať v troch rýchlostiach. High-speed, 480Mb/s, Full-speed, 12Mb/s, požaduje použitie tieneneho kábla s dvomi napájacími vodičmi a s dvomi twisted pair signálovými vodičmi. Low-speed, 1.5Mb/s, zvoľňuje požiadavky na kabeláž. Low-speed káble nevyžadujú tienenie alebo twisted pair signálové vodiče. Konektory sú navrhnuté na pripájanie za chodu.

Low-speed mód nevyžaduje dokonalú EMI ochranu. Všetky módy môžu byť podporované na istej USB zbernici automatickým dynamickým prepínaním módov medzi prenosmi. Low-speed mód je definovaný pre podporu obmedzeného počtu nízko-prenosových zariadení (napr. myš), pretože ich všeobecné použitie by degradovalo utilizáciu zbernice. Hodinový signál je prenášaný v kódovanom tvare spolu s diferencným signálom dát. Kódovacia schéma hodín je NRZI s bit stuffingom na zabezpečenie adekvátnych prechodov. SYNC pole predchádza každý paket, aby umožnil príjemcom synchronizáciu hodín.

Fyzická topológia zbernice

Pripojené zariadenia zdieľajú prenosové pásmo zbernice USB cez centrálnu plánovaný protokol. Zbernica dovoľuje periférnym zariadeniam byť pripájané, konfigurované, používané a odpájané počas behu systému. Zbernica spája USB zariadenia s USB host-om (PC).

Fyzické prepojenie má typológiu vrstvenej hviezdy (tiered star). HUB sa nachádza v strede každej hviezdy. Každé prepojenie je point-to-point spojenie medzi host-om a HUBom alebo funkciou, alebo HUB spojený s iným HUBom alebo funkciou.



V každom USB systéme sa nachádza len jeden HOST. USB rozhranie pre host počítačový systém sa nazýva Host Controller (radič). Host Controller môže byť implementovaný ako kombinácia hardvéru, firmvéru alebo softvéru. Koreňový HUB je integrovaný spolu vnútri host systému, aby poskytoval jeden alebo viac pripojiteľných bodov.

USB zariadenia sú :

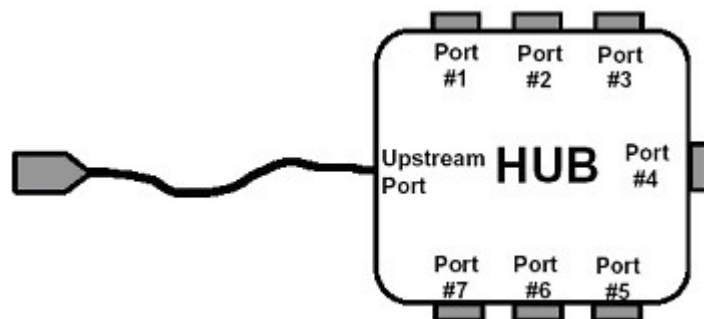
- HUBy, ktoré poskytujú ďalšie pripojiteľné body pre USB
- Funkcie, ktoré poskytujú schopnosti pre systém ako ISDN, joystick alebo reproduktory.

Huby

Huby sú kľúčovým elementom v plug-and-play architektúre USB zbernice. Huby slúžia na zjednodušenie pripájania USB zariadení z pohľadu užívateľa a poskytujú robustnosť za nízke náklady. Huby umožňujú charakteristiku viacnásobného pripojenia zariadení. Body pripojenia sa nazývajú porty. Každý hub konvertuje jednoduchý bod pripojenia na viacnásobné body pripojenia k zbernici USB. Architektúra podporuje spájanie viacerých hub-ov. Tzv. upstream port hub-u spája hub s Host-om. Každý z tzv. downstream portov hub-u dovoľuje pripojenie k ďalšiemu hub-u alebo funkcii. Huby môžu detekovať pripojenie a odpojenie na každom svojom downstream porte a umožňovať distribúciu napájania pre pripojené na downstream porty. Na každom downstream porte môžu byť individuálne pripájané buď High-speed, Full-speed alebo Low-speed zariadenia. Hub neumožňuje Low-speed portom prenos Full-speed a High-speed signálov. Hub pozostáva z dvoch častí : Hub Controller a Hub Repeater.

Hub Repeater je protokolom riadený prepínač medzi upstream portom a downstream portami. Má taktiež hardvérovú podporu pre reset a suspend/resume signály.

Hub Controller poskytuje rozhraniu registre a tým umožňuje komunikáciu s host-om. Špecifické stavové a riadiace príkazy pre hub dovoľujú host-ovi konfigurovať hub a monitorovať a riadiť jeho porty.



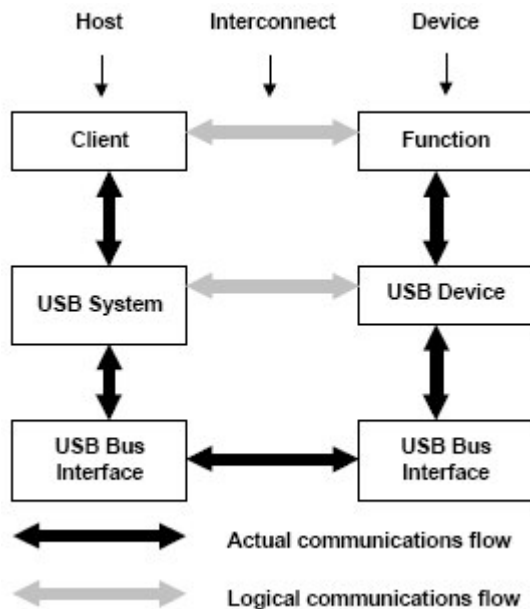
Funkcie

Funkcia je USB zariadenie, ktoré je schopné vysielat' a prijímat' dáta alebo riadiace informácie cez zbernicu. Funkcia je väčšinou implementovaná ako separátne periférne zariadenie s káblom, ktorý sa pripája na port do hub-u. Avšak fyzicky je možné implementovať do jedného krytu viaceré funkcie a vnorený hub s jediným káblom. Tieto zariadenia sa nazývajú ako zmiešané zariadenia. Zmiešané zariadenie sa javí pre host-a ako hub s jedným alebo viacerými neodpojiteľnými USB zariadeniami. Každá funkcia obsahuje konfiguračné údaje, ktoré popisujú jeho schopnosti a požiadavky na zdroje. Pred použitím každej funkcie, musí táto byť konfigurovaná host-om. Táto konfigurácia zahŕňa alokáciu USB prenosového pásma a nastavenie konfiguračných parametrov funkcie.

USB Host a USB zariadenia

USB host obsadzuje unikátnu pozíciu v systéme ako koordinačná entita. Host riadi všetok prístup na zbernicu USB. USB zariadenie získa prístup na zbernicu len ak mu host tento prístup povolí. Host je taktiež zodpovedný za monitorovanie topológie USB zbernice.

USB fyzické zariadenia poskytujú prídavnú funkcionálnu pre host-a. Všetky USB logické zariadenia predstavujú rovnaké základné rozhranie pre host-a. Toto umožňuje host-ovi riadiť rôzne zariadenia rovnakým spôsobom. Každé zariadenie si nesie so sebou a dodáva host-ovi pri identifikácii a konfigurácii tohto zariadenia tzv. konfiguračné informácie. Niektoré z týchto informácií sú rovnaké pre všetky logické zariadenia. Ostatné informácie sú špecifické pre funkcionálnu poskytovanú daným zariadením.



Triedy zariadení

Zariadenia sa delia do tried podľa požiadaviek na napájanie a zdroja napájania. Pre zjednodušenie sa zavádzajú jednotky záťaže definované ako 100mA. Počet jednotiek záťaže zariadenia je absolútne maximum prúdu, ktoré môže zariadenie vyžadovať. Zariadenia môžu byť nízko záťažové (jedna jednotka) až vysoko záťažové (päť jednotiek). Všetky zariadenia sa musia inicializovať s nízkou záťažou a do vyššej záťaže môžu prejsť iba pod kontrolou softvéru. Je úlohou softvéru zistiť či je dostatok energie na prechod do vyšších režimov.

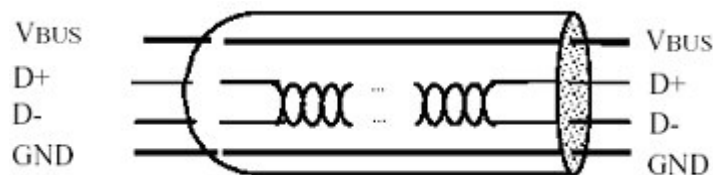
USB podporuje nasledovné zariadenia podľa zdroja respektíve spotreby napätia.

- **Koreňový hub (Root port hub)** je priamo pripojený k USC Host Controlleru, teda má rovnaký zdroj napätia ako Host Controller. Systém, ktorý má externé napájanie musí byť schopný dodať najmenej päť jednotiek (500mA) pre každý port, tieto porty sa nazývajú „high-power“ porty. Systémy napájané z baterky môžu dodávať aj menej jednotiek. Porty, ktoré dodávajú iba jednu jednotku sa nazývajú „low-power“ porty.
- **Hub napájaný zo zbernice (Bus-powered hubs)** tieto huby majú napätie zo zbernice z predchádzajúceho hubu. Tieto huby pri štarte môžu odoberať iba jednu jednotku a plných päť iba po konfigurácii. Energia sa delí medzi samotný hub a jeho neoddeliteľné súčasti a externé porty. Externé porty tohto hubu môžu byť zaťažené iba jednou jednotkou. Hub musí byť schopný dodávať napätie portom v aktívnom ale aj v úspornom (suspend) stave.
- **Hub s napájaním (Self-powered hubs)** napájanie pre funkciu hubu a výstupné porty je nezávislé od napájania zbernice, napriek tomu hub môže odoberať jednu jednotku zo vstupného portu pre prípad výpadku napájania hubu. Externe napájaný hub musí dodávať päť jednotiek na port, iba ak je hub napájaný z batérie môže dodávať jednu alebo päť jednotiek na port.
- **Funkcie s nízkou spotrebou napájané zo zbernice (Low-power bus-powered functions)** napájanie berú zo zbernice a môžu odoberať maximálne jednu jednotku.
- **Funkcie s vysokou spotrebou napájané zo zbernice (High-power bus-powered functions)** napájanie berú zo zbernice a odoberajú viac ako jednu jednotku ale menej ako päť jednotiek, samozrejme až po konfigurácii.
- **Externe napájané funkcie (Self-powered functions)** môžu odoberať jednu jednotku zo zbernice, zvyšok napájania musí byť zabezpečené externým zdrojom.

Fyzické prepojenie uzlov zbernice

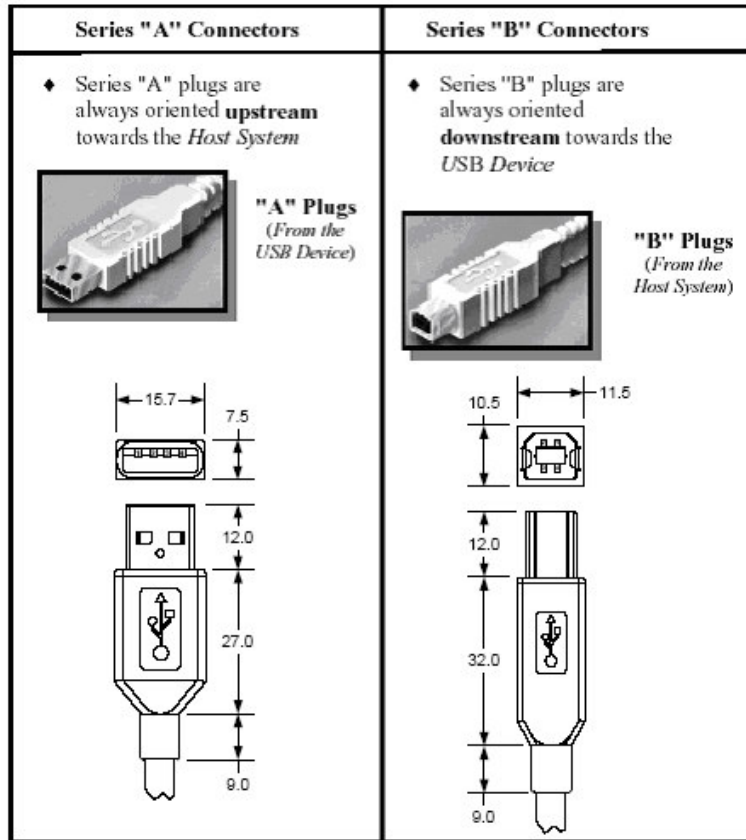
Kábel

Kábel nesie okrem dátových vodičov aj V_{BUS} a GND vodiče na zabezpečenie napájania pre zariadenia. Nominálna hodnota V_{BUS} je +5V pri zdroji. USB umožňuje kabeláž premennej dĺžky, až do niekoľkých metrov. Na zabezpečenie garantovaných vstupných napäťových úrovní a správnej ukončovacej impedancie, sú použité BIASED (s predpätím) ukončenia na každom konci kábla. Tieto ukončenia taktiež umožňujú detekciu pripojenia a odpojenia zariadenia od portu a vykonávajú rozlišovanie medzi full-speed a low-speed zariadeniami.



Koncovky

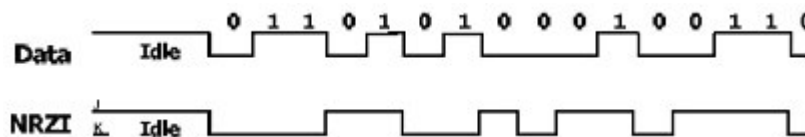
Na minimalizáciu problémov s ukončením káblov, USB používa tzv. „keyed connector“ protokol. Fyzický rozdiel v konektore typu „A“ a „B“ zabezpečuje správne pripájanie zariadení k USB. „A“ konektor sa používa na pripájanie zariadení. „B“ konektor umožňuje výrobcovi zariadení poskytovať štandardný odpojiteľný kábel.



Prenos signálu

Kódovanie a dekodovanie dát

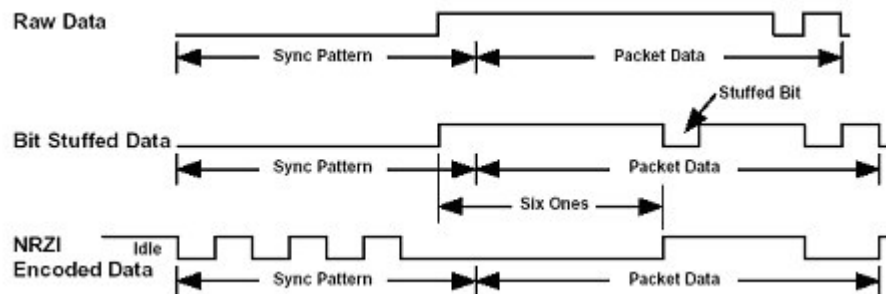
USB používa NRZI kódovanie dát pri prenose paketov. V NRZI kódovaní, „1“ je reprezentovaná žiadnou zmenou v úrovni a „0“ je reprezentovaná zmenou v úrovni. Obrázok ukazuje dátový tok a jeho NRZI ekvivalent. Vysoká úroveň reprezentuje J stav na dátových vodičoch a nasledujúce obrázky ukazujú NRZI kódovanie. Reťazec núl spôsobí zmenu NRZI dát v každom bitovom cykle. Reťazec jednotiek spôsobí dlhé periódy bez zmien v dátach.



Bit stuffing

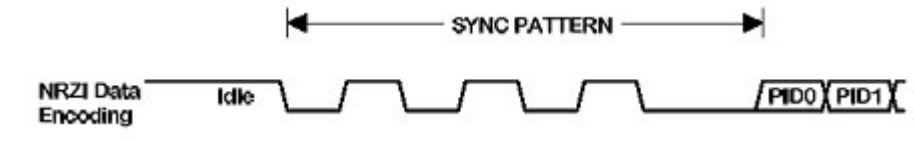
Z dôvodu zabezpečenia adekvátnych prechodov signálu, je použitý bit stuffing vysielajúcim zariadením keď posiela paket na USB. Nula je vždy vložená po šiestich po sebe idúcich jednotkách v dátovom toku pred tým než je NRZI kódovaný. Slúži to na posilnenie prechodov v NRZI dátovom toku.

To umožňuje prijímačovej logike dátový prechod aspoň raz za každých sedem bitov na garantovanie, že komunikácia „beží“. Bit stuffing je inicializovaný SYNC vzorkou a existuje počas celého prenosu. Bit stuffing je vždy realizovaný u vysieláča, bez výnimky. Ak to vyžadujú bit stuffing pravidlá, nulový bit bude vložený dokonca aj keď je to posledný bit pred end-of-packet (EOP) signálom. Prijímač musí dekódovať NRZI dáta, rozlíšiť stuffed bity a zrušiť ich. Ak prijímač prijme sedem po sebe idúcich jednotiek hoci kde v pakete, potom nastala bit stuffing chyba a paket by mal byť ignorovaný.



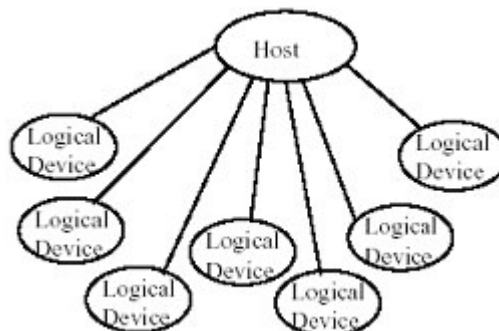
SYNC vzorka

Pred každý paket je umiestená synchronizačná sekvencia, ktorá slúži na synchronizáciu hodín vysieláča a prijímača.



Logická topológia zbernice

Kým zariadenia sú fyzicky pripojené k USB v podobe vrstvenej hviezdy, host komunikuje s každým logickým zariadením ako keby bolo priamo pripojené ku koreňovému portu (root port). Huby sú taktiež logické zariadenia. Dokonca aj keď väčšina aktivít medzi host-om/logickým zariadením používa túto logickú perspektívu, host si udržuje informácie o fyzickej topológii z dôvodu spracovania odpojenia hub-ov. Keď je hub odpojený, všetky zariadenia pripojené k hub-u musia byť odstránené z pohľadu host-a na logickú topológiu.



Protokol USB

USB je centrálné riadená zbernica (polled bus). Host Controller iniciuje všetky dátové prenosy. Všetky zbernicové transakcie zahŕňajú prenos do troch paketov. Každá transakcia začína keď Host Controller, na báze plánovania, pošle USB paket popisujúci typ a smer transakcie, adresu USB zariadenia a koncové číslo (endpoint number). Tento paket sa nazýva „token packet“. USB zariadenie, ktoré je adresované vyberie seba samého dekódovaním príslušných adresných polí paketu. V danej transakcii sú dáta prenášané buď od Host-a k zariadeniu alebo od zariadenia k Host-ovi. Smer toku dát je určený v „token pakete“.

Zdroj dát potom pošle dátový paket alebo indikuje, že už nie je čo prenášať. Cieľ, vo všeobecnosti, odpovedá handshake paketom, ktorý indikuje či bol prenos úspešný. Model dátového prenosu USB medzi zdrojom a cieľom na Host-ovi a koncovom bode zariadenia sa nazýva rúra (pipe).

Sú dva typy rúr :

- prúdová rúra a
- rúra správ.

Prúdové dáta nemajú definovanú žiadnu štruktúru, na rozdiel od správ, ktoré majú definovanú štruktúru. Väčšina rúr je vytváraných pri konfigurácii USB zariadenia. Jedna rúra správ, tzv. „Default Control Pipe“, existuje vždy pri zapnutí zariadenia, aby bol umožnený prístup ku konfigurácii, stavu a riadiacej informácii USB zariadenia. Plánovanie transakcií dovoľuje riadenie toku niektorých prúdových rúr.

Na hardvérovej úrovni sa dá predchádzať podtečeniu a pretečeniu bufferov použitím NAK paketu. Keď je poslaný NAK, pokus o obnovenie transakcie nastáva po pridelení času na zbernici. Mechanizmus riadenia toku dovoľuje konštrukciu flexibilných plánovaní, ktoré vyhovujú súčasnému spracovaniu heterogénneho mixu rúr. Z toho vyplýva, že viacnásobné rúry môžu byť obslužené v rozdielnych intervaloch a s rôznymi dĺžkami paketov.

Detekcia chýb

Väčšina zákmitov v USB zbernici má len prechodný charakter. Na zabezpečenie ochrany pred takýmito prechodnými stavmi, každý paket obsahuje pole pre detekciu chýb. Protokol má oddelené CRC-čka pre riadiace a dátové polia každého paketu. Nesprávne CRC je považované ako indikácia poškodeného paketu. CRC poskytuje detekciu dvoch chybných bitov.

CRC riadenia

Päť bitová pole CRC kódu je súčasťou riadiacich tokenov a pokrýva polia ADDR a ENDP v tokenoch IN, SETUP a OUT, alebo poľa časovej známky v SOF tokene. Generujúci polynóm je:

$$G(X) = X^5 + X^2 + 1$$

Dátové CRC

Dáta sú chránené 16 bitovým polynómom CRC kódu. Generujúci polynóm je:

$$G(X) = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$$

Zaobchádzanie s chybami

Protokol dovoľuje spracovanie chýb v hardvéri aj v softvéri. Hardvérové zaobchádzanie s chybami zahŕňa hlásenie a pokus o obnovenie chybných prenosov. USB Host Controller sa pokúša o obnovenie prenosu pri chybe až trikrát a až potom pri neúspechu upozorní klientský softvér. USB podporuje výmenu dát a riadiacich dát medzi USB Host-om a USB zariadením v podobe množiny jednosmerných alebo obojsmerných rúr. Dátové prenosy sa uskutočňujú medzi softvérom Host-a a konkrétnym koncovým bodom na USB zariadení. Vo všeobecnosti tok dát v jednej rúre je nezávislý od iného dátového toku v inej rúre. Dané USB zariadenie môže mať veľa rúr. Napríklad dané USB

zariadenie môže mať vytvorené dve rúry, jednu pre prenos dát do USB zariadenia a druhú pre prenos dát zo zariadenia.

Typy dátových tokov

USB architektúra pozostáva zo štyroch základných typov dátových prenosov :

- Riadiace prenosy – sú používané na konfiguráciu zariadenia.
- Bulk dátové prenosy – sú používané na prenos veľkého množstva údajov.
- Prerušovacie dátové prenosy – sú používané na prenos znakov alebo koordinátou pri zariadeniach s ľudským vstupom.
- Isochrónne dátové prenosy – okupujú dohodnuté množstvo USB prenosového pásma s dohodnutou dobou oneskorenia. Taktiež sa nazývajú streamované prenosy v reálnom čase.

Riadiace prenosy

Riadiace prenosy sú používané na konfiguráciu zariadenia pri jeho pripojení ku zbernici. Môžu byť použité aj na iné účely, vrátane riadenia ostatných spojení na zariadení. Riadiace prenosy poskytujú stratový prenos.

Bulk dátové prenosy

Bulk dátové prenosy sa typicky používajú na prenos veľkého množstva údajov, ako napríklad pri tlačiarňach a skeneroch. Prenos údajov je sekvenčný a zabezpečený detekciou chýb pri prenose a opätovným prenosom na hardvérovej úrovni. Rýchlosť prenosu môže byť rôzna v závislosti na ostatných aktivitách na zbernici.

Prerušovacie dátové prenosy

Prenosy so zníženou latenciou z alebo do zariadenia. Zariadenie môže mať pripravené údaje na transfér v rôznych časoch a údaje budú doručené USB zbernicou najmenej rýchlosťou špecifikovanou zariadením.

Prerušovacie dáta typicky obsahujú informáciu o výskyte udalosti, znaky alebo koordináty, ktoré sú organizované ako jeden alebo viac bytov. Príkladom môžu byť koordináty vysielané myšou. Pre prenos môžu byť špecifikované časové parametre pre doručenie dát a USB zbernica ich musí dodržať.

Isochrónne prenosy

Isochrónne dáta sú spojité a sú vytvárané, doručované a spotrebúvané v reálnom čase. Isochrónne dáta môžu byť veľmi citlivé na oneskorenia pri ich doručení. Požadované prenosové pásmo pre isochrónne rúry je založené na základe vzorkovacích charakteristík pridruženej funkcie. Typickým príkladom isochrónnych dát je hlas. Ak nie je prenosová rýchlosť týchto dátových tokov udržiavaná, môžu sa objaviť výpadky v dátovom toku z dôvodu podtečení alebo pretečení bufferov. Dokonca aj keď sú dáta doručené USB hardvérom pri vhodnej rýchlosti, oneskorenia spôsobené softvérom môžu degradovať aplikácie požadujúce spracovanie v reálnom čase, napr. telefónnu konferenciu. Doručovanie isochrónnych dát v reálnom čase je zabezpečené aj za cenu prechodných strát v dátovom toku. Inak povedané, že každá chyba v elektrickom prenose nie je ošetrená mechanizmom znovuposlania chybného paketu. V praxi je totiž početnosť chýb veľmi nízka. Pre USB isochrónne dátové toky je alokovaná časť prenosového pásma USB, aby sa zabezpečil prenos dát pri požadovanej prenosovej rýchlosti. USB je taktiež navrhnutá pre minimálne oneskorenie isochrónnych dátových prenosov.

V USB prostredí požiadavky na isochrónny prenos:

- garantovaný prístup k USB prenosovému pásmu s ohraničenou dobou oneskorenia
- garantovaná konštantná prenosová rýchlosť cez rúru pokiaľ sú jej tieto dáta dodávané
- v prípade chybného doručenia dát z dôvodu chyby, nie je uskutočnený náhradný prenos týchto dát

Kým isochrónny prenos je navrhnutý pre podporu isochrónnych zdrojov a cieľov, nie je požadované, aby aj softvér využívajúci tento prenosový mód bol isochrónny.

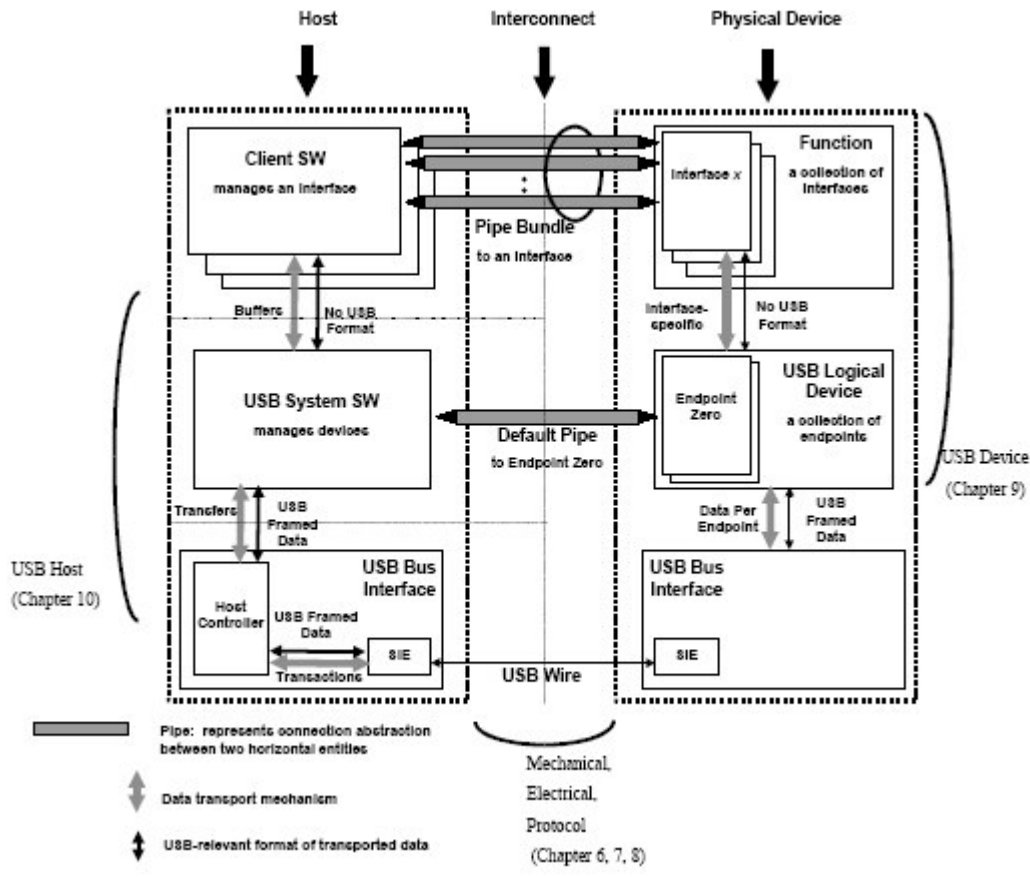
Smer isochrónnych prenosov

Isochrónna rúra je tzv. stream pipe a teda je vždy jednosmerná. Popis koncového bodu identifikuje či je daný isochrónna komunikačný tok do alebo z host-a. Ak zariadenie požaduje obojsmerný isochrónny komunikačný tok, musia byť použité dve rúry.

Obmedzenia prístupu k zbernici pri isochrónnych prenosoch

Isochrónne prenosi môžu byť použité len pri High-speed a Full-speed zariadeniach. Koncový bod pre isochrónnu rúru neobsahuje informáciu o frekvencii prístupu k zbernici. Všetky isochrónne rúry normálne presúvajú jeden dátový paket počas jedného frame (1ms). Chyby na zbernici alebo zdržanie v plánovaní klientského softvéru operačným systémom môžu spôsobiť, že nebude prenášaný žiadny paket počas jedného frame. V takom prípade by indikácia chyby mala byť vrátená klientskému softvéru ako stav. Zariadenie môže detekovať túto situáciu sledovaním SOF tokenov a poznamenaním si dvoch SOF tokenov bez dátového paketu pre tento isochrónny prenos. Frekvencia zbernice a časovanie frameov limitujú maximálny počet úspešných isochrónnych transakcií v rámci frame-u pre ľubovoľný USB systém na menej ako 151 full-speed 1-byteových prenosov.

USB komunikačný tok



Host Controller Driver (HCD) :

Je to softvérové rozhranie medzi USB Host Controller-om a USB System Software. Toto rozhranie dovoľuje rad implementácií Host Controller-ov bez požiadavky každého host softvéru byť závislý na zvláštnej implementácii. Jeden USB Driver môže podporovať rôzne Host Controller-y bez požiadavky špecifických znalostí implementácie Host Controller-u. Implementátor Host Controller-a poskytuje HCD implementáciu, ktorá podporuje daný Host Controller.

Host Controller Driver je zodpovedný za sledovanie IRPčiek, ktoré sa spracúvajú a zabezpečuje aby maximálny prenosový pásma a času frameov neboli presiahnuté. Keď sú IRPčka vytvorené pre konkrétnu rúru, HCD ich vloží do tzv. transakčného zoznamu. Keď je IRP hotové, HCD oznámi žiadajúcemu klientskému softvéru stav dokončenia IRP. Ak IRP zahŕňa dátový prenos z funkcie do klientského softvéru, dáta sú umiestnené v klientom nastavenom dátovom buffere. IRPčka sú definované v závislosti od operačného systému.

USB Driver (USBD) :

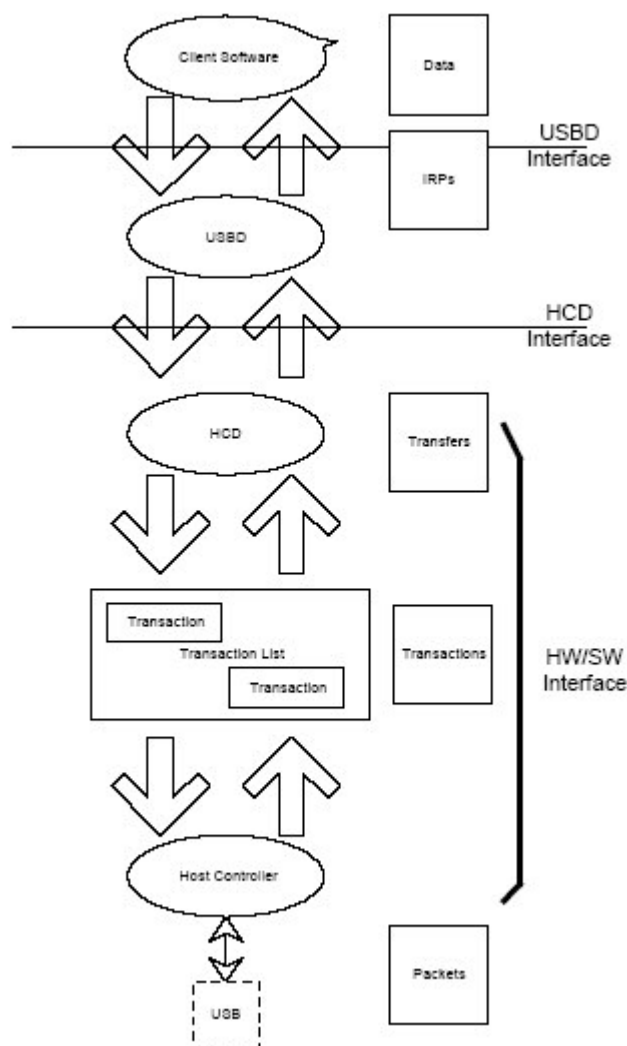
Rozhranie medzi USB System Software a klientskou aplikáciou. Toto rozhranie poskytuje klientom pohodlné funkcie pre manipuláciu s USB zariadeniami.

USB driver je zapojený do sprostredkovania prístupu k zbernici v dvoch všeobecných časoch :

- počas konfigurácie pripojeného zariadenia k zbernici
- počas normálnych prenosov

Keď je zariadenie pripojené a konfigurované, úlohou USBD je zaručiť aby požadovaná konfigurácia zariadenia bola umožnená na zbernici. USBD prijíma konfiguračné požiadavky z konfiguračného softvéru, ktoré opisujú žiadanú konfiguráciu zariadenia : koncové body, prenosové typy, prenosové periódy, veľkosť dát, atď. USBD buď akceptuje alebo neakceptuje tieto konfiguračné požiadavky na základe dostupnosti prenosového pásma a na základe schopnosti vyhovenia tohto typu požiadavky zbernicou. Ak je požiadavka akceptovaná, USBD vytvorí rúru požadovaného typu pre žiadateľa a s vhodnými obmedzeniami ako je to definované daný prenosový typ. Keď je zariadenie nakonfigurované, klientský softvér môže požiadať IRP, aby presúvali dáta medzi ním a koncovými bodmi funkcie.

Schéma komunikácie klientského softvéru so zbernicou.



Logické USB zariadenie sa javí USB systému ako zbierka koncových bodov (endpoint). Koncové body sú zjednotené do množín, ktoré implementujú rozhranie. USB System Software riadi zariadenie použitím tzv. Default Control pipe. Klientský softvér riadi rozhranie použitím množiny rúr (tie sú asociované s množinou koncových bodov). Klientský softvér žiada, aby dáta boli prenášané cez USB medzi bufferom na strane host-a a koncovými bodmi na strane USB zariadenia. Host Controller (alebo USB zariadenie, závisí to od smeru prenosu) vytvára pakety z dát, aby mohli byť prenášané cez USB. Obrázok ilustruje ako sú komunikačné toky prevádzané cez rúry medzi koncovými bodmi a pamäťovými buffermi na strane host-a.

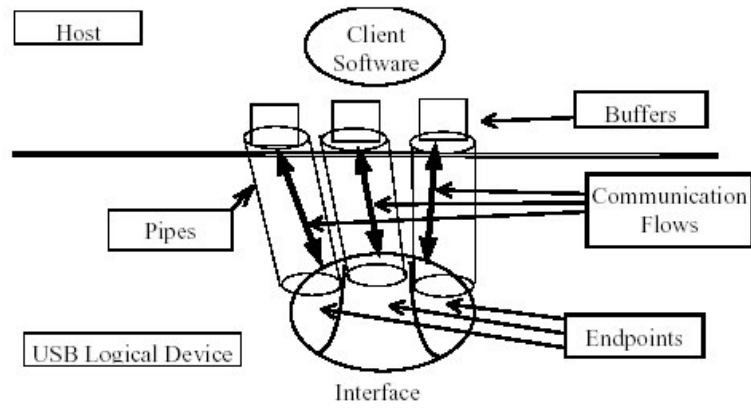


Figure 5-9. USB Communication Flow