

Počítačem podporovaná měření

Jaromír Světlík

Bakalářská práce
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav aplikované informatiky

akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaromír SVĚTLÍK**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Počítačem podporovaná měření**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se podrobně s vlastnostmi USB portu .
2. V souladu s požadavky vedoucího bakalářské práce navrhnete alespoň dvě laboratorní úlohy s využitím USB portu.
3. Navržené úlohy prakticky realizujte.
4. Ověřte funkčnost navržených úloh, posudte obtížnost navržené úlohy z pohledu studenta.
5. Vypracujte vzorové protokoly pro navržené laboratorní úlohy .

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. KLAUS, T: Příručka pro elektrotechnika. Europa – Sobotáles, 2005.
2. HRUŠKA, F.: Technické prostředky automatizace IV. UTB ve Zlíně, 2001.
3. CHUDÝ, V., PALENČÁR, R.: Meranie technických veličin. STU Bratislava, Bratislava, 1999.
4. ĎADO, S., KREIDL, M. : Senzory a měřicí obvody. ČVUT, Praha, 1999.
5. KAINKA, B.: Měření, řízení a regulace pomocí sběrnice USB. BEN, Praha, 2002.
6. VLACH, V.: Počítačová rozhraní. BEN, Praha, 2002

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

Ústav elektrotechniky a měření

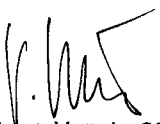
Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2006

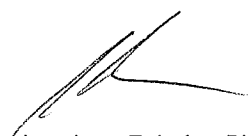
Termín odevzdání bakalářské práce:

16. června 2006

Ve Zlíně dne 14. února 2006


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
pověřený děkan




doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou USB; nasazením tohoto moderního sériového rozhraní v praxi za účelem řídit peristaltické čerpadlo pomocí počítače hlasovými příkazy.

V teoretické části se seznámíte s principy USB, zajímavými integrovanými obvody výhodnými pro práci s tímto rozhraním, peristaltickým čerpadlem, programem EAGLE (slouží k tvorbě plošných spojů), základními údaji o prostředí C++ a způsobem hlasového ovládání počítače.

Praktická část se zabývá vytvořením přípravků umožňujících komunikaci peristaltického čerpadla s počítačem přes rozhraní USB.

Klíčová slova: USB, FTDI (FT232BM), Microchip (TC1320), Peristaltické čerpadlo, EAGLE, C++, hlasové ovládání počítače.

ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

This work is interested in USB problems; using this modern serial interface at practices, regulate the peristaltic pump by computer voice control.

The theoretical section contains information about USB tenets, interesting integrated circuits using with this interface, peristaltic pump, program EAGLE (for making printed circuit), basic info about C++ and computer voice control.

The practical section includes creation preparations for communication peristaltic pump with computers by USB interface.

Keywords: USB, FTDI (FT232BM), Microchip (TC1320), Peristaltic pump, EAGLE, C++, computer voice control.

Poděkování, motto

Děkuji panu Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D, nejen jako vedoucímu této mé bakalářské práce, za čas, toleranci a především přátelský přístup a psychickou podporu, při jejím vzniku. Děkuji mu především jako skvělému, přívětivému člověku, ochotnému naslouchat a odhodlanému pomáhat.

Děkuji také všem svým kamarádům, které znám, za spoustu báječných okamžiků, které jsem s nimi mohl prožít a kteří mi umožnili poznat svět z té lepší stránky.

Děkuji však hlavně svým rodičům, bratrovi a prarodičům, kteří při mně stáli v těch nehorších dnech mého života, podporovali mě a dali mi sílu zase bojovat. Bez nich bych dneska nebyl tam, kde jsem... pravděpodobně bych tady dnes nebyl už vůbec.

Není důležité kolikrát je člověk sražen na kolena, ale kolikrát se zase postaví zpátky na nohy. Jedno vím jistě... bez těchto lidí by se mi to nikdy nepodařilo a já si jich proto moc a moc vážím a za všechno, co pro mě udělali, jim děkuji z celého svého srdce.

I jeden člověk může mnohé změnit... můžete nechat věci kolem vás jen tak plavat a nečinně přihlížet... můžete ale také obětovat kousek svého času, rozhlédnout se kolem sebe a umožnit ostatním, aby se i oni mohli radovat z toho, z čeho vy sami máte radost... někdy stačí i tak málo, jen ukázat cestu a nakonec zjistíte, že kolem vás je spousta báječných lidí... kamarádů, které byste za jiných okolností nikdy nepoznali... a co je ještě důležitější, nepoznali by se ani oni navzájem. To není úloha osudu, ale chuť něco změnit... a na to stačí i jeden člověk.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Ve Zádveřicích dne 12. 6. 2006

Jaromír Světlík

.....

podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 USB – UNIVERZÁLNÍ SÉRIOVÁ SBĚRNICE	12
1.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA	12
1.2 ÚVOD DO PROBLEMATIKY USB.....	12
1.3 POROVNÁNÍ USB S RS232	13
1.4 HISTORIE	13
1.5 TOPOLOGIE.....	14
1.6 HARDWARE	17
1.6.1 Kabely	17
1.6.2 Konektory.....	18
1.6.3 HUBy	20
1.6.4 Koncová zařízení.....	21
1.7 NAPÁJENÍ	22
1.8 KOMUNIKACE.....	23
1.8.1 Kódování	24
1.8.2 Druhy paketů	25
1.8.3 Komunikační kanály	27
1.8.4 Typy datových přenosů / toků na USB	28
1.8.5 Model toku dat	30
1.8.6 Enumerace (rozpoznání zařízení).....	32
1.8.7 Deskriptory zařízení	33
1.8.8 Způsob komunikace mezi jednotlivými revizemi USB	34
1.8.9 Hot swap, Plug & Play	35
1.8.10 Definice rychlosti zařízení	36
1.9 OVLADAČE A JEJICH VOLÁNÍ	38
2 OBVODY FTDI	40
2.1 OBVOD FT232BM	40
2.1.1 Stručná charakteristika	40
2.1.2 Popis obvodu	41
3 MICROCHIP	43
3.1 OBVOD TC1320	43
3.1.1 Stručná charakteristika	43
3.1.2 Popis obvodu	44
3.1.3 Vnitřní schéma obvodu	44
4 PERISTATICKÁ ČERPADLA	45
4.1 PRINCIP ČINNOSTI.....	45
4.2 ROZDĚLENÍ.....	46
4.2.1 Rozdíl mezi čerpadly a dávkovači	46

4.2.2	Rozdíl mezi čerpadly se silikonovým čerpacím segmentem a čerpadly s opěrnou dráhou	47
5	EAGLE – PROGRAM PRO NÁVRH PLOŠNÝCH SPOJŮ	48
5.1	HLAVNÍ MODULY PROGRAMU	48
5.2	VLASTNOSTI JEDNOTLIVÝCH MODULŮ	48
5.3	POŽADAVKY NA SYTÉM	49
6	PROGRAMOVACÍ JAZYK C++	50
6.1	ZÁKLADNÍ POJMY	50
6.2	HISTORIE	50
7	VOICEWIN – HLASOVÉ OVLÁDÁNÍ POČÍTAČE	53
7.1	SEZNÁMENÍ S PRODUKTEM	53
II	PRAKTICKÁ ČÁST	54
8	POČÍTAČEM OVLÁDANÉ ČERPADLO – KOMPONENTY (OBSTARÁNÍ, PŘÍPRAVA, VÝROBA)	55
8.1	PERISTATICKÉ ČAPADLO PCD 21M E5V	55
8.1.1	Technické parametry	55
8.1.2	Externí ovládání funkcí čerpadla	56
8.2	PŘÍPRAVEK FT232TST	56
8.2.1	Napájení	57
8.2.2	Provedení	57
8.2.3	Schéma, výkres desky plošných spojů, osazovací plánek	57
8.2.4	Hotový přípravek	58
8.3	TESTOVACÍ PŘÍPRAVEK TC1320	58
8.3.1	Napájení	58
8.3.2	Provedení	59
8.3.3	Schéma, výkres desky plošných spojů, osazovací plánek	59
8.3.4	Hotový přípravek	60
8.4	SOFTWARE K OVLÁDÁNÍ PŘÍPRAVKŮ (ČERPADLA)	60
9	POČÍTAČEM OVLÁDANÉ ČERPADLO - REALIZACE	61
9.1	PROPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ	61
9.1.1	USB kabel A – B	61
	K propojení počítače a přípravku FT232TST slouží USB kabel s konektory typu A a B.	61
9.1.2	Kabel 2xPFL10	61
9.1.3	Reprokabel	62
9.2	INSTALACE OVLADAČŮ A OBSLUŽNÉHO SOFTWARE DO POČÍTAČE	62
9.2.1	Plug & Play ovladač	62
9.2.2	Naprogramování EEPROM	62
9.2.2.1	Aktualizace ovladače po změně PID	62
9.2.3	Aplikace pro ovládání čerpadla	62

9.3 OŽIVENÍ A PROVOZ.....	63
ZÁVĚR.....	64
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	65
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	68
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	70
SEZNAM TABULEK.....	73

ÚVOD

Na počátku všeho byl zvědavý člověk. Stál uprostřed krajiny, zády ke svému rodnému městu, a přemýšlel: „Jestli pak žijí nějakí lidé za tím lesem?“ Další den sbalil všechny své věci do malého rance a vydal se na cestu. Když procestoval celý svět... když vylezl na nevyšší hory, prošel tropické lesy a dobyl ledové pláně okolo pólů, zastavil se a vzhlédl k nebi. Měsíc vypadal úplně stejně jako předtím... velký, bílý a nepokořený. Člověk proto sbalil všechny své věci do malého rance a... ne, tak romantické to opravdu nebylo.

Ano, ale je to touha po poznání, které člověka vede neustále kupředu. Stejně jako v případě dobývání a objevování dosud neznámých míst na Zemi i ve vesmíru, stejně tak chce člověk pochopit a poznat podstatu všeho ostatního kolem sebe. Díky této odvěké lidské vlastnosti máme dnes možnost využívat běžně dostupné suroviny zcela neobvyklým způsobem. Jako například křemík, dnes základní stavební kámen polovodičové mikroelektroniky a na jeho bázi vytvořený křemíkový procesor – základní prvek počítače.

Přesně tak... počítače. Usnadňují lidem spoustu práce, umožňují nesčetné množství úkonů – jako i tisk, skenování nebo komunikaci s okolním světem v podobě Internetu. K počítači se dá ovšem připojit také spousta jiných komponentů, než jsou běžně tiskárna, skener nebo modem. Může jít také o úplně jiná zařízení. Další zajímavou oblastí jejich využití se tak může stát zejména měření, řízení nebo regulace různých laboratorních přístrojů. K tomu, abychom dokázali výpočetní techniku takto využít, potřebujeme porty – velice důležité elementy každého počítače, umožňující podstatnou část jeho vzájemné komunikace s okolním prostředím. Ta samotná pak může probíhat buď sériovým způsobem – RS232C (existuje jen jeden vodič a data se přenášejí bit po bitu) nebo paralelním – Centronics (data se přenášejí současně po osmi datových vodičích).

S příchodem operačního systému Windows 98 se však novým důležitým portem na všech moderních počítačích stává také univerzální sériová sběrnice USB (z angl. Universal Serial Bus). Tento port je do praktického až masového nasazení implementován do nových počítačů zhruba od poloviny roku 1997 a přináší běžnému uživateli celou řadu výhod a ulehčení. Ovšem z pohledu nadšeného amatéra nebo mnohých vývojářů se může jednat naopak o víc problémů než předností.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 USB – UNIVERZÁLNÍ SÉRIOVÁ SBĚRNICE

1.1 Stručná charakteristika

- Sériové rozhraní
- Komunikační rychlost: 1,5 Mbit/s, 12 Mbit/s, 480Mbit/s
- Komunikační vzdálenost: do 5m
- Rozhraní obsahuje 5V napájení
- Podpora Hot swap (připojování a odpojování zařízení za provozu)
- Podpora Plug & Play (rozpoznání nového zařízení a automatické zavedení odpovídajícího ovladače)
- Možnost připojení více zařízení současně



Obr. 1: Logo USB

1.2 Úvod do problematiky USB

Univerzální sériová sběrnice (USB – *Universal Serial Bus*) se v posledních letech stala už naprosto samozřejmou součástí výbavy osobních počítačů. Narozdíl od starších sériových rozhraní (RS-232¹) má USB mnohem větší možnosti a schopnosti, což je na druhou stranu vyváжено její složitostí a nákladnějším vývojem zařízení. [3] Jednou z předních vlastností je snadnost použití pro koncového uživatele. Mezi tyto vlastnosti patří především možnost připojování zařízení za chodu počítače, napájení zařízení s menším odběrem přímo ze sběrnice, rychlost přenosu, možnost připojení více zařízení k jedné sběrnici a univerzální použití USB vůbec. [9] Naopak co je pro běžného uživatele PC ulehčením, to se může stát pro nadšeného amatéra a pro mnohé vývojáře problémem. [1]

¹ RS232 je rozhraní pro přenos informací vytvořené původně pro komunikaci dvou zařízení do vzdálenosti 20 m. Pro větší odolnost proti rušení je informace po propojovacích vodičích přenášena větším napětím, než je standardních 5 V. Přenos informací probíhá asynchronně, pomocí pevně nastavené přenosové rychlosti a synchronizace sestupnou hranou startovacího impulzu.

1.3 Porovnání USB s RS232

Data se pomocí USB přenášejí podobným způsobem jako u RS232, tedy sériově, bit po bitu, a to diferenčně pro snížení vlivu rušení. Rozdíl je ovšem v tom, že se tyto bity přenášejí na stejných linkách oběma směry, kdežto RS232 má linky pro oba směry oddělené.

Ten hlavní rozdíl však spočívá v počtu připojených zařízeních. U RS232 mohl být port využíván pouze jedním zařízením, USB jich umožňuje současně připojit až 127 (pouze teoretická hodnota). Důvod je jednoduchý. Každé zařízení připojené k USB dostane jedinečnou adresu, na kterou je možné se cíleně obracet.

Další výhodou USB sběrnice oproti RS232 je její rychlost. Data se po signálních linkách dají přenášet několika rychlostmi. Uváděné přenosové výkony však odpovídají pouze jednomu připojenému zařízení. Při připojení více zařízení se šířka pásma mezi tyto dělí. [1], [2]

Tab. 1: Standardy USB a přenosové rychlosti [2], [5]

Rychlost	Přenosový výkon	Aplikace	Standard
Low Speed	1,5 Mb/s	klávesnice, myši, herní zařízení,	USB 1.1/2.0
Full Speed	12 Mb/s	mikrofony, reproduktory, komprimované video	USB 1.1/2.0
High Speed	480 Mb/s	harddisky, video	USB 2.0

1.4 Historie

USB vzniká v roce 1995 (v revizi 2.0 v roce 2000) v konsorciu významných firem (Compaq, Intel, Lucent Technologies, Microsoft, Philips, Hewlett – Packard a NEC) sdružených do organizace USB Implementers Forum, a to z důvodu potřeby snadno použitelné, lehce konfigurovatelné sběrnice, umožňující připojit k osobnímu počítači zařízení všech typů. Tímto významným krokem se postupem času daří odbourávat všechna možná rozhraní pro připojení různých zařízení a také instalace ovladačů pro jednoduchá zařízení typu paměť, klávesnice, zvuková karta, přehrávač zvuku, joystick, telefon, skener,

digitální fotoaparát, tiskárna atp. Přes rozhraní USB lze ke kompatibilnímu počítači připojit nové zařízení, aniž by bylo nutné přidávat adaptér nebo vypínat počítač (jedná se o technologie Hot swap a Plug & Play). [4], [5], [10]

Na počátku roku 1996 byl uveřejněn standard USB verze 1.0. Firma Intel začala vyrábět a implementovat řadiče USB do základních desek nových počítačů a zásuvných karet pro starší počítače. V té době nebylo rozhraní USB podporováno operačními systémy a specifikace nebyla dostatečně propracovaná, takže některá zařízení připojená k jedné sběrnici společně nepracovala.

Nedostatky specifikace z verze 1.0 byly odstraněny ve verzi 1.1 uveřejněné v polovině roku 1998. V počátcích bylo do té doby rozhraní USB implementováno jen výjimečně. Verze 1.1 byla již podporována novými operačními systémy, tím se rozrůstal i počet periférií připojovaných ke sběrnici USB. Také vznikly nové typy zařízení jako například přenosné paměťové moduly (USB Flash Drive).

Poslední verze 2.0, zveřejněná v dubnu 2000, rozšiřuje standard o třetí typ zařízení, kterými jsou vysokorychlostní zařízení s přenosem do 480Mbit/s. Díky tomuto rozšíření lze pomocí USB připojovat k počítači také zařízení s velkým objemem přenášených dat, jako jsou například disky, připojení k síti, zařízení pro zpracování obrazu a další.

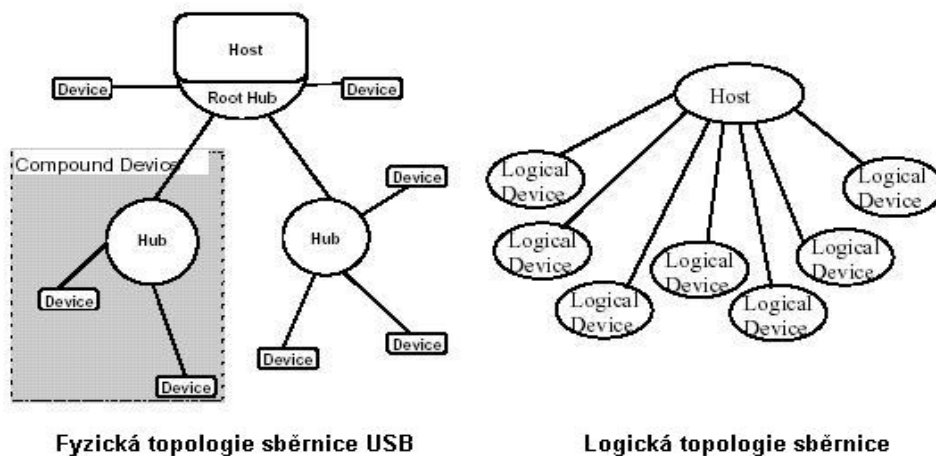
Rostoucí trh s mobilními zařízeními (digitální fotoaparáty, mobilní telefony, PDA a další) přinutil USB-IF vyvinout nový standard *On-The-Go* (dále jen OTG), rozšiřující verzi 2.0 pro tato zařízení. Standard OTG umožňuje propojovat některá zařízení pomocí USB přímo bez stolního hostitelského počítače. [9], [10]

1.5 Topologie

Topologie USB sběrnice je **hvězdicovitá**. Jejím centrálním bodem na nejvyšší (první) úrovni je kořenový rozbočovač² (tzv. root hub), který slouží k přidávání dalších rozbočovačů v úrovních následující nebo už přímo k připojení koncového zařízení. Tímto

² Zařízení s jedním vstupem a mnoha výstupy. Slouží jako rozdělovače a opakovače vstupního signálu, nadto řídí spotřebu na ně připojovaných zařízení

způsobem lze pak sběrnici doplňovat v pětistupňové³ hierarchii až na 127⁴ současně pracujících zařízení. Jak už bylo zmíněno, jedná se o zásadní změnu oproti RS232, která vyplývá ze skutečnosti, že každý takto k USB připojený komponent dostane jedinečnou adresu a na tu je možné se cíleně obracet. [3], [4]



Obr. 2: Topologie USB obecně [5]

USB topologie má čtyři části: [3]

- Hostitelé a zařízení: Základní komponenty USB systému.
- Fyzická topologie: Popisuje, jak jsou jednotlivé komponenty k sobě připojeny.
- Logická topologie: Popisuje schopnosti různých USB zařízení, též to, jak se USB jeví z hlediska hostitele či zařízení.
- Vztahy mezi klientem a zařízením popisují, jak se vzájemně vidí klientský software a jemu odpovídající funkční blok USB zařízení.

³ S ohledem na zpoždění signálu v kabelech a hubech povoluje specifikace maximálně sedm úrovní včetně kořenové vrstvy. To znamená, že mezi kořenovým rozbočovačem a koncovým zařízením může být zapojeno maximálně pět rozbočovačů.

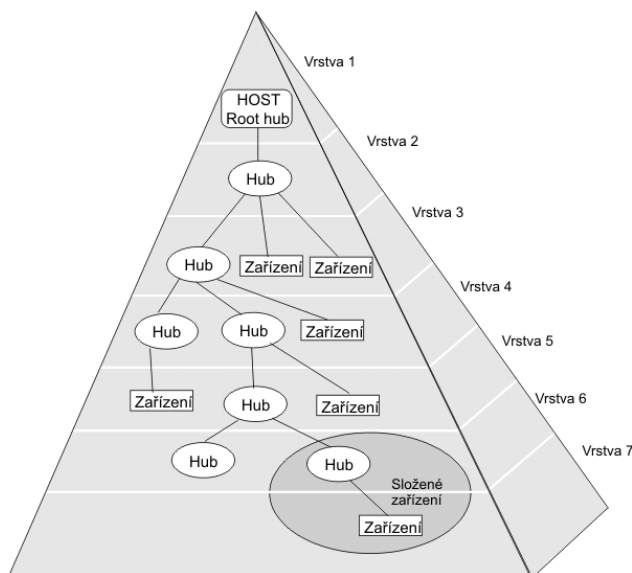
⁴ Jedná se o maximální teoretickou hodnotu.

Fyzická topologie

Zařízení jsou na USB sběrnici připojena tak, jak znázorňuje pyramida na obr. 2. Základními kameny fyzické topologie jsou USB rozbočovače (huby) a koncová zařízení. Huby nabízí přípojné body, ke kterým jsou připojována koncová zařízení. [3]

Logická topologie

Ačkoli jsou USB zařízení připojována ve vrstevné hvězdicové topologii, komunikuje hostitel s každým zařízením tak, jako by bylo přímo připojeno ke kořenovému rozbočovači. Huby jsou na této úrovni transparentní. [3]



Obr. 3: Topologie sběrnice USB 2.0 [3]



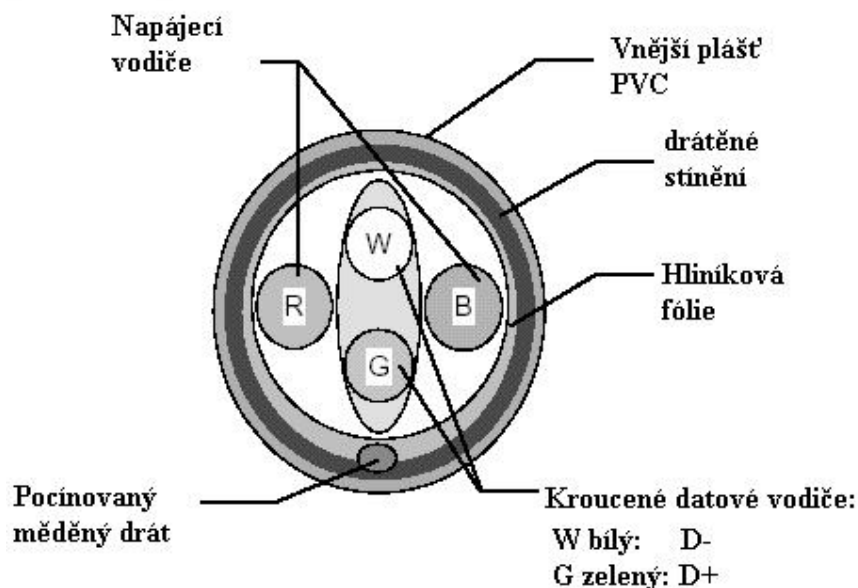
Obr. 4: Kontroler PCI USB 2.0

K ovládání root hubu slouží hostitelský řadič (Host Controller), což je rozhraní mezi USB systémem a hostitelským počítačem, nejčastěji zabudován na základní desce počítače při její výrobě, ale lze ho dodatečně implementovat na PCI kartě a zpřístupnit tak funkce USB i pro starší počítače. Ve verzi 1.1 existují dva typy hostitelských řadičů, UHCI (Universal Host Controller Interface) a OHCI (Open Host Controller Interface), každý podporován jinou skupinou výrobců. Pro aktuální verzi 2.0 máme jen specifikaci EHCI (Enhanced Host Controller Interface). [3], [4]

1.6 Hardware

1.6.1 Kabely

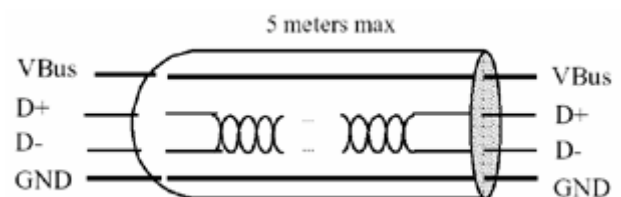
USB sběrnice využívá čtyři vodiče. Po dvou vodičích je přenášeno napájecí napětí a zem, po dalších dvou (pro full / high speed se používá kroucený pár) jsou přenášena diferenciálně vlastní data. Díky tomu má USB sběrnice i při vysokých přenosových rychlostech značnou odolnost proti šumu a proti rušení. USB 2.0 specifikuje parametry kabelů pro propojování zařízení takto. Pro full / high speed je vyžadován stíněný kabel maximální délky 5 metrů, pro low speed není stínění vyžadováno a délka kabelu je pak omezena na tři metry. [3]



Obr. 5: řez USB kabelem [5]

Tab.2: Zapojení vodičů a konektorů [3]

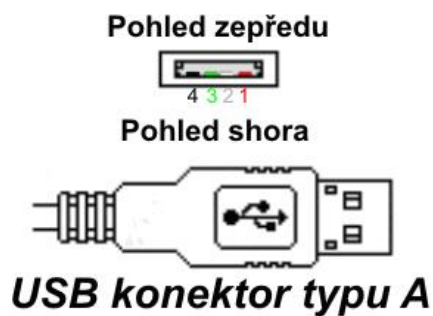
Barva vodiče	Číslo pinu	Popis
Červená	1	VBUS - napájecí napětí 5V
Bílá	2	D -
Zelená	3	D +
Černá	4	GND - zem



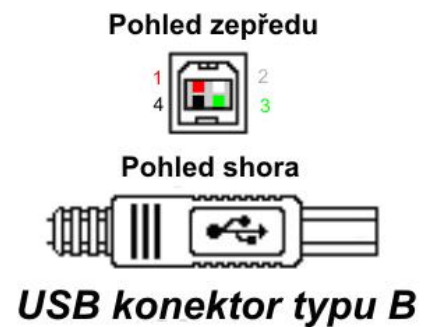
Obr. 6: USB kabel [6]

1.6.2 Konektory

V USB systémech jsou použity dva typy konektorů, které pomáhají odlišit směr zapojení. Směr od kořenového hubu ke koncovému zařízení se nazývá **downstream**, směr opačný, od zařízení ke kořenovému hubu, **upstream**. [3]



Obr. 7: USB konektor typu A [3]
(zapojení vodičů k pinům)

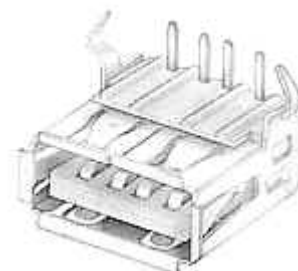


Obr. 8: USB konektor typu B [3]
(zapojení vodičů k pinům)

Konektor typu A (známý plochý konektor) je vždy pro upstream, tedy směrem k hostitelskému zařízení. [3]



Obr. 9: Konektor typu A [3]

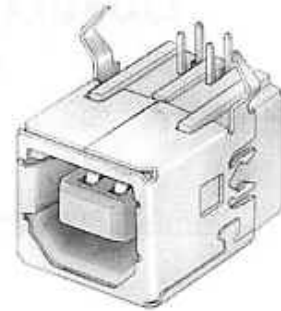


Obr. 10: Zásuvka typu A [3]

Konektor typu B (čtvercový konektor) je pro downstream, tedy směrem ke koncovému zařízení. [3]



Obr. 11: Konektor typu B [3]



Obr. 12: Zásuvka typu B [3]

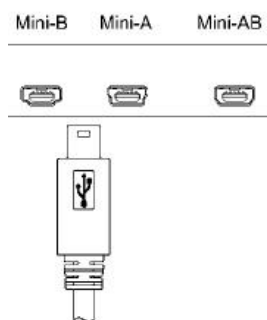
Pro zjednodušení lze říci, že do počítače nebo hubu se vždy zasouvá plochý konektor typu A, do zařízení konektor B. [3]

Kromě těchto dvou základních typů konektorů jsou občas používány i další typy, většinou Mini-B. Tyto konektory se používají zejména v malých zařízeních, např. v digitálních fotoaparátech, kde by byl klasický konektor B příliš velký. Mini-B konektor se vyskytuje buď jako plochý (zmenšený konektor typu A), nebo jako čtvercový (zmenšený typu B). [3]



Obr. 13: Mini-B [3]

Specifikací jsou tedy povoleny dva propojovací kabely, první s konektory typu A a B a druhý s konektory A a Mini-B [9]



Obr. 14: OTG [9]

Pro doplnění přehledu je na obr. 13 nový konektor pro OTG zařízení označený Mini-A jako alternativa k původnímu konektoru nově označovanému Standard-A. Kabely s tímto konektorem mohou být dlouhé max. 4,5m. Na obrázku je také zásuvka typu Mini-AB určená pro OTG zařízení, která mohou být připojena jako zařízení i jako hostitel. [9]

1.6.3 HUBy

Huby jsou klíčovým prvkem v plug-and-play architektuře USB. Zjednodušují připojování USB zařízení z hlediska uživatele a zajišťují robustnost USB sběrnice s nízkými náklady. [3]



Obr. 15: HUB – jedno z možných provedení



Obr. 16: HUB – další možné provedení

Huby umožňují připojení většího počtu zařízení ke sběrnici. Přípojný bod jsou nazývány **porty** (ports). Každý hub převádí jeden přípojný bod na více přípojných bodů. USB architektura podporuje spojování více hubů. [3]

Hub se skládá ze tří částí: [3]

- řadič hubu (hub controller) - zajišťuje komunikaci s hostitelským systémem.
- opakovač (hub repeater) - je protokolem ovládaný přepínač mezi porty, který zároveň zpracovává signály pro inicializaci (reset) a pozastavení/spuštění (suspend/resume) komunikace.
- převaděč transakcí (transaction translator) - poskytuje mechanismy pro podporu full/low speed zařízení, připojených k hubu, který je připojen k nadřazenému zařízení high speed protokolem.

1.6.4 Koncová zařízení

Koncové zařízení (function) je zařízení, které je schopno přijímat nebo vysílat data nebo řídicí informace po sběrnici. Koncové zařízení je typicky implementováno jako periferní zařízení, připojené kabelem k portu hubu. Někdy ovšem jedno fyzické zařízení může implementovat více funkcí a může obsahovat vestavěný USB hub - takové zařízení je označováno jako složené (compound). Složené zařízení se z hlediska hostitelského systému tváří jako USB hub s jedním nebo více neodpojitelnými koncovými zařízeními. [3]



Obr. 17: Flash disk (jedna z možných variant provedení)



Obr. 18: Bezdrátová myš s technologií bluetooth (USB rozhraní)



Obr. 19: USB flash disk vestavěný do náramkových hodinek

Každé koncové zařízení obsahuje informace, které popisují jeho funkce a požadavky na systémové zdroje. Před tím, než může být koncové zařízení použito, je třeba, aby bylo hostitelským systémem nakonfigurováno. [3]

Hostitelský počítač zajišťuje v první fázi domluvu s právě připojovaným zařízením, poté vlastní komunikaci. Na každé sběrnici smí existovat jen jeden hostitel. Protože pro připojení máme v počítači nejčastěji pouze dva konektory, budeme pravděpodobně potřebovat také hub – je často implementován v koncových USB zařízeních, jako klávesnice a monitory. Koncová zařízení mají jediný úkol, správně sloužit. Propojování

koncových zařízení není dovoleno, je třeba je vždy připojit na sběrnici kontrolovanou hostitelem. Nová specifikace On-The-Go však už umožňuje i takové propojení. [4]

1.7 Napájení

Zvláštností USB ve srovnání s jinými rozhraními je, že dodává napájecí napětí 5V pro menší zařízení. Tato vlastnost je zajímavá, protože díky tomu často odpadá nutnost pořizování dalšího zástrčkového napájecího zdroje. [1]

USB zařízení tak mohou být napájena přímo z USB sběrnice, ovšem pokud jejich odběr nepřekročí 100mA. Ve zvláštních případech však přívod napájecího napětí dokáže dodávat až 500 mA (max. jedno zařízení na celé USB sběrnici). Ovšem ne bez speciálního ohlášení. Při enumeraci⁵ může zařízení požádat o větší proud. Systém pak rozhodne, je-li k dispozici dostatek rezerv a v opačném případě může požadavek zařízení odmítnout. [1], [6], [16]

Pokud mají USB zařízení vlastní zdroj (např. počítač má vlastní systém pro distribuci napájení nezávislý na USB), je řízen USB sběrnici (zapínání, vypínání, SUSPEND mód atd.) Každý segment USB umožňuje omezený přenos výkonu pro napájení USB zařízení, přičemž zařízení může být současně napájeno z vlastního zdroje. [6], [16]

Přehled: [6], [16]

- HUB dodává pomocí napájecích pinů do USB zařízení napětí 4.75 V až 5.25 V.
- Maximální pokles napětí ze HUBu je 0.35 V.
- Každý HUB musí být schopen poslat konfigurační data na napětí 4,4 V, ale jen "low-power" funkce musejí fungovat.
- **HUB napájený po sběrnici :** Odběr max. 100 mA při zapnutí a 500 mA průběžně.

⁵ Ohlášení do operačního systému

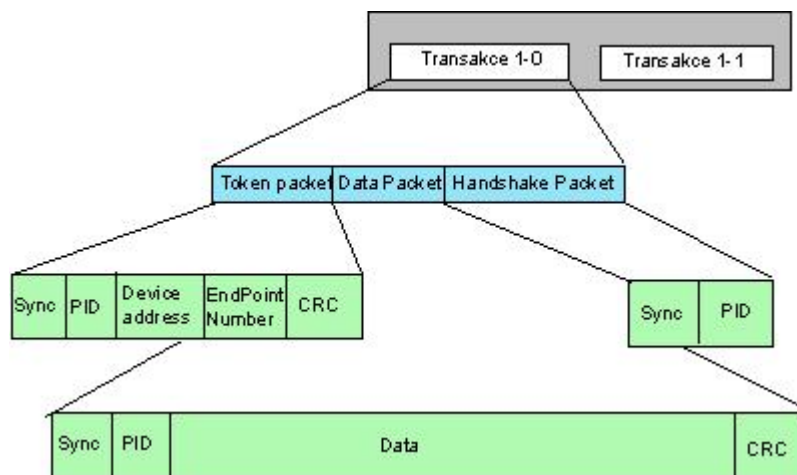
- **HUB napájený ext. zdrojem** : Odběr max. 100 mA, musí dodávat 500 mA na každý port.
- **Zařízení "Low power"** : Odběr max. 100 mA.
- **Běžná zařízení** : Odběr max. 100 mA.
- **"Spící" zařízení** : max. 0,5 mA

Stínění :

Stínění USB kabelu musí být připojeno k pinu GND na straně "host".. Žádné zařízení již nepřipojuje stínění k pinu GND. [6]

1.8 Komunikace

USB je sběrnice jen s jedním zařízením typu master, tj. všechny aktivity vycházejí z PC. [1] Zařízení nemá právo svévolně vysílat data bez vyzvání. Komunikace po sběrnici je rozdělena do transakcí, podobně jako v počítačové síti. Celá je řízena hostitelem, který zahajuje jak čtení ze zařízení, tak zápis do zařízení. [4]



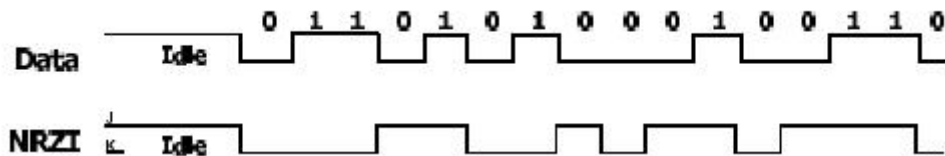
Obr. 20: Kombinace paketů [5]

Data se vysílají po paketech o délce 8 až 64 (1024 pro izochronní přenos) bajtů. Veškerý přenos se uskutečňuje po rámcích o délce přesně 1ms. Uvnitř těchto rámců mohou být postupně zpracovány pakety pro několik zařízení. Spolu se můžou vyskytovat pakety různých rychlostí. Obrací-li se počítač na více zařízení, zajišťuje rozdělení paketů hub

(rozbočovač), který také zabraňuje tomu, aby se signály s vyššími rychlostmi předaly na pomalá zařízení. [2]

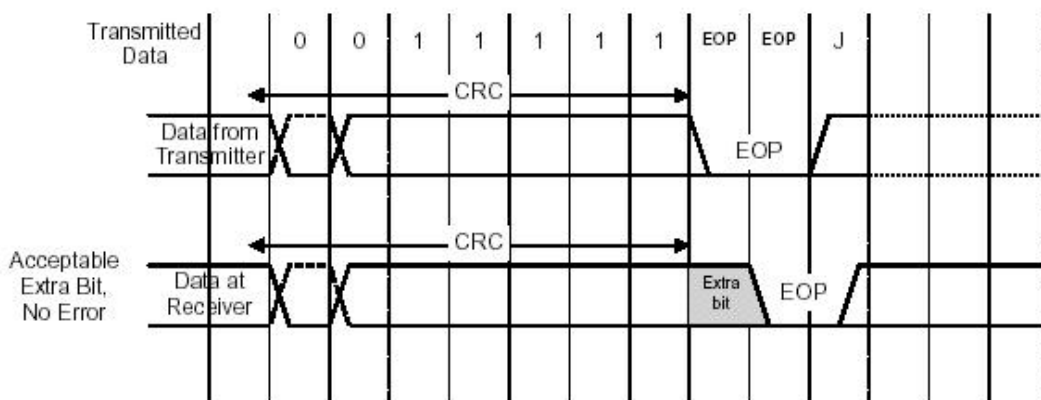
1.8.1 Kódování

Zařízení typu **slave** (podřízené zařízení) se musí zasynchronizovat na datový tok. Protože hodinový signál není přenášen po zvláštní lince, získávají se hodiny přenosu přímo z datového signálu. [2] Používá se k tomu metoda NRZI (Non-Return-To Zero). Nuly v datech vedou ke změně úrovně, jedničky nechávají úroveň beze změny. [1]



Obr. 21: Signál NRZI [5]

Pokud se v datech vyskytuje 6 jedniček po sobě, následuje vložená nula, která se po přijetí musí opět odstranit. Bity se do datového proudu vkládají z důvodu synchronizace. Pokud se podíváme přímo na datové signály D+ a D- mohlo by to vypadat následovně. [5]



Obr. 22: Datové signály D+ a D- [5]

Tab. 3: Obecná / základní USB transakce má následující strukturu: [4], [5]

Token paket	Datový paket	Handshake paket	Preamble paket
Oznamuje začátek transakce a její typ	Volitelný, nemusí být přítomen	Především potvrzení transakce nebo její odmítnutí	Tento paket slouží pro přepínání sběrnice FULL-speed/LOW-speed

1.8.2 Druhy paketů

Každý z uvedených paketů může být různého druhu. Následující přehled navíc ukazuje konkrétní strukturu paketů vztaženou k předchozí obecné: [4]

- **Token paket** [4], [5]



Definuje typ transakce na USB. Známe čtyři základní typy token paketů:

- **SOF** (start of frame) - indikuje začátek 1ms rámce
- **IN** - přenos dat od cílového USB zařízení do systému
- **OUT** - přenos dat ze systému do zařízení USB
- **SETUP** - signalizuje start řídicího přenosu

- **Datový paket** [4], [5]



V datovém paketu jsou obsaženy vlastní data různého druhu. Máme dva typy datových paketů:

- **data0, data1**

Verze 2.0 navíc:

- **data2, mdata**

- **Handshake paket** [4], [5]



Potvrzovací paket – máme též v několika verzích.

- **ACK** - Kladné potvrzení. Používá se pro oznámení správnosti doručení dat.
- **NAK** - Záporné potvrzení většinou signalizují, že data nemůžou být přijata.
- **STALL** - Používá se pokud není přenos kompletní

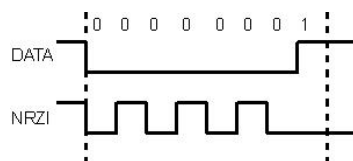
- **Preamble paket** [5]

Tento paket slouží pro přepínání sběrnice FULL-speed/LOW-speed.

Paket má definovanou strukturu, tedy jaké informace obsahuje ten který bit na konkrétním místě v celé délce paketu. Ta je pro každý typ přenosu jiná. [4]

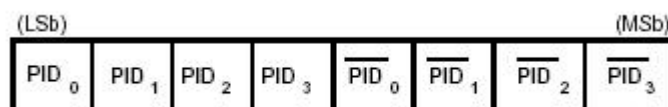
Obecný význam jednotlivých složek paketu: [4]

- **SYNC:** Synchronizace hodin hostitele a zařízení, 8 bitů pro low a full rychlosti, 32 bitů pro high.



Obr. 23: SYNC [5]

- **PID:** Packet ID. Označuje typ paketu, viz. výše. Pro identifikaci stačí 4 bity, nicméně pro jistotu jsou zopakovány ještě jednou v negované formě.



Obr. 24: PID [5]

- **ADDR:** Address. Adresa cílového zařízení, velikostně 7 bitů. K sběrnici tedy můžeme připojit max. 127 zařízení (adresa 0 je rezervována pro právě připojené zařízení bez přidělené adresy).
- **ENDP:** Endpoint. Určuje koncový bod zařízení, 4 bitový údaj.
- **CRC:** Cyclic redundancy check. Pro token pakety má délku 5 bitů, pro datové pakety 16 bitů.
- **EOP:** End of packet. Označuje konec paketu.

1.8.3 Komunikační kanály

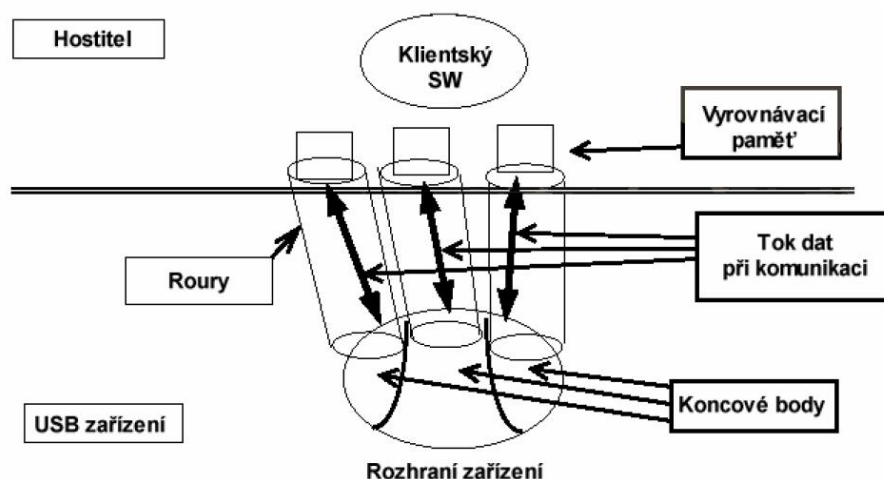
Při komunikaci s USB zařízením se používají komunikační kanály/roury (pipes), které jsou zakončeny na straně zařízení koncovým bodem (EndPoint – EP) a na straně hostitele vyrovnávací pamětí. Koncový bod není nic jiného než vyrovnávací paměť, která má definovány určité parametry a ty jsou vázány na danou rouru. Roura může být pouze jednosměrná. Pokud požadujeme obousměrnou komunikaci, musíme použít roury dvě. Terminologie USB rozlišuje dva typy kanálů (pipes): [12]

- **Message pipe:**

Přenášená data jsou strukturovaná a jednotlivé položky mají z pohledu USB určitý význam. Tyto informace však nejsou interpretovány koncovým bodem, ale až vyšší komunikační vrstvou. [12]

- **Stream pipe:**

Přenášená data nemají z pohledu USB specifikace žádnou strukturu a jejich skutečný význam zná až funkční vrstva. [12]



Obr. 25: Koncept koncových bodů [12]

USB specifikace rozlišuje celkem čtyři typy koncových bodů a příslušných kanálů a od toho se odvíjejí 4 typy přenosů. [12]

1.8.4 Typy datových přenosů / toků na USB

USB umožňuje výměnu dat a řídicích informací mezi hostitelským systémem a koncovým zařízením pomocí množiny jednosměrných či obousměrných rour. Každá z těchto rour je připojena k jednomu koncovému bodu (endpoint) daného zařízení. Komunikace v jednotlivých rourách je na sobě navzájem nezávislá. [3]

Specifikace USB obsahuje čtyři základní typy datových přenosů:

- **Řídící (control) přenosy** jsou používány ke konfiguraci zařízení při jeho připojení a mohou být použity k dalším účelům, jako např. k řízení dalších komunikačních rour. [3] K řízení hardwaru se používají řídicí dotazy zvané *Control requestes*. Pracují s vysokou prioritou a automatickým hlídáním chyb. Přenosová rychlost je vysoká, protože jedním dotazem je možno přenést až 64 byte. [1]
- **Hromadné (bulk) přenosy** slouží k přenosům velkého množství dat a jsou na ně kladena nejmenší omezení. [3] Vyžadují hlídání chyb, ale nejsou časově kritická. Typické příklady použití jsou tiskárna a skener. Rychlost přenosu se řídí podle

vytížení sběrnice, tj. používá se nízká priorita, [1] proto není vhodný pro časově kritické operace. [2]

- **Přerušovací (interrupt) přenosy** slouží ke včasnému a spolehlivému doručení dat, nejčastěji pro asynchronní události. [3] Zařízení, která periodicky posílají malá množství dat, jako např. myši a klávesnice, používají Interrupt-Transfer. Na rozdíl od toho, co by se snad dalo podle názvu očekávat, nevyvolává přerušení zařízení USB, což by ani u systému s jedním masterem nebylo možné. Naopak, systém se periodicky, např. každých 10ms, dotazuje na nová data. Typicky se přenáší 8 byte. [1]
- **Izochronní (isochronous) přenosy** zabírají předem smlouvené množství přenosového pásma a mají předem dohodnuté zpoždění. [1] Tento druh přenosů je také nazýván proudový přenos v reálném čase (streaming real-time transfer). [3] Izochronně se přenášejí velká množství dat s definovanou přenosovou rychlostí bez korekce chyb, [1] proto je tento způsob vhodný pro systémy, kdy je chyba přenosu menším zlem než jeho výpadek (například vnější zvukové karty). [2]

Některé druhy přenosů podrobněji:

Hromadné přenosy obsahují velká množství dat, např. data pro tiskárny nebo získaná ze scannerů. Hromadná data jsou přenášena sekvenčně a spolehlivost jejich přenosu je zajišťována detekcí chyb na hardwarové úrovni a omezeným počtem opakovaných pokusů. Šířka pásma, využitá hromadným přenosem, může být různá a záleží na ostatním provozu na sběrnici. [3]

Přerušovací přenosy přenášejí data do nebo ze zařízení. Zařízení může požádat o přenos těchto dat v kterýkoliv okamžik a tato data jsou doručena USB sběrnici v nejkratším možném čase. Nejčastěji se jedná o upozornění na nějakou událost, například na stisk klávesy na klávesnici nebo změnu pozice myši, tedy taková data, která zaberou jen několik bajtů. [3]

Izochronní přenosy ("stejnodobé", plynulé) jsou trvalé přenosy, u nichž probíhá vytváření, přenos a zpracování dat v reálném čase. Přesné časování přenosu je zajištěno rovnoměrným rozložením úseků, ve kterých jsou izochronní data přijímána a odesílána, v čase. Izochronní data musí být předávána hubem se stejnou frekvencí, s jakou jsou přijímána, aby bylo dodrženo časování. Tato data mohou být také citlivá na zpoždění při přenosu. Izochronní roury mívají šířku přenosového pásma odvozenou nejčastěji od vzorkovací frekvence daného zařízení. Požadavky na zpoždění (latency) jsou dány velikostí vyrovnávací paměti daného koncového bodu.

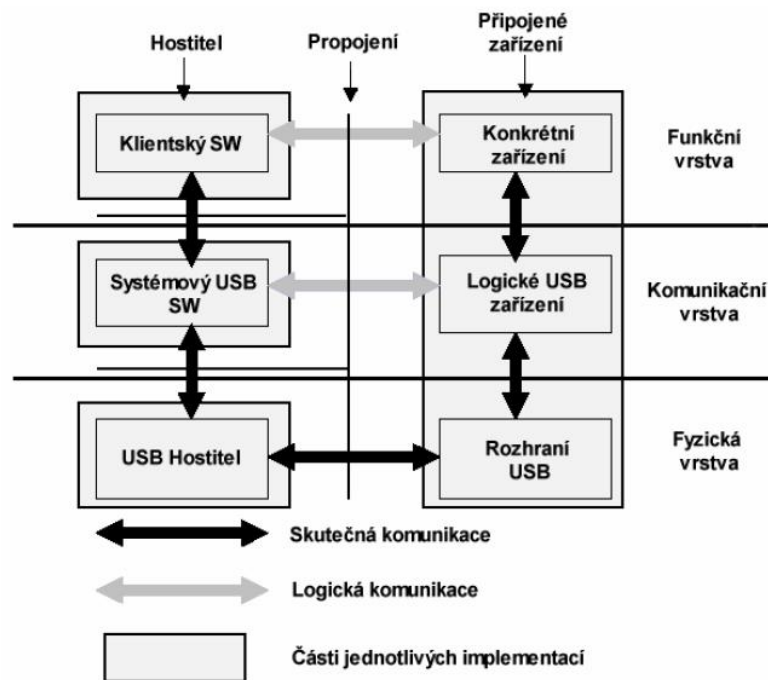
Typický příklad izochronních dat je digitálně zpracovaný hlas. Pokud není zajištěn stejnoměrný tok dat, objeví se ve výsledném zvuku výpadky, způsobené podtečením či přetečením bufferů. I v případě, že jsou data doručována v pravidelných intervalech, může zpoždění při přenosu vést až k nepoužitelným výsledkům, zejména v aplikacích vyžadujících plynulou a rychlou odezvu v reálném čase, jako jsou např. audiokonference.

Za přesně časované doručování izochronních dat se na druhou stranu platí rizikem možných ztrát při přenosu. Případná chyba při přenosu není totiž opravena hardwarovými prostředky, jako jsou např. opakovaná vysílání. V praxi se předpokládá, že ztráty dat nebudou tak velké, aby přinesly problémy.

Pro aplikace v oblasti měření, řízení a regulace se nabízí především řídicí přenos (*Control transfer*). Zde se snoubí vysoká bezpečnost dat s vysokou přenosovou rychlostí. Je možno snadno realizovat vlastní přenosové protokoly, které jsou přiměřené příslušné úloze. [3]

1.8.5 Model toku dat

Na následujícím obrázku jsou zobrazeny jednotlivé vrstvy, které mají na starosti jednotlivé operace a přes které prochází data. [12]



Obr. 26: Vrstvový model toku dat [12]

- **Fyzická vrstva:**

Stará se o fyzický přenos dat. Jde o konkrétní HW, který je většinou implementován na základní desce počítače. Společně s ovladačem pro daný USB obvod je tato část zodpovědná za příjem a vysílání paketů včetně generování a kontrolu CRC. Díky ovladači poskytuje standardní rozhraní pro vyšší vrstvu. Ta je tak nezávislá na konkrétní HW implementaci. [12]

- **Komunikační vrstva:**

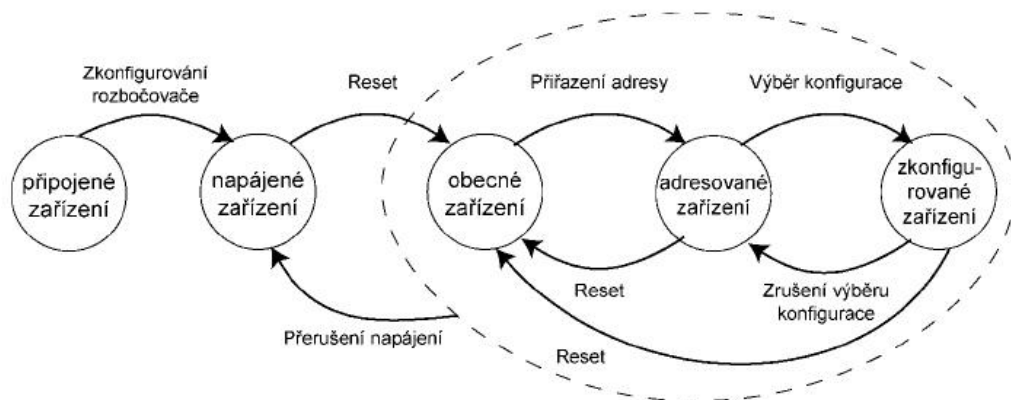
Na této úrovni probíhá **detekce a konfigurace zařízení** a následný přenos dat. Skládá se ze dvou částí. Nižší je zodpovědná za správu a řízení zařízení. Je pevnou součástí systému. Vyšší část je reprezentována ovladačem konkrétního zařízení a zodpovídá za příjem požadavků z vyšší vrstvy, jejich transformaci a předávání vrstvě nižší. [12]

- **Funkční vrstva:**

Typickým představitelem je konkrétní **klientský SW**, který chce komunikovat se „svým“ zařízením. Nezajímá se jak přesně je zařízení připojeno, požaduje poze bezchybná přenos dat. [12]

1.8.6 Enumerace (rozpoznání zařízení)

Zvláštní výhodou sběrnice USB je automatické rozpoznávání nově připojených zařízení (*plug-and-play*). Operační systém musí být schopen dotazovat se na informace o zařízení, které mu umožní načíst vhodný ovladač a komunikovat pak se zařízením odpovídajícím způsobem. Nové zařízení je přitom ohlášeno (enumerace), obdrží svou sběrnicovou adresu a je podporováno speciálním ovladačem. Enumeraci provádí operační systém zcela samostatně. Ani uživatelský program, ani uživatel nemusí nic dělat. Jen při prvním připojení se může stát, že systém bude požadovat disketu s vhodným ovladačem. Mnoho ovladačů však již je v systému k dispozici a automaticky je nalezeno. [1]



Obr. 27: Průběh enumerace [9]

Celý postup enumerace spočívá v tom, že operační systém se dotazuje nově připojeného zařízení na určité informace ve formě tzv. deskriptorů. Jedná se o přesně

definované bloky bytů dat. PC požaduje tato data prostřednictvím odpovídajících řídicích dotazů přes endpoint 0⁶ zařízení. [1]

Při připojení nového zařízení proběhnou následující kroky: [11]

1. zařízení zdvihne D+ nebo D-
2. hub informuje host, že je připojeno nové zařízení
3. host se zeptá, na jaký port je připojeno
4. host tento port aktivuje a provede reset USB sběrnice
5. hub dá zařízení proud 100mA, zařízení se resetuje
6. zařízení má nyní dočasně adresu 0
7. host si přečte začátek deskriptoru se základními údaji
8. host přiřadí zařízení jeho adresu
9. host si načte zbývající údaje deskriptoru
10. host přiřadí zařízení jednu z jeho konfigurací

1.8.7 Deskriptory zařízení

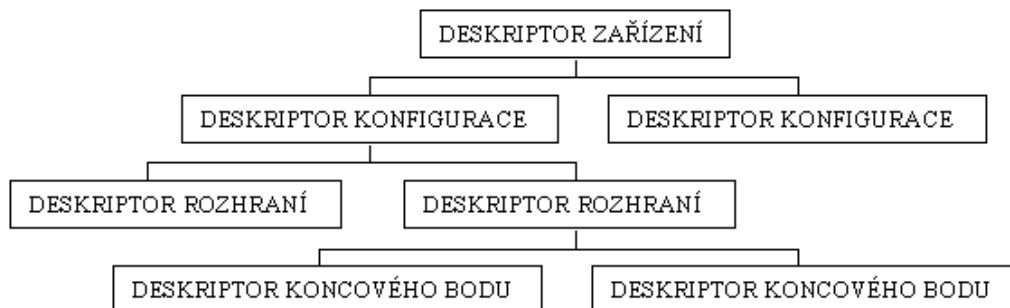
Univerzálnost sběrnice USB je také založena na možnosti připojovat k hostiteli zařízení různého charakteru. Tuto vlastnost umožňují deskriptory, kterými je zařízení popsáno pro potřeby sběrnice a toku dat. Jsou to datové struktury definovaného formátu, které zařízení vyšle jako reakci na požadavek hostitele. Je definováno několik typů deskriptorů: [9]

- **deskriptor zařízení** - je pouze jeden, obsahuje informace o podporované rychlosti, dvojici VID/PID a počet konfigurací zařízení [4]

⁶ Endpointy jiné než endpoint 0 jsou po připojení v nedefinovaném stavu a nesmí k nim být přistupováno až do doby než je zařízení nakonfigurováno. [3]

- **deskriptory konfigurace** - každé zařízení může mít více konfigurací: např. pokud je připojeno jen k napájení sběrnice, komunikuje na high-speed, pokud je připojeno k externímu zdroji, zapne rychlost full. Aktivní může být jen jediná z nich. Deskriptory obsahují např. spotřebu, typ napájení a počet rozhraní. [4]
- **deskriptor rozhraní** - každá konfigurace může mít několik současně zapnutých rozhraní. Představme si např. multifunkční přístroj kombinující fax, tiskárnu a scanner. [4]
- **deskriptor koncového bodu** [4]

Správné nastavení deskriptorů je jednou z podmínek úspěšné enumerace zařízení. Každý deskriptor začíná dvoubajtovou hlavičkou, první bajt je délka deskriptoru a druhý je identifikátor typu deskriptoru. [9]

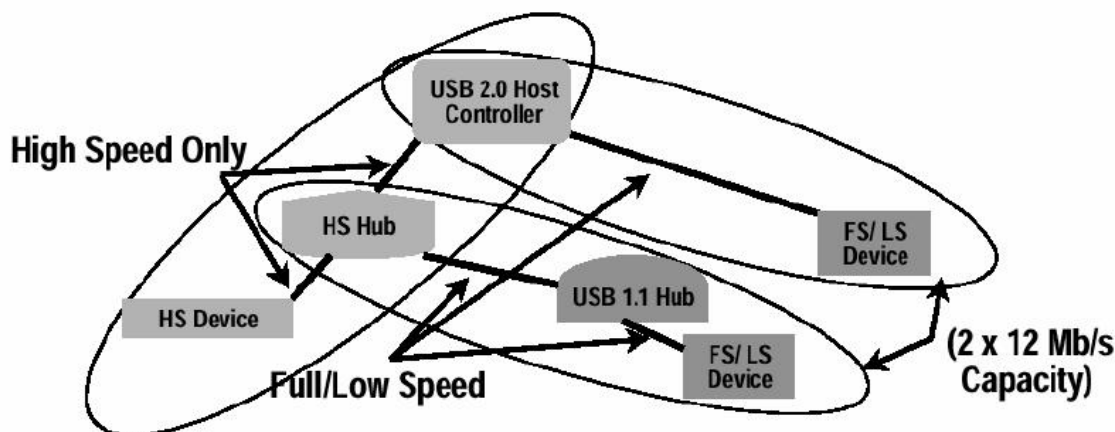


Obr. 28: Hierarchie deskriptorů [9]

1.8.8 Způsob komunikace mezi jednotlivými revizemi USB

Verze USB 1.1 podporuje pouze zařízení LS (Low Speed) a FS (Full Speed). Nová revize zachovává zpětnou kompatibilitu a navíc podporuje HS (High Speed) zařízení. Z toho důvodu jsou z pohledu revize sběrnice funkční téměř všechny kombinace USB zařízení a hostitelů. V další úvaze předpokládejme jak USB hostitele, tak USB zařízení podle verze 1.1. Pokud je zařízení připojeno k počítači pomocí dalšího rozbočovače, samotné zařízení komunikuje se svým rozbočovačem podle pravidel pro zařízení LS. Hostitel však posílá požadavky na zařízení podle pravidel zařízení FS, protože rozbočovač je zařízení typu FS. Z výše uvedeného je patrné, že rozbočovač musí obsahovat vyrovnávací paměť a mít jistou „inteligenci“. Je také rozdíl ve fyzické signalizaci pro FS a

LS zařízení a rozbočovač musí být schopen transformovat i příslušné signály. Zařízení typu HS používá principiálně úplně jinou signalizaci. Na obr. 26 jsou znázorněny komunikační rychlosti pro kombinaci rozbočovačů a zařízení podle oboru revizí specifikace. [12]



Obr. 29: Rychlost komunikace mezi jednotlivými zařízeními [12]

1.8.9 Hot swap, Plug & Play

Hot Swap: možnost vložit a vyjmout zařízení za běhu počítače bez nutnosti restartu, aniž by hrozilo zhroucení systému. Při připojení se zařízení ohlásí operačnímu systému přerušením. Hot Swap musí být podporován jak zařízením (např. pevným diskem), tak i řadičem na základní desce.

Plug & Play: Standard pro automatické rozpoznání zařízení připojených k počítači. Jde o sadu specifikací vyvinutou firmami Compaq, Intel a Phoenix, která počítačům umožňuje automaticky zjistit a konfigurovat zařízení a nainstalovat příslušné ovladače zařízení. Po zapojení P&P zařízení do P&P systému sdělí zařízení samo systému svoje požadavky a ten je pak příslušně nakonfiguruje. Každé P&P zařízení musí být jedinečně identifikováno, musí být schopno sdělit systému typ služeb, který poskytuje, a svoje požadavky na zdroje, musí rozpoznat ovladač, který ho podporuje, a musí umožnit systému svoje nakonfigurování.

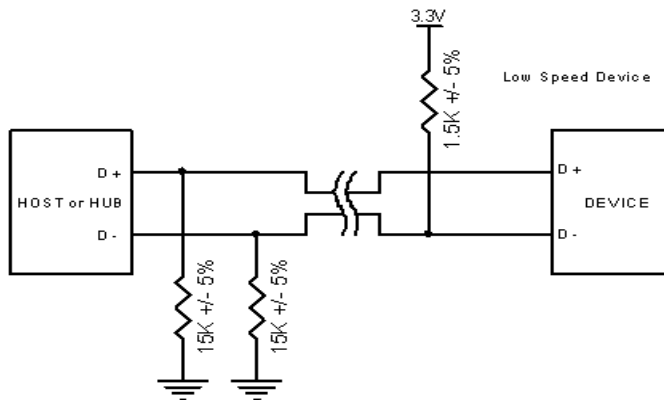
Tab. 4: Srovnání kroků potřebných k instalování SCSI a USB skenerů [15]

Windows 95 s SCSI-skenerem	Windows 98 s USB-skenerem
<ol style="list-style-type: none"> 1. Instalujte software skeneru z disku CD-ROM. 2. Otevřete skříň počítače. 3. Instalujte kartu SCSI do dostupného slotu EISA. 4. Zavřete skříň. 5. Restartujte systém, aby mohl rozeznat kartu SCSI. 6. Vypněte počítač. 7. Připojte skener. 8. Restartujte systém, aby mohl identifikovat skener. 9. Najděte a otevřete aplikaci pro skenování, která se distribuuje se skenerem. 10. Vyberte Scanner v nabídce File. 11. Vyberte Scan v nabídce File. 12. Naskenujte obrázek. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Připojte skener s rozhraním USB. 2. Stiskněte tlačítko scanner. 3. Stiskněte "scan" v uživatelském rozhraní, které zobrazilo applet Windows.

1.8.10 Definice rychlosti zařízení

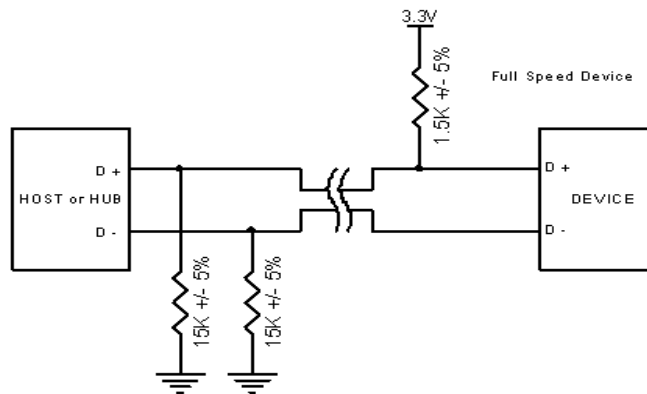
Pro správnou definici rychlosti je určen speciální nastavovací režim, kdy je D+ nebo D- připojeno k 3.3V. [6]

Full speed zařízení připojí rezistor u D+, čímž definují svoji rychlost. Tyto odpory jsou použity zároveň protistranou k detekci, zda je na protistraně připojeno USB zařízení. [6]



Obr. 30: Low Speed Device - pull up odpor na D- [6]

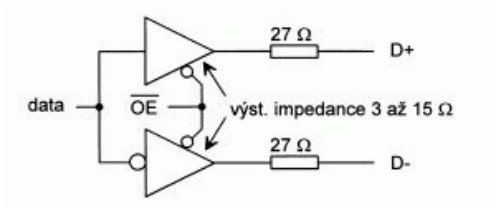
Zařízení podporující High Speed se připojují stejně, jako v režimu Full Speed. a směnu rychlosti pak řeší softwarově. Zařízení podle standardu USB 1.1 nemusejí podporovat Full Speed, což umožňuje produkovat levnější rozhraní v aplikacích, kde není kritická rychlost. Totéž platí pro USB 2.0, jehož zařízení nemusejí podporovat High Speed. [6]



Obr. 31: Full Speed Device - pull up odpor na D+ [6]

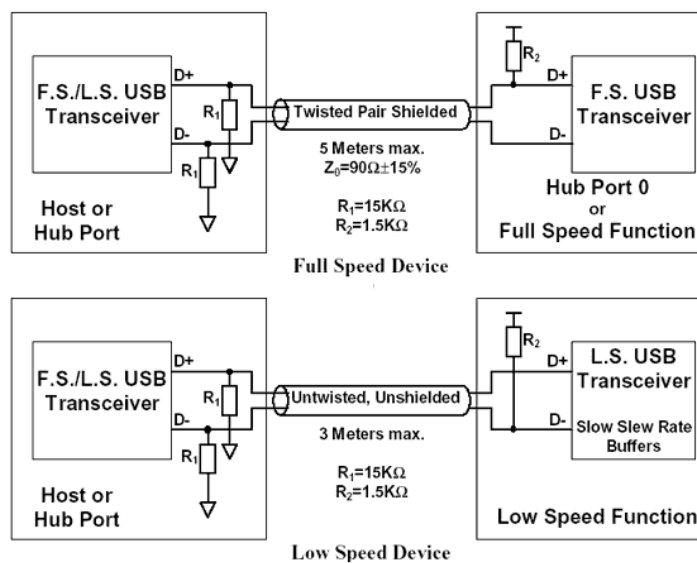
Napěťové úrovně jsou přibližně TTL - logická nula je 0,3V se zatížením do 1,5kOhmu proti napájení, logická jednička 2,8V se zatížením do 15 kOhmů proti zemi. Pro využití maximální přenosové rychlosti (12Mbps) může být kabel dlouhý max. 5 metrů přičemž musí být stíněný a kroucený, pro nízkorychlostní přenosy (do 1,5Mbps) může být použit nestíněný a nekroucený kabel s max. délkou 3 metry. Terminátory s impedancí 90 Ohmů jsou součástí hubů. [6], [16]

Pro přenosové rychlosti do 1,5 Mb/s nemusí být datové vodiče zkrouceny, nemusí být použito stínění a maximální délka takového kabelu je 3 m. Přenosová impedance kabelu je v obou případech 60 W. Pro obě varianty je použito diferenční zapojení vysílačů. [6]



Obr. 32: Datové vodiče [6]

Minimální diferenční vstupní napětí přijímače je 200 mV při souhlasném rušivém napětí až 2,6 V. Rozhraní USB zařízení jsou dále doplněna zakončovacími odpory, podle výše uvedené definice rychlosti rozhraní. [6]



Obr. 33: Rozhraní USB a zakončovací odpory [6]

1.9 Ovladače a jejich volání

Funkci ovladače je možno obecně popsat jako spojovací článek mezi hardwarem a softwarem systému. Pod Windows se nesmí žádný uživatelský program obracet přímo na hardware. Musí se vyvolat ovladač, který se na hardware obrací přímo nebo

prostřednictvím hlubších vrstev ovladačů. Programy pracují v uživatelském režimu (*user mode*) a nemají žádná přístupová práva k hardwaru. Ovladače pracují v režimu jádra operačního systému (*kernel mode*) čili v privilegovaném režimu s většími právy. Na ovladač se pohlíží jako na virtuální zařízení, tj. uživatelský program se na ovladač obrací, jako by to bylo samotné zařízení.

Všechny ovladače USB jsou založeny na modelu Win32-Driver. Všechna volání ovladače probíhají prostřednictvím Správce vstupu/výstupu (*I/O Manager*). Různé uživatelské programy vysílají současně pakety dotazů Správci vstupu/výstupu, který je pak rozděluje jednotlivým ovladačům. V případě USB probíhá několik dotazů (*requests*) od různých programů prostřednictvím různých ovladačů zařízení k jednomu obecnému ovladači USB, který nakonec obsluhuje všechna připojená zařízení. Každý ovladač zařízení budí hlouběji ležící ovladač USB operačního systému. Ten slučí jednotlivé dotazy do celkových paketů a budí jimi hardware. [1]

2 OBVODY FTDI

Firma Future Technology Devices International (FTDI) byla založena roku 1990 a sídlí ve skotském Glasgow. Specializuje se na konverzi klasických periférií PC na Universal Serial Bus (USB). Ucelená řešení firmy FTDI redukuje náklady na vývoj a ladění aplikací připojených k PC a zkracují dobu nutnou k uvedení výrobku na trh - díky kombinaci

součástek a volně dostupných softwarových driverů pro Windows, Linux a Mac. [17]



Obr. 34: Logo FTDI

2.1 Obvod FT232BM

Obvod FT232BM je již druhou generací populárního USB konvertoru. Tato součástka však pouze nepřidává nové funkce do svého předchůdce (FT8U232AM), ale navíc zachovává částečnou vývodovou kompatibilitu a redukuje počet vnějších součástek. Tím se snižují náklady na vývoj a výrobu zařízení a otevírají se nové možnosti v dalších aplikačních oblastech. [2]



Obr. 35: FT232BM

2.1.1 Stručná charakteristika

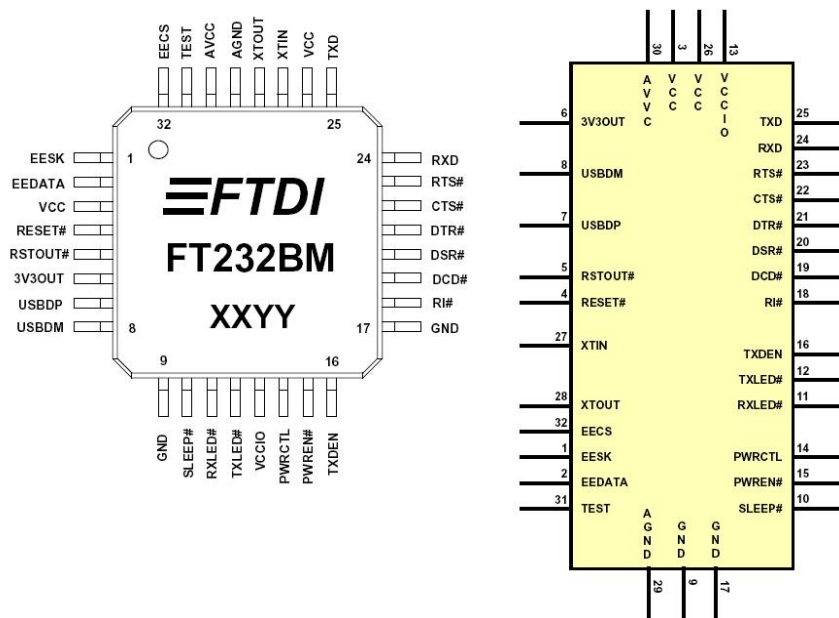
- převodník USB – UART
- 7-bitový nebo 8-bitový přenos, podpora ½ stop-bitů a parity (lichá/sudá/značená/mezerová/bez parity)
- kompatibilita se standardy USB 1.1 nebo 2.0 (částečná - pouze Full Speed)
- přenosová rychlost: 300 – 1000 Bd (RS232)

300 – 3000 Bd (TTL, TS422/RS485)

- HW nebo SW handshake⁷
- uložení VID, PID, sériového čísla a popis výrobku do vnější EEPROM
- **EEPROM programovatelná přímo v aplikaci přes USB** [2], [11]

2.1.2 Popis obvodu

Jedná se o konvertor USB – UART⁸ s přenosovou rychlostí 300 Bd až 3 MBd. K dispozici je i plně hardwarové řízení přenosu - signály RTS, CTS, DTR, DSR, DCD a RI, a navíc signál TXDEN pro spolupráci s konvertory úrovně RS485. V obvodu je zabudována dvouportová vyrovnávací paměť o velikosti 128 B ve směru od PC k aplikaci a 384 B ve směru k PC. [16]

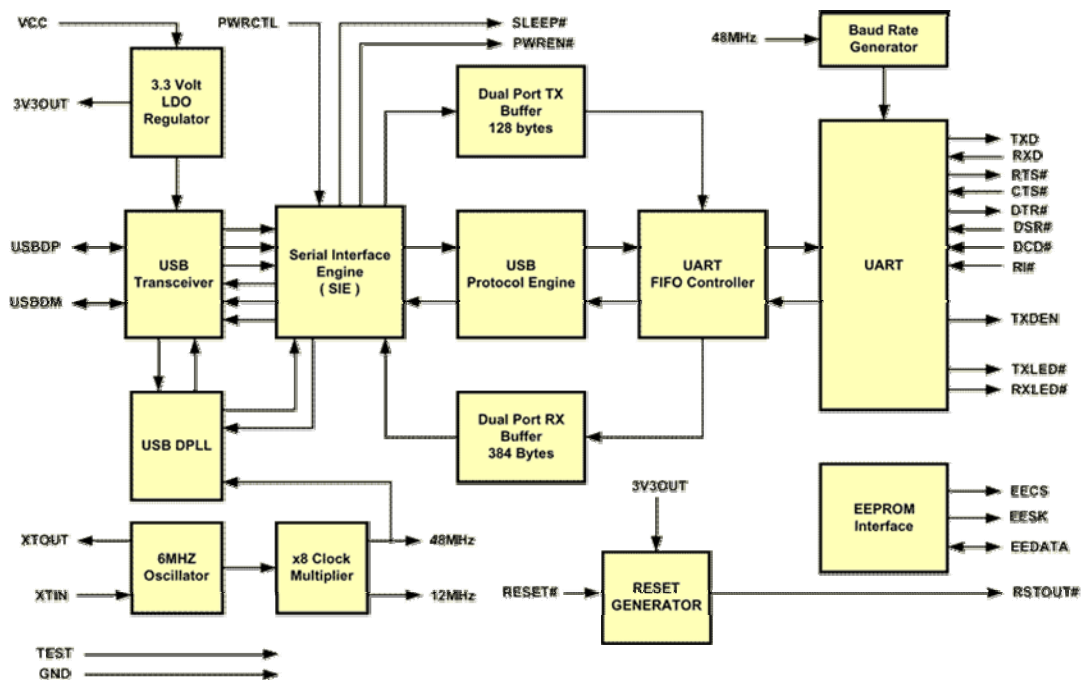


Obr. 36: Rozložení vývodů na FT232BM [18]

⁷ Posloupnost signálů potvrzující, že mezi počítači nebo jinými zařízeními může proběhnout komunikace. Hardwarová metoda handshake spočívá ve výměně signálů pomocí specifických vodičů (nikoli datových vodičů), jimiž zařízení indikuje svoji připravenost přijímat nebo odesílat data. Softwarová metoda handshake se skládá ze signálů přenesených týmiž vodiči, které slouží k přenosu dat, a je obdobou komunikace modemů po telefonních linkách.

⁸ Sběrnice UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) – přenos je realizován pomocí asynchronního protokolu RS-232 formou dotaz-odpověď.

Převodníky podporují protokol USB 1.1 (resp. USB 2.0 s rychlostí 12 Mbit/s), možnost připojení externí EEPROM obsahující uživatelské sériové číslo nebo identifikační řetězec, možnost napájení 4,4 V až 5,25 V přímo z USB (zabudovaný 3,3V regulátor), integrovaný násobič kmitočtu 6 MHz - 48 MHz pro časování USB operací. Proudová spotřeba je max. 50 mA při normálním provozu a max. 200 μ A v režimu USB Suspend (250 μ A u verze FT8U232AM). Obvody se vyrábějí v kompaktním pouzdře MQFP (velikost 7×7 mm) s 32 vývody o rozteči 0,8 mm. Uživatel snadno přistupuje ke koncovému UARTu nebo FIFO portu prostřednictvím ovladačů VCP (Virtual COM Port) dodávaných pro platformy Windows 98SE/ME/NT4/2K/XP, Apple OS8/OS9 a Linux, tak jako by obsluhoval standardní COM porty (např. pomocí Win API). K dispozici jsou také přímé ovladače a příklady pro Borland C++ Builder a Delphi a Microsoft Visual C++ a Visual Basic. Ovladače jsou volně dostupné na Internetu. Použití uvedených integrovaných obvodů tedy není zatíženo žádnými dalšími skrytými náklady (nákup návrhového systému, placení licenčních poplatků apod.). [16]



Obr. 37: Blokové schéma FT232BM [18]

FT232BM má oproti verzi AM vestavěný resetovací obvod, isochronní přenosový mód, BitBang mód, nové dělicí poměry (FT232). [16]

3 MICROCHIP

Firma Microchip Technology Inc. (USA, Arizona) vyvíjí a vyrábí osmibitové RISC mikrokontroléry PIC, sériové paměti EEPROM, paralelní paměti EEPROM a EPROM, budiče LCD displejů a velmi zajímavý sortiment převážně analogových součástek: inteligentní obvody pro napájení a bateriové aplikace (nabíjení, lineární i spínané regulátory, monitory stavu baterií, resetovací obvody, teplotní senzory, řízení

ventilátorů, ...), operační zesilovače, A/D a D/A převodníky a řadu dalších. [19]



Obr. 38: Logo Microchip

3.1 Obvod TC1320

Jedná se o D/A převodník od firmy Microchip ovládaný sériovou sběrnicí. [2]

3.1.1 Stručná charakteristika

- 8 bitové rozlišení
- integrální nelinearita ± 2 LSB, diferenciální nelinearita $\pm 0,8$ LSB
- jednoduché napájení v rozsahu 2,7 až 5,5 V
- zabudovaná funkce Power-On reset (vynulování pro připojení napájecího napětí)
- komunikace pomocí sběrnice I^2C
- klidový odběr $350 \mu A$, snížený odběr $0,5 \mu A$
- k dispozici pouze v 8vývodových pouzdrech pro plošnou montáž: SOIC (značení TC1320EOA) nebo MSOP (TC1320EUA) [2]

3.1.2 Popis obvodu

U_{cc} – napájecí napětí

GND – signálová a napájecí zem

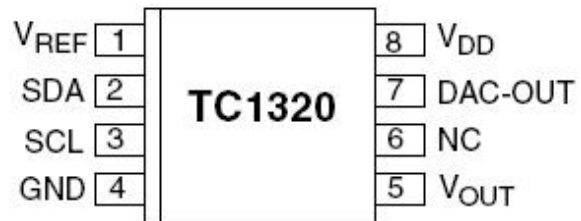
U_{ref} – referenční napětí

DAC-OUT – přímý výstup

U_{out} – buferovaný výstup

SDA, SCL – linky sběrnice I^2C

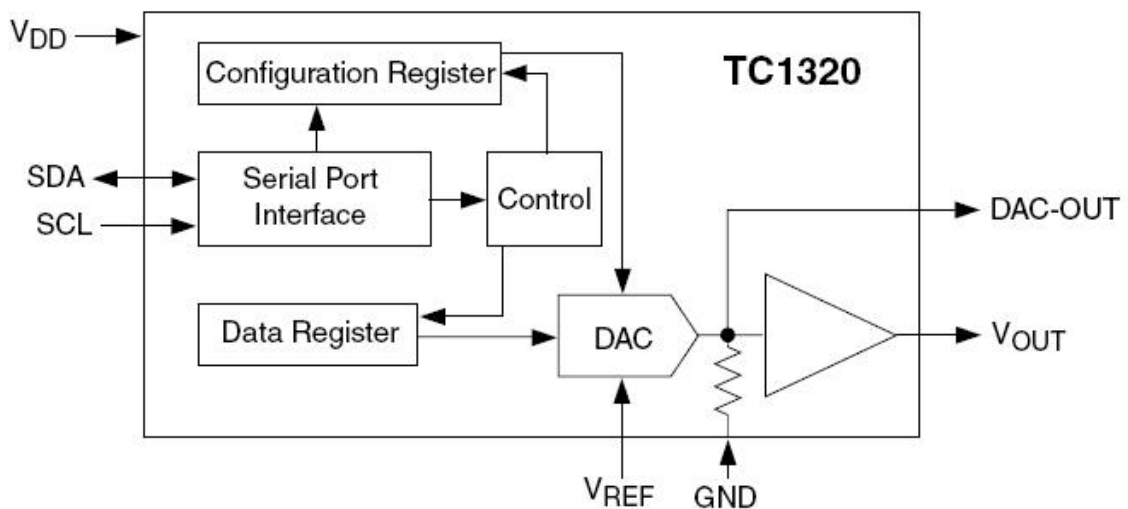
[2]



Obr. 39: Rozložení vývodů na pouzdech SOIC a MSOP

3.1.3 Vnitřní schéma obvodu

Napájení v rozsahu 2,7 až 5,5V se připojuje mezi vývody GND a U_{cc} . Referenční napětí odpovídá vývodu U_{ref} a musí být v rozsahu 0 až $U_{cc} - 1,2V$. [2]



Obr. 40: Vnitřní zapojení obvodu TC1320

Výstupy jsou dva. První výstup je označen DAC-OUT, jedná se o přímý výstup D/A převodníku, který má poměrně velký výstupní odpor (lze jej zatěžovat pouze vysokým odporem). Druhý výstup je označen U_{out} a odpovídá výstupu ze sledovače (buferovaný výstup). Dále je obvod opatřen linkami sériové sběrnice I^2C (SDA a SCL). [2]

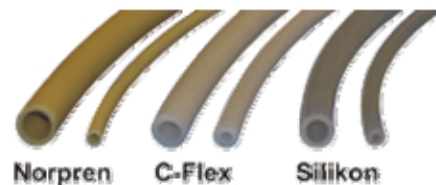
4 PERISTALTICKÁ ČERPADLA

Peristaltická čerpadla jsou určena pro čerpání kapalin s nastavitelným výkonem v rozsahu 0,001 -12 ml/min, dle použitého čerpacího segmentu PCD CV4 – CV1, při tlaku do 50 kPa. Výkon čerpadla je dán úrovní externího řídicího napětí 0,15 – 5V. Do napětí 0,15V (ofset) je čerpadlo blokováno.



Obr. 41: Peristaltická čerpadla [21]

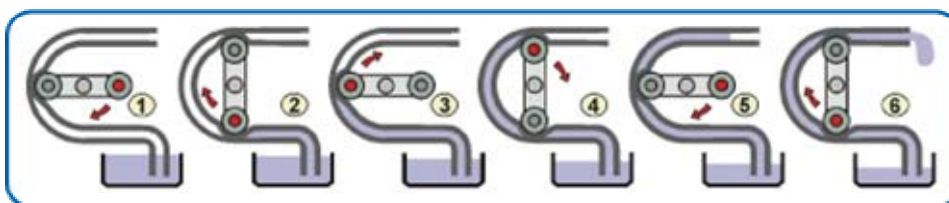
Čerpadla lze použít pouze pro čerpání látek kompatibilních se Silikonem, Norpenem, Tygonem, Vitonem nebo případně s C-Flexem! [20], [21]



Obr. 42: Hadičky

Peristaltická dávkovací čerpadla využívají obecného principu rotační peristaltiky. Tím, že do styku s čerpaným médiem dochází pouze čerpací hadička, je zajištěna těsnost a snadná dekontaminace. Volbou vhodného materiálu hadičky je možno dosáhnout široké chemické kompatibility. [21]

4.1 Princip činnosti



Obr. 43: Princip činnosti peristaltického čerpadla [21]

Čerpadla jsou samonasávací a jejich výkon je obecně dán vnitřním průměrem hadičky a otáčkami, průměrem a počtem kladiček rotoru. Vzhledem k tomu, že nasávání čerpadla je limitováno pružností hadičky (schopností udržet geometrický tvar - nezmáčknout se), může sací výška ovlivnit výkon čerpadla. Použitím hadičky se silnější stěnou to lze eliminovat, avšak dochází k většímu zatížení čerpací mechaniky a je to také omezeno konstrukcí čerpadla.

Jistou nevýhodou peristaltických čerpadel je pulsující proud media, což je dáno zaškrcením hadičky kladičkou. To lze omezit vhodnou kombinací menšího průměru hadičky a vyšších otáček nebo pružnou hadičkou na výstupu čerpadla s mírným zaškrcením na konci, případně zvýšením počtu kladiček (sníží se tím ovšem podstatně výkon čerpadla).

Nedostatkem může být také vliv způsobu založení čerpací hadičky do čerpadla na jeho výkon (cca 5%), což však lze jednoduše eliminovat kalibrací pro dané provozní podmínky. Určitým omezením je i životnost čerpací hadičky -dle použitého materiálu hadičky a provozních podmínek je cca 50 - 1000 hodin.

Obecně lze peristaltická čerpadla doporučit pro aplikace, kde je vyžadována těsnost, chemická kompatibilita, přesné dávkování a potřeba rychlé obměny čerpaného media. [21]

4.2 Rozdělení

Přístroje PCD lze rozdělit ze dvou hledisek, a to podle způsobu použití/řízení na čerpadla a dávkovače a nebo podle provedení vlastního čerpadla (čerpací hlavy) na čerpadla se silikonovým čerpacím segmentem a čerpadla s opěrnou dráhou (společné pro čerpadla i dávkovače). [21]

4.2.1 Rozdíl mezi čerpadly a dávkovači

Čerpadla: Čerpají kontinuálně medium s nastaveným výkonem, který je dán otáčkami rotoru čerpadla a rozměry hadičky (max.výkon je dán nejvyššími dosažitelnými otáčkami pro daný typ čerpadla a použitou hadičku). Otáčky rotoru jsou regulovány - tj. je regulován výkon čerpadla číslicovým přepínačem v rozsahu 001 - 999 , resp. 01 - 99 u provedení s regulací impulsy a frekvencí (verze P a F) nebo externím řídicím napětím 0 - 100% (verze E1V , E5V). [21]

Dávkovače: U dávkovačů jsou načítány impulsy pohonu krokového motoru (400 kroků na 1 otáčku), tj. úhel natočení na jedno spuštění, což reprezentuje definovaný objem media – dávku (konkrétní objem však závisí i na rozměrech hadičky). Po spuštění načerpají tuto nastavenou dávku konstantním výkonem. Nastavení objemu dávky se provádí číslicovým přepínačem 010 - 999 (ml). Dávkovače umožňují přepnutí do režimu čerpadla pro zaplnění nebo propláchnutí hadičky (konstantní výkon). Spouštět dávkování lze i externím spouštěčem (PCD NS, SS, RS). [21]

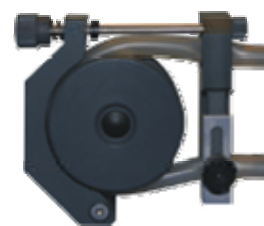
4.2.2 Rozdíl mezi čerpadly se silikonovým čerpacím segmentem a čerpadly s opěrnou dráhou

- **Silikonový segment:**



Obr. 44: Silikonový segment

- **Opěrná dráha:**



Obr. 45: Opěrná dráha

Jsou určena pro čerpání méně agresivních a viskozních kapalin, plně kompatibilních se silikonovou hadičkou (vodné roztoky, zásady), pro slabší kyseliny lze případně použít hadičku z C-Flexu (3x dražší). čerpadlo nemá opěrnou dráhu a hadička je utěsněna svým napětím přes kladičky rotoru. Dosažitelný podtlak v sání je do 35 kPa a tlak na výstupu do 50 kPa. [21]

Jsou určena i pro čerpání agresivních a viskozních kapalin, při použití odpovídajících hadiček z kompatibilního materiálu (silikon, Tygon, Norpren, C-Flex, Viton). Odklopná opěrná dráha umožňuje snadné a rychlé založení hadičky do čerpadla, opěrná dráha je odpružená a přítlak je možno regulovat. dosažitelný podtlak v sání je do 50 kPa a tlak na výstupu do 200 kPa. [21]

5 EAGLE – PROGRAM PRO NÁVRH PLOŠNÝCH SPOJŮ

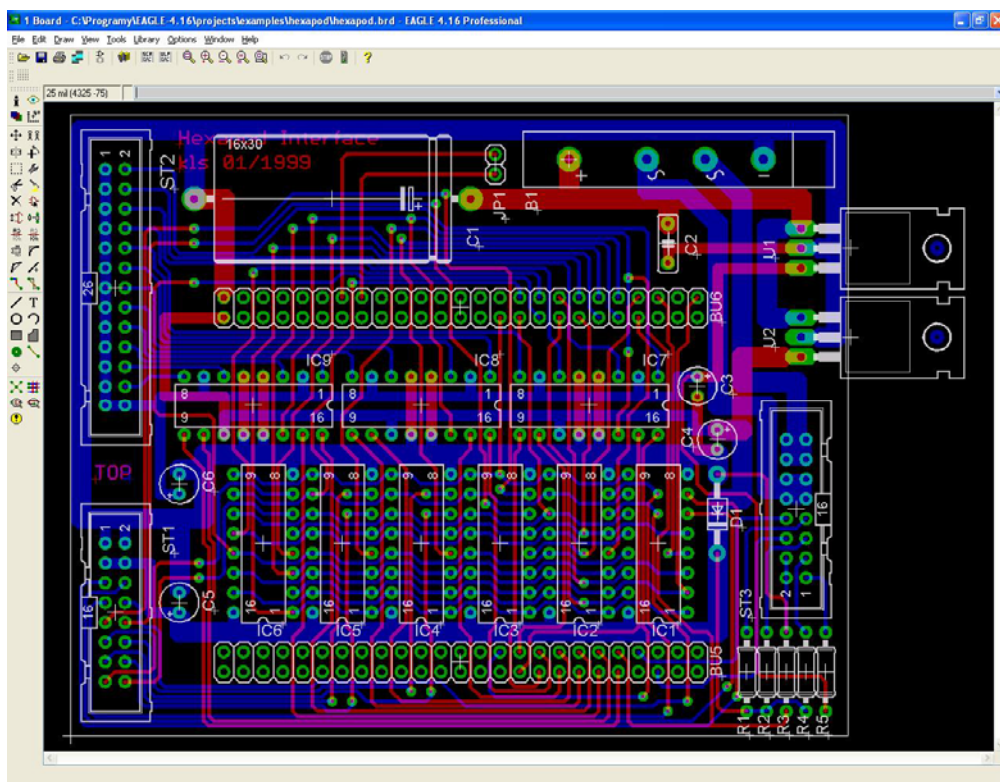
Eagle (Easily Applicable Graphical Layout Editor) program pro návrh a editaci elektronických schémat a plošných spojů. [7], [8]

5.1 Hlavní moduly programu

- Editor spojů
- Editor schémat
- Autorouter

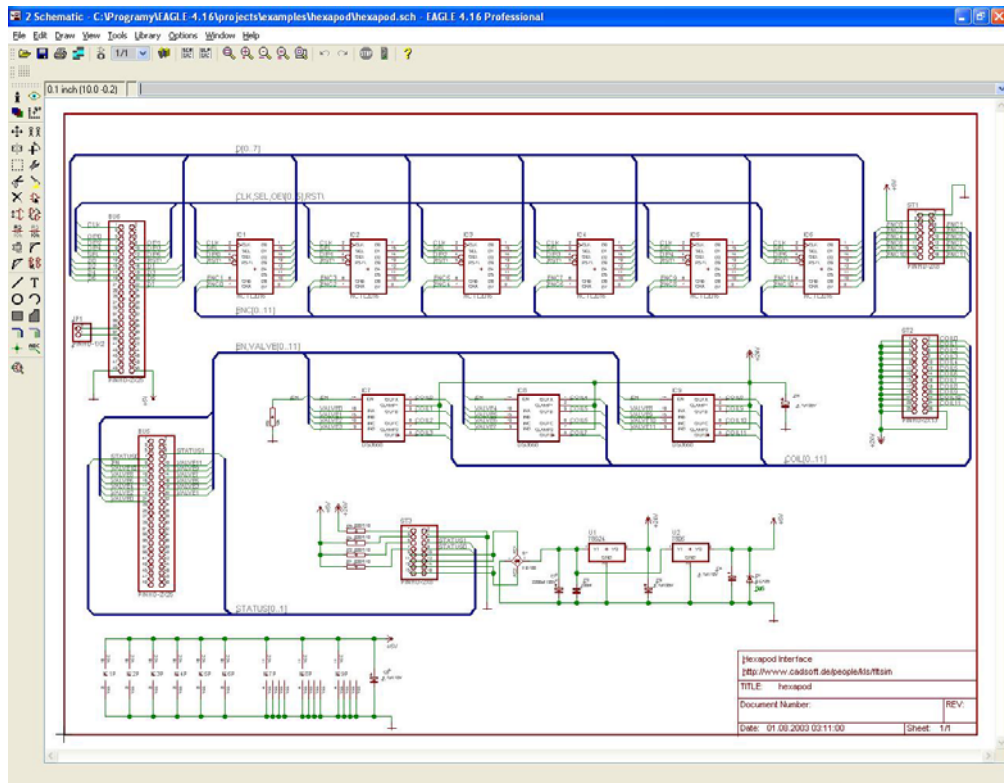
5.2 Vlastnosti jednotlivých modulů

Editor spojů - umožňuje navrhovat desku plošného spoje o velikosti až 1,6 x 1,6 m při rozlišení 1/10.000 mm (0,1 mikronu). Můžete použít klasické i SMD součástky, které jsou uloženy v knihovně součástek, která se standardně dodává s programem. Pokud se vaše součástka nenachází v knihovně, můžete si ji sami vytvořit v editoru. Použít můžete až 16 signálových vrstev. [7], [8]



Obr. 46: Editor spojů

Editor schémat - schéma je možné navrhnout až na 99 listů. Desku ze schématu vytvoříte jediným jednoduchým příkazem. [7], [8]



Obr. 47: Editor schémat

Autorouter - modul pro automatické rozmístění součástek na desce a jejich propojení vodiči. Uživatel samozřejmě může nastavit pravidla propojování. [7], [8]

5.3 Požadavky na systém

- PC Pentium (nebo lepší)
- Windows 95/98/NT4/2000 nebo Linux (kernel 2.x nebo vyšší)
- myš
- alespoň 32 MB RAM
- pevný disk s alespoň 20 MB volného místa [7], [8]

6 PROGRAMOVACÍ JAZYK C++

6.1 Základní pojmy

Programovací jazyk je nástroj, pomocí kterého zapisujeme algoritmus⁹ ve formě bližší člověku. Programovací jazyky dělíme na nízkoúrovňové - LLL (Low Level Language), a vysokoúrovňové (HLL - High Level Language).

Nízkoúrovňové jazyky využívají především zápisu instrukcí procesoru. Pro své vlastnosti jsou používány hlavně odborníky v systémovém programování - a to především díky tomu, že umožňují větší kontrolu nad počítačem a hardware samotným. Nevýhodou může být hardwarová závislost. Mezi nízkoúrovňové jazyky bezpochyby patří Assembler.

Vysokoúrovňové jazyky používají pro zápis algoritmů postupy bližší lidskému chápání. Algoritmus se zapisuje pomocí příkazů, které nakonec tvoří samotný program. Ve většině prog. jazyků je každý příkaz zakončen středníkem (;). Příkladem vysokoúrovňového jazyka by mohl být Pascal, Turbo Pascal, Fortran, Basic.

C++ je ale trochu jiný, především proto, že v sobě spojuje obojí, a to jak nízkoúrovňové, tak i vysokoúrovňové vlastnosti. To z něj vytváří jeden z nejrozšířenějších a nejvýkonnějších jazyků, co kdy spatřily světlo světa. [22]

6.2 Historie

C++ navrhl Bjarne Stroustrup. Příčinou byla jeho negativní zkušenost z disertační práce, jež obsahovala program v jazyce Simula. Tento (na svou dobu velmi

⁹ Algoritmus se dá stručně nazvat jako určitý postup řešení daného problému. Je to předem daná posloupnost více kroků, ze které pak vzniká program. Program sám o sobě předepisuje počítači množinu procedur (funkcí, algoritmů), kterými se daný počítač řídí, aby provedl určitý výstup. Je to téměř jako recept, který předepisuje kuchaři postup, jak upéct lahodný koláč. Aby mohl být algoritmus na počítači prováděn, musíme ho počítači (respektivě procesoru) předat "zakódovaný", tedy přeložený z řeči lidí do řeči strojů. Tak například čísla nebo znaky musíme počítači předávat ve dvojkové soustavě. Protože člověk je tvor lenivý, vytvořil si program, který tohle všechno udělá za něj - překladač (angl. compiler). Ten je pro každý programovací jazyk odlišný, protože každý jazyk bude mít jiný způsob, jak program v něm napsaný převádět. [22]

moderní) objektivě orientovaný jazyk mu umožnil efektivní analýzu problému a vývoj programu, ale pro použití na reálných datech byl příliš pomalý. Alternativu poskytovaly nižší jazyky, zejména BCPL - prapředek dnešního C. Ty byly dostatečně rychlé, ale neumožnily dostatečně přirozený návrh a tím i efektivní vývoj programu. [23]



Obr. 48: C++

Později v Bellových laboratořích řešil Stroustrup podobný problém jako ve své disertační práci. Navrhl a implementoval proto jazyk, který měl být stejně efektivní a přenositelný jako C, umožnil vytváření knihoven, kombinování s jinými jazyky (C, Fortran, ...), ale zároveň měl obsahovat podporu pro objektivě orientované programování. Tento jazyk se jmenoval C with Classes, umožnil do C přidat simulovské třídy a překládal se pomocí speciálního preprocesoru Cpre do čistého C. Důvodem byla především dostupnost a efektivita jazyka C, navíc nebylo nutné psát pro každou platformu zvlášť generátor kódu. V dalších verzích se nový jazyk přejmenoval na C++ a překladač na Cfront. [23]

```
#include <iostream.h>

void main()
{
    unsigned int Miles;
    const double LessThan100 = 0.25;
    const double MoreThan100 = 0.15;
    double PriceLessThan100, PriceMoreThan100, TotalPrice;

    cout << "Enter the number of miles: ";
    cin >> Miles;

    if(Miles <= 100)
    {
        PriceLessThan100 = Miles * LessThan100;
        PriceMoreThan100 = 0;
    }
    else
    {
        PriceLessThan100 = 100 * LessThan100;
        PriceMoreThan100 = (Miles - 100) * MoreThan100;
    }

    TotalPrice = PriceLessThan100 + PriceMoreThan100;

    cout << "\nTotal Price = $" << TotalPrice << "\n\n";
}
```

Obr. 49: Ukázka zdrojového kódu [24]

Autopůjčovna účtuje \$0.25 za ujetou míli, jestliže vzdálenost nepřesáhne 100 míl. Pokud tuto vzdálenost zákazník překročí, snižuje se pak cena za 1 míli na \$0.15. Zde je program, který automaticky spočítá cenu půjčovného na zadanou vzdálenost.

```
Enter the number of miles: 75
Total Price = $18.75
Press any key to continue
```

Obr. 50: Výstup programu [24]

Překladač byl postupně uvolněn pro školy, později vyšla i komerční verze. Zároveň s překladačem se podstatným způsobem vyvíjel i samotný jazyk, úpravami prošel návrh objektivě orientovaného programování, přidaly se výjimky, šablony a prostory jmen. Neoficiální normou se stala kniha *The C++ Annotated Reference Manual* z roku 1990. Organizace ANSI a ISO začaly postupně vyvíjet standard. Jednotlivé verze návrhu standardu uvolňovaly, aby mohli výrobci překladačů implementovat změny. Standard byl schválen v roce 1998. [23]

7 VOICEWIN – HLASOVÉ OVLÁDÁNÍ POČÍTAČE

7.1 Seznámení s produktem

VoiceWIN, program určený k ovládání počítače hlasem. Tento software vyvinula firma Voicetronics, která bohužel v současné době již jako taková neexistuje. Zanechala však po sobě produkt, který je velmi kvalitní, chytrý, funkční a navíc český.

Jeho instalace zabírá pouhých 2.5 MB, je rychlá, přehledná a celkově bez potíží. Tím ale, že firma zanikla, zastavil se i vývoj tohoto programu; lze jej tedy nainstalovat pouze v počítačích s operačními systémy Windows 95 nebo 98.

VoiceWIN obsahuje sadu příkazů určených pro Internet Explorer 5, Office 97 a samozřejmě Windows 95/98. Příklady příkazů: uložit soubor, otevřít soubor, vypnout počítač, ano, ne, OK, storno, start, výš o..., níž o..., minimalizovat, maximalizovat atd. Příkazy samozřejmě lze vytvářet i zcela libovolně.

Systém je jednoduchý: Vyberete příkaz – např. "Vypnout počítač", pak je třeba jej "namluvit". Několikrát za sebou (3x) řeknete do mikrofону "vypnout počítač", ale můžete použít i jakékoliv jiné slovo nebo slova. Když příště vyslovíte "vypnout počítač", program automaticky vyvolá z paměti vámi zvolený příkaz. Podmínkou je, že se výslovnost a intonace tohoto příkazu nesmí příliš lišit od namluveného. Software je však poměrně tolerantní. Nastavit lze také citlivost mikrofónu, rozdíl mezi sděleným a původně namluveným příkazem, tolerance okolních zvuků; schopnost správné funkce programu tedy závisí na jeho individuálním nastavení.

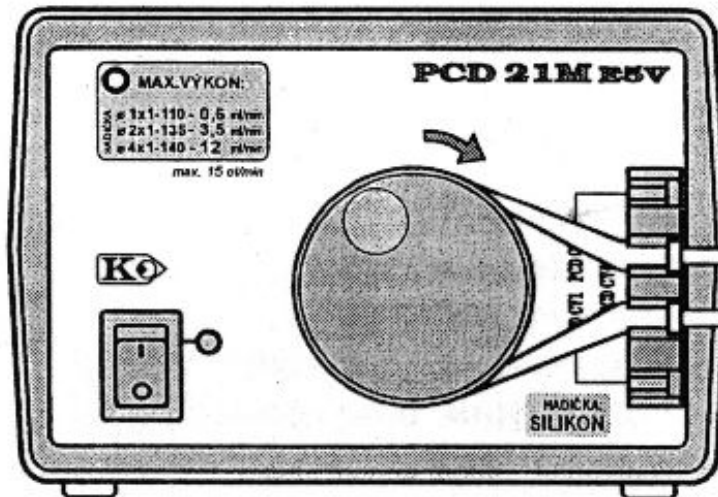
Jeho velkou předností je také schopnost učit se jiným programům, než které ve své databázi obsahuje standardně. Po správném nakonfigurování tak pro něj není problém ovládat jakýkoliv jiný software.

VoiceWIN není nikterak náročný na procesor ani operační paměť. Doporučuje se alespoň P100 s 32 MB RAM. Zvuková karta a mikrofón jsou samozřejmě povinností. [13], [14]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 POČÍTAČEM OVLÁDANÉ ČERPADLO – KOMPONENTY (OBSTARÁNÍ, PŘÍPRAVA, VÝROBA)

8.1 Peristaltické čerpadlo PCD 21M E5V



Obr. 51: PCD 21M E5V

8.1.1 Technické parametry

Nastavitelný rozsah výkonu pro čerpací segment:

- CV4 0,02-12ml/min
- CV2 0,007-3,5ml/min
- CV1 0,001-0,6ml/min

Životnost:	min. 200hodin
Přípojovací trubičky:	Luer (+ spojky pro d3mm a d1,8mm)
Otáčky rotoru čerpadla/stabilita otáček:	0,03-12ot/min / lepší jak 1%
Dosažitelný podtlak v sání	min. 35 kPa
tlak na výstupu	min. 50 kPa

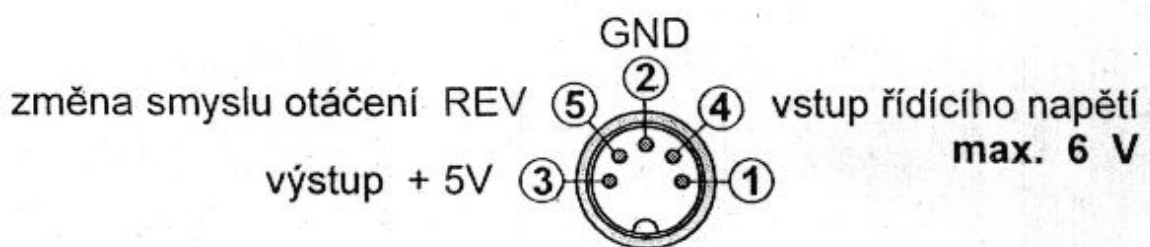
Napájení:	230V/50Hz
Příkon:	18V/A
Izolační třída / krytí:	1/ IP20
Rozměry (š x v x hl):	132 x 90 x 205mm
Hmotnost:	1,6 kg

Provozní podmínky: - teplota: - 10 až +40 °C
 - vlhkost: do 85%

Čerpadlo není určeno pro použití v prostředí s nebezpečím požáru nebo výbuchu hořlavých látek! [20]

8.1.2 Externí ovládání funkcí čerpadla

Činnost čerpadla je možno externě ovládat přes konektor EXT (DIN5V). Aktivace napětíovými úrovněmi +3 až 24V (i TTL) nebo propojením příslušného vývodu s vývodem. 3 (+5V). Na čerpadle musí být zvoleno základní nastavení (po zapnutí přístroje). [20]



Obr. 52: Zapojení konektoru EXT

8.2 Přípravek FT232TST

Tento přípravek je praktickým využitím obvodu FT232BM popsaného v kap. 2.1. Slouží k převodu rozhraní USB na UART. Vývody UART rozhraní jsou připojeny ke konektoru K₂ (PSL10), což umožňuje jeho další, univerzální použití. [2]

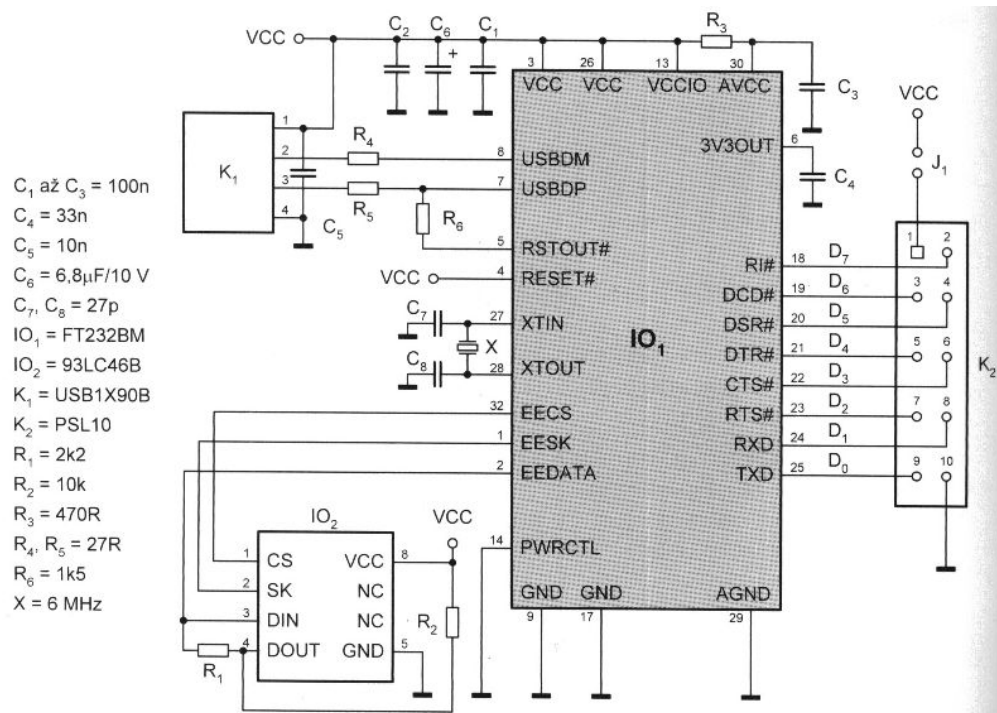
8.2.1 Napájení

Přípravek obsahuje jumper J_1 , který umožňuje připojit nebo odpojit napájecí napětí, získávané přímo ze sběrnice USB. Pokud tedy není na vývod 1 konektoru K_2 na straně připojovaného zařízení přivedeno napětí, nechá se jumper zapojen. Tím lze napájet přípravek přímo z portu. Naopak, pokud má přípravek vlastní napájení, a to je na vývodu 1 konektoru K_2 , měl by být jumper vyjmut. [2]

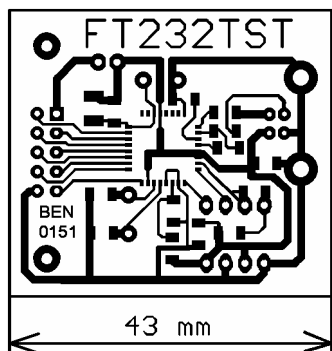
8.2.2 Provedení

Deska plošných spojů je navržena jako jednostranná. Z toho důvodu jsou použity součástky SMD – i sám obvod FT232BM je v provedení SMD. Tyto součástky jsou napájeny ze strany spojů a strana součástek obsahuje pouze konektory K_1 (pro připojení USB) a K_2 (pro připojení řízeného zařízení), konfigurační EEPROM v patici, krystal 6MHz, jednu drátovou propojku a jumper. [2]

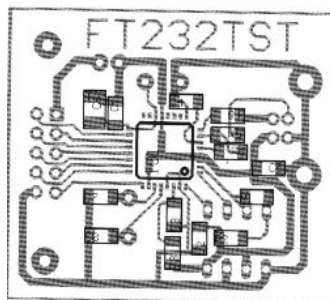
8.2.3 Schéma, výkres desky plošných spojů, osazovací plánek



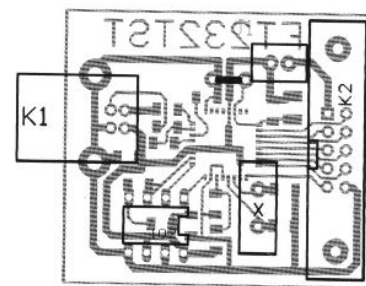
Obr. 53: Schéma zapojení FT232TST



Obr. 54: Deska plošných spojů

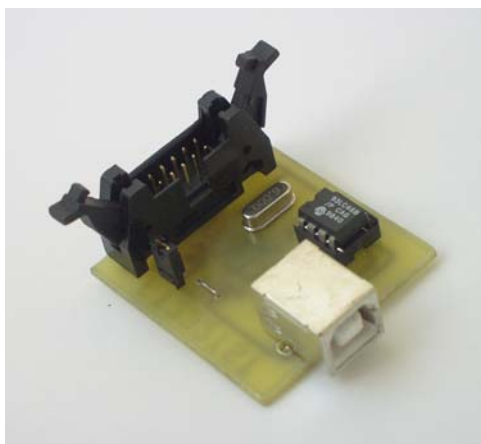


Obr. 55: Osazovací plánek – strana 1

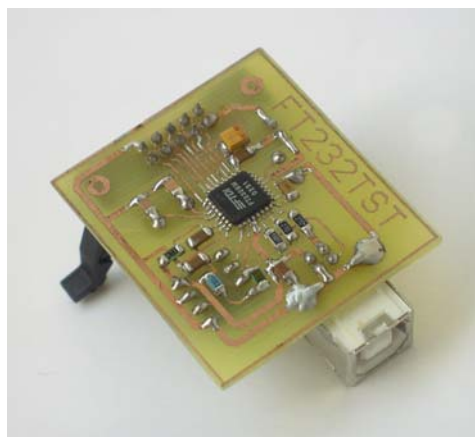


Obr. 56: Osazovací plánek – strana 2

8.2.4 Hotový přípravek



Obr. 57: FT232TST – strana 1



Obr. 58: FT232TST – strana 2

8.3 Testovací přípravek TC1320

Dalším praktickým využitím obvodu popsaného v teoretické části (TC1320 – uveden v kap. 3.1) je i tento testovací přípravek. Jde o aplikaci D/A převodníku, který umožňuje získat z přivedeného digitálního signálu z počítače signál spojitý v rozsahu 0 – 2,5V. [2]

8.3.1 Napájení

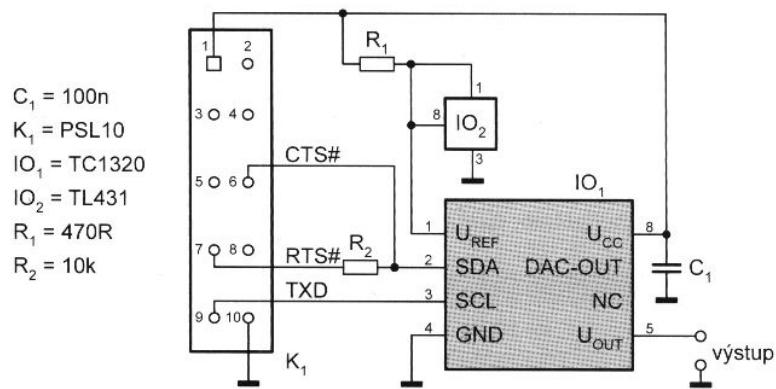
Při připojení testovací desky TC1320 k přípravku FT232BM musí být J₁ vložen (přípravek TC1320 nemá vlastní napájení). Referenční napětí (zhruba 2,5V) je získáno

pomocí referenčního zdroje TL431 (IO₂), rezistor R₁ definuje pracovní proud zhruba 4mA. Napájecí napětí ze sběrnice USB je blokováno kondenzátorem C₁. [2]

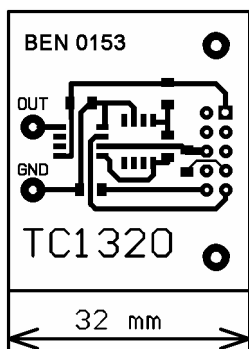
8.3.2 Provedení

Připojení linek je řešeno takto: **SCL** odpovídá **TXD**, **SDA** pak odpovídá **RTS#** (ve výstupním směru) a **CTS#** (při čtení). Možné kolizi výstupů obvodu TC1320 (IO₁) s obvodem FT232BM brání rezistor R₂. [2]

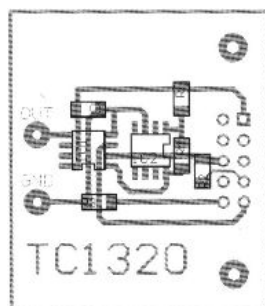
8.3.3 Schéma, výkres desky plošných spojů, osazovací plánek



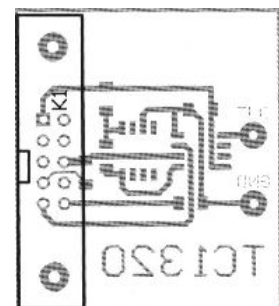
Obr. 59: Schéma zapojení TC1320



Obr. 60: Deska plošných spojů

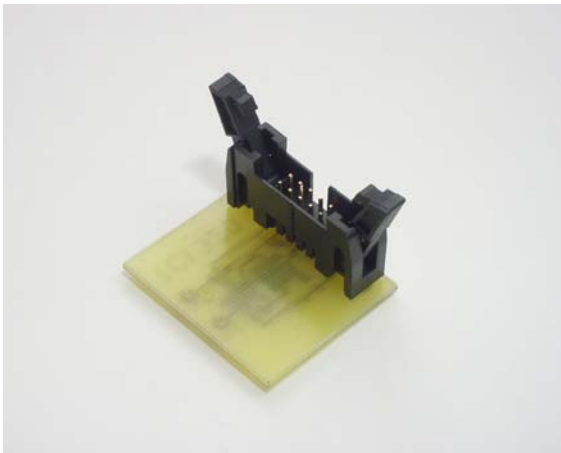


Obr. 61: Osazovací plánek – strana 1



Obr. 62: Osazovací plánek – strana 2

8.3.4 Hotový přípravek



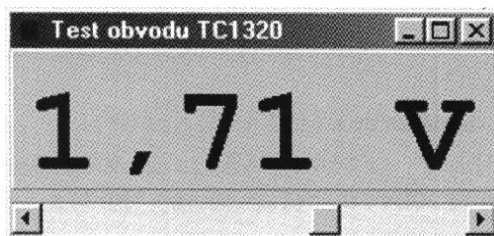
Obr. 63: TC1320 – strana 1



Obr. 64: TC1320 – strana 2

8.4 Software k ovládání přípravků (čerpadla)

Program je vytvořený v jazyku C++ a při komunikaci s obvodů využívá funkci FT_Win32 API¹⁰ ovládacího rozhraní D2XX¹¹. Slouží k nastavování výstupního napětí na přípravku TC1320 v rozsahu 0 – 2,5V. [2]



Obr. 65: Ukázka aplikace

¹⁰ Definuje funkce odpovídající původním Win32 API (programovací rozhraní ve Windows vyvinuté Microsoftem pro programovací jazyky C/C++, ale nejen pro ně) funkcím/voláním pro práci se sériovým portem. Funkce FT_Win32 API dávají možnost snadno a rychle přejít od aplikace vyvinuté pro sériový port na aplikaci s obvodem FT232BM připojeným přes USB sběrnici. [2]

¹¹ Přímý ovladač pro Windows, který umožňuje aplikačnímu programu komunikovat s FT232BM pomocí kódu uloženého v dynamické knihovně (DDL). [2]

9 POČÍTAČEM OVLÁDANÉ ČERPADLO - REALIZACE

9.1 Propojení jednotlivých komponentů

POČÍTAČ = (9.1.1) => FT232TST = (9.1.2) => TC1320 = (9.1.3) => ČERPADLO

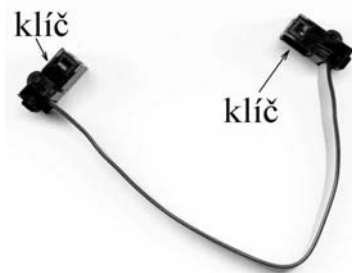
9.1.1 USB kabel A – B



Obr. 66: USB kabel A – B

K propojení počítače a přípravku FT232TST slouží USB kabel s konektory typu A a B.

9.1.2 Kabel 2xPFL10



Obr. 67: kabel 2xPFL10

Tento kabel umožňuje propojit přípravek FT232TST a TC1320. Skládá se ze dvou konektorů PFL10 a kousku (cca 15cm) plochého kabelu s 10 žilami (AWG28-10).

Konstrukce: Oba konektory se posadí na kabel dle obrázku. Pak jeden konektor po druhém vložíme do svěráčku a stáhneme. Tím je mechanicky připevníme ke kabelu.



Obr. 68: Kabel

9.1.3 Reprokabel



K propojení přípravku TC1320 a čerpadla postačí obyčejný reprokabel/dvoulinka, protože výstup z TC1320 je spojitý signál/napětí v rozsahu 0 – 2,5V, které se přivádí na konektor čerpadla EXT (DIN5V) v podobě vstupu řídicího napětí a GND.

Obr. 69: Reprokabel

9.2 Instalace ovladačů a obslužného softwaru do počítače

Detailní informace najdete v [2]

9.2.1 Plug & Play ovladač

Po připojení zařízení k počítači detekuje operační systém nový hardware automaticky. Pro tento druh však nemá v sobě příslušný ovladač, který by mohl zavést a začít používat; vyzve vás proto k zadání cesty, odkud si jej od vás převezme. Poté je spuštěna samotná instalace a po jejím dokončení lze zařízení ihned používat. [2]

9.2.2 Naprogramování EEPROM

Tento úkon je nutný z toho důvodu, aby bylo připojené zařízení ovládacím programem jednoznačně identifikováno – odstraní se tím problémy známé například z použití sériových nebo paralelních portů. [2]

9.2.2.1 Aktualizace ovladače po změně PID

Aby bylo po naprogramování EEPROM možné používat novou hodnotu PID, musíme nejdříve odpojit zařízení a odinstalovat stávající ovladač. Potom opět připojíme přípravek FT232TST k USB. Zařízení se již ohlásí jako **Test** a opět budete vyzváni k zadání cesty příslušného ovladače (jiný než při první instalaci). [2]

9.2.3 Aplikace pro ovládání čerpadla

TC1320 (viz 8.4) + VoiceWIN (viz 7)

9.3 Oživení a provoz

Po dokončení propojení jednotlivých komponentů a instalaci + nakonfigurování potřebného softwaru přistoupíme k samotnému uvedení do provozu. Všechna potřebná zařízení uvedeme do chodu: aktivujeme čerpadlo, připojíme reprobedny s mikrofonom a spustíme aplikaci TC1320 a program VoiceWIN. Nyní je všechno připraveno k řízení peristaltického čerpadla pomocí lidského hlasu.

Nejprve je nutné hlasové ovládání jako takové aktivovat, jinak nebude žádná operace vykonána. Už to se však provádí primárním hlasovým příkazem „aktivovat“. Pak lze čerpadlo bez problémů dále ovládat hlasem – zvýšit nebo snížit rychlost otáček. Příkazy pro tyto operace jsou „zvýšit rychlost“ a „snížit rychlost“. Po jejich vyslovení dojde k nárůstu nebo degradaci hodnoty – zobrazováno programem TC1320. Ještě ale nedochází k samotné změně rychlosti otáčení na čerpadle. Ta se provede až po zadání příkazu „potvrdit“. Nyní je změna akceptována čerpadlem a příslušné otáčky jsou definitivně nastaveny. Pokud již nechceme pracovat s čerpadlem pomocí hlasových příkazů, uvedeme jej mimo provoz slovy „deaktivovat“. Zařízení se poté uvede do stavu spánku a i přesto, že snímá okolní zvuky, čeká pouze na jediný – primární příkaz „aktivovat“. Bez něj systém nereaguje a chová se nečinně.

Důležitý je také fakt, že všechny hlasové příkazy mají zpětnou zvukovou odezvu v podobě oznámení (ženský hlas). Ten potvrdí právě akceptovanou změnu nastavení programu a simuluje tak vlastně rozhovor mezi člověkem a strojem (počítačem). Ošetřeno je i nerozpoznání zadaného příkazu.

ZÁVĚR

Přemýšleli jste někdy o budoucnosti? Vteřinu po vteřině se čas přehoupl do 21. století... bylo úžasné být při této události. Každý den teď častěji než kdy předtím přináší lidstvu nové a nové poznatky v nejrůznějších oblastech vědy a techniky a o informatice to platí dvojnásob. Jsme teprve na počátku nové éry... éry, která umožní ještě více proniknout do tajů dosud neznámého a která také přinese zcela nový pohled v poznávání lidského sebe sama.

Odvětví výpočetní techniky je právě jedním z těch hlavních, které otevírá dveře do nejrůznějších třináctých komnat – jako je tomu u sběrnice USB, která nahrazuje své předešlé modely a přináší zcela unikátní řešení v propojování dalších periférií s počítačem. Stejně tak ukázka způsobu ovládání peristatického čerpadla hlasem, na které dnes pohlížejí všichni se zatajeným dechem a bloudí přitom myšlenkami v nedaleké, technicky vyspělé, fiktivní budoucnosti známé pod jménem Star Trek snad každému z nás. Zrovna tak ale, jako nám přišlo naprosto neskutečné používání mobilních telefonů před několika lety a jejich zevšednění v době dnešní, zrovna tak bude zcela běžné, že tyto výtvarky moderní techniky, nyní naprosto uchvacující a téměř nepředstavitelné, vstoupí v příštím desetiletí do života každého z nás a stanou se, jako ty předešlé, jeho běžnou součástí na každém kroku.

Už brzy budou počítače například schopny plně překládat texty do nejpoužívanějších jazyků; připravuje se revoluční změna architektury počítače, která umožní přenášet data na křemíkovém procesoru opticky, nikoliv elektricky, což umožní vyšší rychlost a lepší výkonnost než doposud; je také jen otázkou času, kdy klasické počítače nahradí biopočítače a kdy vývoj umělé inteligence dospěje do bodu, že počítače budou nejen schopny hovořit se svým uživatelem a naslouchat mu, ale také si sestavovat vlastní programy. Nanotechnologie sehraje svou roli například v lékařství – do krve bude vstříknut chytrý prach (smart dust), který bude opravovat poškozené orgány. A to je jen stručný výčet pravděpodobného scénáře očekávané revoluce v informatice.

Jak jsem řekl na začátku: „Člověk je velice zvědavý.“ A právě to je jednou z předních vlastností, která mu umožní již brzy překonat jinou dosud nepokořenou hranici lidského poznání a udělat další krok do neznáma.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Burkhard Kainka: USB – Měření, řízení a regulace pomocí sběrnice USB, BEN – technická literatura, Praha 2002, 1. české vydání.
- [2] David Matoušek: USB prakticky s obvody FTDI – 1. díl, BEN – technická literatura, Praha 2003, 1. vydání.
- [3] Martin Malý: USB 2.0 [online]. Dostupný z WWW:
<http://www.hw.cz/Rozhrani/ART1232-USB-2.0---dil-1.html>
- [4] Petr Halabala, Oldřich Nič: USB - Univerzální sériová sběrnice [online]. Dostupný z WWW: <http://cs.felk.cvut.cz/~nico/36pz/usb/ref1.html>
- [5] Kamil Eckhardt: Univerzální sériová sběrnice / Universal Serial Bus – USB [online]. Dostupný z WWW: <http://home.zcu.cz/~eckhard4/popis.html>
- [6] Jan Řehák: USB – Universal Serial Bus – popis rozhraní [online]. Dostupný z WWW: <http://www.hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART327-USB---Universal-Serial-Bus---Popis-rozhrani.html>
- [7] CadSoft Computer GmbH / Translation 2001 ELCAD v.o.s.: Eagle Online [online]. Dostupný z WWW: <http://www.eagle.cz/info.htm>
- [8] Jakub Matys: Editor plošných spojů Eagle [online]. Dostupný z WWW: <http://www.root.cz/clanky/editor-plosnych-spoju-eagle/>
- [9] Roman Bartosiński: Implementace USB Interface pro počítačové periferie Diplomová práce, ČVUT v Praze 2003. Dostupný z WWW:
http://dce.felk.cvut.cz/dolezilkova/diplomky/2003/dp_2003_Bartosinski_Roman/dp_2003_Bartosinski_Roman.pdf
- [10] Eduard Oborník: PROFIBUS DP slave s připojením přes USB Diplomová práce, ČVUT v Praze 2004. Dostupný z WWW:
http://dce.felk.cvut.cz/dolezilkova/diplomky/2004/dp_2004_obornik_eduard/DP_2004_Obornik_Eduard.pdf

- [11] Pavel Novák: USB [online].
Dostupný z WWW: <http://ulita.ms.mff.cuni.cz/pub/predn/prg025/USB.ppt>
- [12] Hynek Urbiš: USB – Univerzální Sériová Sběrnice Dostupný z WWW:
<http://www.fit.vutbr.cz/study/courses/PZ2/public/TEXTY/USB.pdf>
- [13] Milan Douša: VoiceWIN - hlasové ovládání počítače [online].
Dostupný z WWW: <http://www.zadarmo.cz/index.php?task=va&article=265&lang=1>
- [14] Michal Ševčík: VoiceWIN 2 - ovládáme počítač hlasem [online].
Dostupný z WWW: <http://www.pcsvet.cz/art/article.php?id=724>
- [15] Václav Kapras & Hana Kroupová: Microsoft Windows 98 – Případová studie operačního systému [online]. Dostupný z WWW: <http://mujweb.atlas.cz/www/win98/standard.htm>
- [16] HW server: RS232 [online]. Dostupný z WWW: <http://rs232.hw.cz/>
- [17] ASIX s.r.o.: FTDI [online]. Dostupný z WWW:
<http://www.asix.cz/mnuftdi.htm>
- [18] FTDI Chip: FT232BM USB – UART DataSheets [online]. Dostupný z WWW:
<http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/ds232b18.pdf>
- [19] ASIX s.r.o.: Microchip [online]. Dostupný z WWW:
<http://www.asix.cz/micabout.htm>
- [20] Jindřich Kouřil: Návod k obsluze pro peristaltická čerpadla, typ: PCD 21M E5V
- [21] Jindřich Kouřil: Čerpadla a dávkovače PCD [online]. Dostupný z WWW:
<http://www.cerpadlakouril.cz/>
- [22] Jiří Pipošiar: Jazyk C++ [online]. Dostupný z WWW:
http://www.programovat.kvalitne.cz/cecko/co_je_cecko.html
- [23] Jan Němec: Jazyk C++, historie, charakteristika, vztah k C [online].
Dostupný z WWW: http://www.linuxsoft.cz/article.php?id_article=1058

[24] FunctionX, Inc.: C++ Examples: If-Else [online]. Dostupný z WWW:
<http://www.functionx.com/cpp/examples/ifelse1.htm>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

D2XX	Přímý ovladač pro Windows, který umožňuje aplikačnímu programu komunikovat s FT232BM pomocí kódu uloženého v dynamické knihovně (DDL).
FT_Win32 API	Definuje funkce odpovídající původním Win32 API (programovací rozhraní ve Windows vyvinuté Microsoftem pro programovací jazyky C/C++, ale nejen pro ně) funkcím/voláním pro práci se sériovým portem. Funkce FT_Win32 API dávají možnost snadno a rychle přejít od aplikace vyvinuté pro sériový port na aplikaci s obvodem FT232BM připojeným přes USB sběrnici.
HUB	Rozbočovač - zařízení s jedním vstupem a mnoha výstupy. Slouží jako rozdělovače a opakováče vstupního signálu, nadto řídí spotřebu na ně připojovaných zařízení.
HW	Hardware – technické/fyzické vybavení počítače
OTG	Nová specifikace On-The-Go – umožňuje propojování koncových zařízení, které běžně není dovoleno.
P&P	Plug and Play
PC	Personal Computer – osobní počítač
RS232	Rozhraní pro přenos informací vytvořené původně pro komunikaci dvou zařízení do vzdálenosti 20 m. Pro větší odolnost proti rušení je informace po propojovacích vodičích přenášena větším napětím, než je standardních 5 V. Přenos informací probíhá asynchronně, pomocí pevně nastavené přenosové rychlosti a synchronizace sestupnou hranou startovacího impulsu.
SMD	Surface Mounted Device – obecně součástky pro povrchovou montáž
SW	Software – programové vybavení počítače
TTL	TTL logika – tranzistorovo-tranzistorová logika
USB	Universal Serial Bus – univerzální sériová sběrnice

UART

Universal Asynchronous Receiver-Transmitter – sběrnice, kde přenos je realizován pomocí asynchronního protokolu RS-232 formou dotaz-odpověď

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Logo USB.....	12
Obr. 2: Topologie USB obecně [5].....	15
Obr. 3: Topologie sběrnice USB 2.0 [3].....	16
Obr. 4: Kontroler PCI USB 2.0.....	16
Obr. 5: řez USB kabelem [5].....	17
Obr. 6: USB kabel [6].....	17
Obr. 7: USB konektor typu A [3].....	18
Obr. 8: USB konektor typu B [3].....	18
Obr. 9: Konektor typu A [3].....	18
Obr. 10: Zásuvka typu A [3].....	18
Obr. 11: Konektor typu B [3].....	19
Obr. 12: Zásuvka typu B [3].....	19
Obr. 13: Mini-B [3].....	19
Obr. 14: OTG [9].....	19
Obr. 15: HUB – jedno z možných provedení.....	20
Obr. 16: HUB – další možné provedení.....	20
Obr. 17: Flash disk (jedna z možných variant provedení).....	21
Obr. 18: Bezdrátová myš s technologií bluetooth (USB rozhraní).....	21
Obr. 19: USB flash disk vestavěný do náramkových hodinek.....	21
Obr. 20: Kombinace paketů [5].....	23
Obr. 21: Signál NRZI [5].....	24
Obr. 22: Datové signály D+ a D- [5].....	24
Obr. 23: SYNC [5].....	26
Obr. 24: PID [5].....	26
Obr. 25: Koncept koncových bodů [12].....	28
Obr. 26: Vrstvový model toku dat [12].....	31
Obr. 27: Průběh enumerace [9].....	32
Obr. 28: Hierarchie deskriptorů [9].....	34
Obr. 29: Rychlost komunikace mezi jednotlivými zařízeními [12].....	35
Obr. 30: Low Speed Device - pull up odpor na D- [6].....	37
Obr. 31: Full Speed Device - pull up odpor na D+ [6].....	37

Obr. 32: Datové vodiče [6]	38
Obr. 33: Rozhraní USB a zakončování odpory [6].....	38
Obr. 34: Logo FTDI.....	40
Obr. 35: FT232BM	40
Obr. 36: Rozložení vývodů na FT232BM [18].....	41
Obr. 37: Blokové schéma FT232BM [18].....	42
Obr. 38: Logo Microchip.....	43
Obr. 39: Rozložení vývodů na pouzdrech SOIC a MSOP.....	44
Obr. 40: Vnitřní zapojení obvodu TC1320.....	44
Obr. 41: Peristaltická čerpadla [21]	45
Obr. 42: Hadičky.....	45
Obr. 43: Princip činnosti peristaltického čerpadla [21]	45
Obr. 44: Silikonový segment	47
Obr. 45: Opěrná dráha	47
Obr. 46: Editor spojů	48
Obr. 47: Editor schémat.....	49
Obr. 48: C++	51
Obr. 49: Ukázka zdrojového kódu [24]	51
Obr. 50: Výstup programu [24]	51
Obr. 51: PCD 21M E5V	55
Obr. 52: Zapojení konektoru EXT.....	56
Obr. 53: Schéma zapojení FT232TST	57
Obr. 54: Deska plošných spojů.....	58
Obr. 55: Osazovací plánec – strana 1	58
Obr. 56: Osazovací plánec – strana 2	58
Obr. 57: FT232TST – strana 1	58
Obr. 58: FT232TST – strana 2.....	58
Obr. 59: Schéma zapojení TC1320.....	59
Obr. 60: Deska plošných spojů.....	59
Obr. 61: Osazovací plánec – strana 1	59
Obr. 62: Osazovací plánec – strana 2	59
Obr. 63: TC1320 – strana 1	60
Obr. 64: TC1320 – strana 2	60

Obr. 65: Ukázka aplikace.....	60
Obr. 66: USB kabel A – B	61
Obr. 67: kabel 2xPFL10.....	61
Obr. 68: Kabel.....	61
Obr. 69: Reprókabel.....	62

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Standardy USB a přenosové rychlosti [2], [5]</i>	13
<i>Tab.2: Zapojení vodičů a konektorů [3]</i>	17
<i>Tab. 3: Obecná / základní USB transakce má následující strukturu: [4], [5]</i>	25
<i>Tab. 4: Srovnání kroků potřebných k instalování SCSI a USB skenerů [15]</i>	36