

Netradiční komunikační technologie – a jednoduché měření jejich parametrů

Leoš Dvořák

Jan Koupil

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Abstract

The article presents simple measurements of frequency characteristics of an analog “communication line” (e.g. optical telephone with phototransistor as a receiver and LED or even a light bulb as a transmitter) using computers and simple hardware and software tools. The method using white noise and FFT enables to measure frequency characteristics by single measurement. Possibilities of some other simple measurements are discussed.

1 Motivace: nitkový a optický telefon

Informační a komunikační technologie (ICT) ve vzdělávání jsou pro někoho nutným zlem, pro někoho téměř všelékem a pro mnohé „zaklínadlem“ moderní doby.

Je proto možná užitečné uvědomit si, že *komunikační technologie* jsou věci podstatně starší, než počítače. A že velice významně souvisejí s fyzikou.

Komunikační technologií svého druhu je už známá dětská hračka – nitkový telefon. I na něm však může být zajímavé měřit některé parametry komunikačního kanálu, například útlum, frekvenční charakteristiku, rychlost šíření signálu, šum či zkreslení.

Obrátíme-li se k modernějším nosičům informace, můžeme zkoumat přenos signálů pomocí světla. Jednoduchý optický telefon může jako přijímač využít fototranzistor, jako vysílač například LED. Potřebné „hardwarové doplňky“ jsou velmi jednoduché.

A aby stranou nezůstaly ani *informační technologie*, můžeme při měření a zpracování jeho výsledků s výhodou využít počítače.

Následující experimenty a měření lze chápat jako náměty pro práci studentů například při nepovinné výuce fyziky v různých seminářích, v kroužcích fyziky apod. či při přípravě budoucích učitelů fyziky. Díky poněkud netradičnímu způsobu přenosu informace mohou snad sehrát úlohu i při zvýšení zájmu o fyziku. Přitom a navzdory své jednoduchosti souvisí i se značně pokročilými technologiemi a v pozadí využívají i náročnější metody zpracování dat.

2 Měříme komunikační technologie pomocí informačních téměř zadarmo

Při měření pomocí počítačů ve výuce fyziky lze využívat i velmi drahé specializované systémy a nástroje. Lze však měřit i téměř zadarmo. Zvukovou kartu má dnes prakticky každý počítač, řada potřebných programů je k dispozici jako freeware. Počítač sám sice zadarmo není, dnes je však již zřejmě prakticky kdekoli dostupnější, než třeba osciloskop. A pro žáky a studenty je i mnohem běžnějším nástrojem.

K jednoduchým měřením lze využít program *Winscope*, který je dostupný na serveru *Fyzweb* [1] v sekci *Dílna*. (Přesná webová adresa ke stažení programu je [2].) Program funguje též jako dvoukanálový osciloskop, umožňuje zobrazit i spektrum signálu, ale má některá omezení a nefunguje s některými moderními dražšími zvukovými kartami.

Záznam signálu a jeho další analýzu lze provádět řadou programů. Výborný byl program *CoolEdit*, který byl v demoverzi dostupný zdarma. Nyní existuje pod názvem *Adobe Audition* sice ve vylepšené, ale bohužel již komerční verzi (viz [3]).

Záznam signálu ze zvukové karty lze provést též programem *Záznam zvuku*, který je součástí *Windows*. Signál je ukládán do souboru ve formátu WAV, tedy jako 16-bitový (v horším případě 8-bitový) nekomprimovaný stereo- případně mono záznam. K jeho analýze můžeme následně využít jiné programy – třeba i ty, které si vytvoříme ve vhodném programovacím

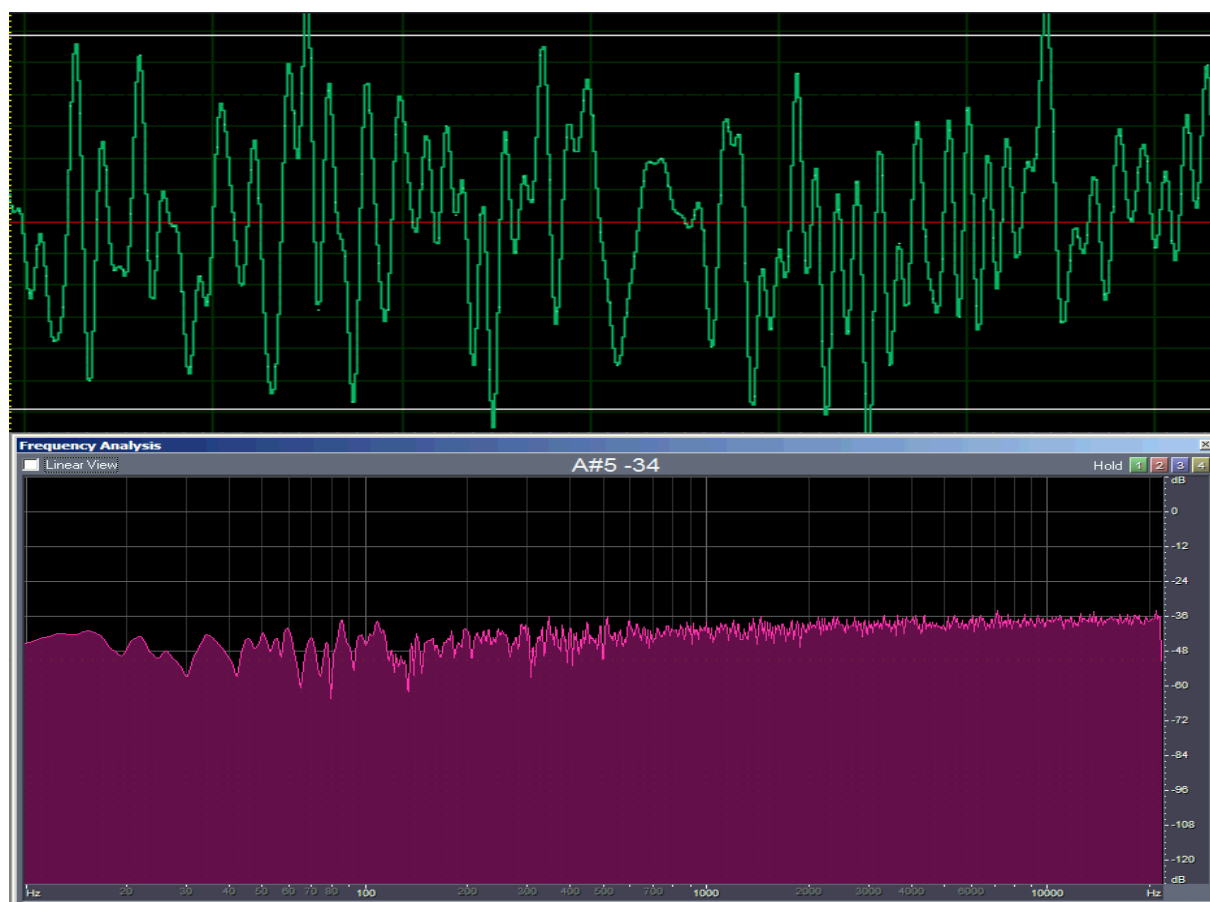
prostředí. Touto cestou jsme šli i my. Vyvinutý program (který bude pro zájemce dostupný zdarma) představíme dále v části 4 tohoto příspěvku.

3 Frekvenční charakteristika jediným měřením

Pojem „frekvenční charakteristika“ zní možná odborně, ale i mladším studentům můžeme jednoduše vysvětlit, že nám vlastně říká „jak silně se která frekvence přenese“, případně „jak moc jsou různě vysoké tóny utlumeny“. A ilustrovat to zobrazením frekvenčního spektra vhodných signálů (třeba se zatlumenými výškami nebo naopak hloubkami – viz další příklady).

Chceme-li měřit frekvenční charakteristiku nějakého „komunikačního kanálu“, tedy třeba nitkového nebo optického telefonu, můžeme to dělat měřením „bod po bodu“. Tedy pouštět na vstup signály různých frekvencí a měřit jejich úroveň na výstupu. Měření je názorné, ale velice zdlouhavé.

Je zde však další možnost: pustit na vstup signál, který obsahuje všechny frekvence. Takovýmto signálem je *bílý šum*. Jeho typický časový průběh a spektrum ukazuje obr. 1. Bílý šum můžeme generovat třeba právě programem *Adobe Audition* na jednom počítači a pouštět ho např. do optického telefonu.



Obr. 1. Bílý šum – typický časový průběh a spektrum.

Pro měření využijeme linkový vstup zvukové karty, který má dva kanály: levý a pravý kanál stereofonního signálu. (Linkový vstup bývá značen modrou barvou konektoru.) Bílý šum přivedeme na vstup optického telefonu a současně do jednoho (třeba levého) kanálu linkového vstupu. Signál z výstupu optického telefonu, tj. „prošlý“ optickým telefonem, přivedeme do pravého kanálu uvedeného vstupu.

Vhodný program (např. zmíněný *Adobe Audition*) nám pak ukáže „sílu“ signálu pro všechny frekvence. Jejich poměr (resp. rozdíl úrovně vyjádřených v decibelech) pak určuje útlum signálu na dané frekvenci.

4 Naše jednoduché nástroje

Drobnou nevýhodou popsaného měření je nutnost odečítat úrovně signálů – a samozřejmě skutečnost, že program *Adobe Audition* není právě nejlevnější. Proto jeden z autorů tohoto příspěvku (J. K.) vytvořil speciální program, pracovně nazvaný *LevelScope*. Tento program umožňuje analyzovat záznam signálů pořízený např. programem *Záznam zvuku* – a kromě toho, že ukáže úrovně signálů v levém a pravém kanále pro všechny frekvence, umí zobrazit i rozdíl těchto úrovně v decibelech. Což je právě to, co pro naše měření potřebujeme.

LevelScope je vytvořen v profesionálním prostředí *LabVIEW*, které naše katedra vlastní a které dovoluje vytvářet a volně šířit v něm vytvořené programy (viz [4], další informace viz např. práci [5]). Pro běh těchto programů je třeba mít na počítači instalován modul *LabVIEW Run-Time Engine*, který ale rovněž může být oficiálně šířen zdarma.

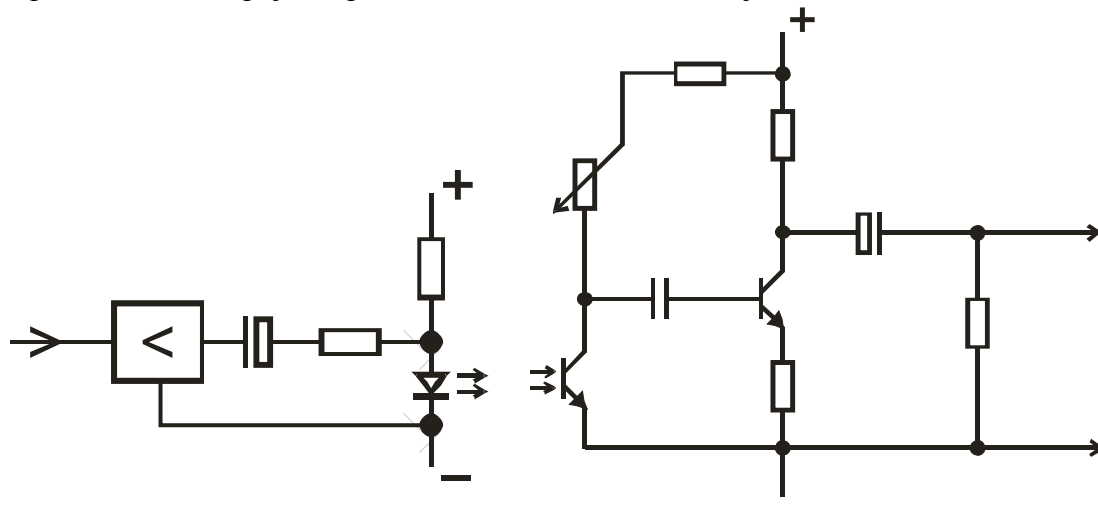
Program *LevelScope* bude po úpravách a otestování umístěn na server *Fyzweb* [1], odkud jej bude možno zdarma stáhnout (spolu s potřebným modulem prostředí *LabVIEW*). To umožní zájemcům provádět dále popsaná a podobná měření opravdu bez jakýchkoli finančních nároků na software – a s náklady na „hardware“ řádu desítek korun.

Přídavný „hardware“ popíšeme jen stručně.

Levné elektretové mikrofony lze připojit k linkovému vstupu, abychom mohli současně snímat signál ze dvou mikrofónů. (Běžný mikrofónní vstup umožňuje připojit jen jeden mikrofón; pro měření např. na nitkovém telefonu potřebujeme vstupy dva.) Mikrofón je v tomto případě ovšem třeba napájet z baterie přes rezistor (při napájení z ploché baterie 4,5 V vyhoví rezistor 10 k Ω) a vstup do počítače oddělit kondenzátorem (stačí 1 μ F).

Fotodiodu či fototranzistor (které tvoří přijímací člen optického telefonu) připojíme k linkovému vstupu přes jednoduchý zesilovač. V našem případě vyhověl jednoduchý jednotranzistorový zesilovač s napětovým zesílením nastaveným na hodnotu 10, napájený jednou plochou baterií. Proud fotodiodou či fototranzistorem nastavujeme logaritmickým potenciometrem 10 k Ω (k němuž raději do série zapojíme rezistor o odporu stovek Ω , abychom fotodiodu nezničili velkým proudem).

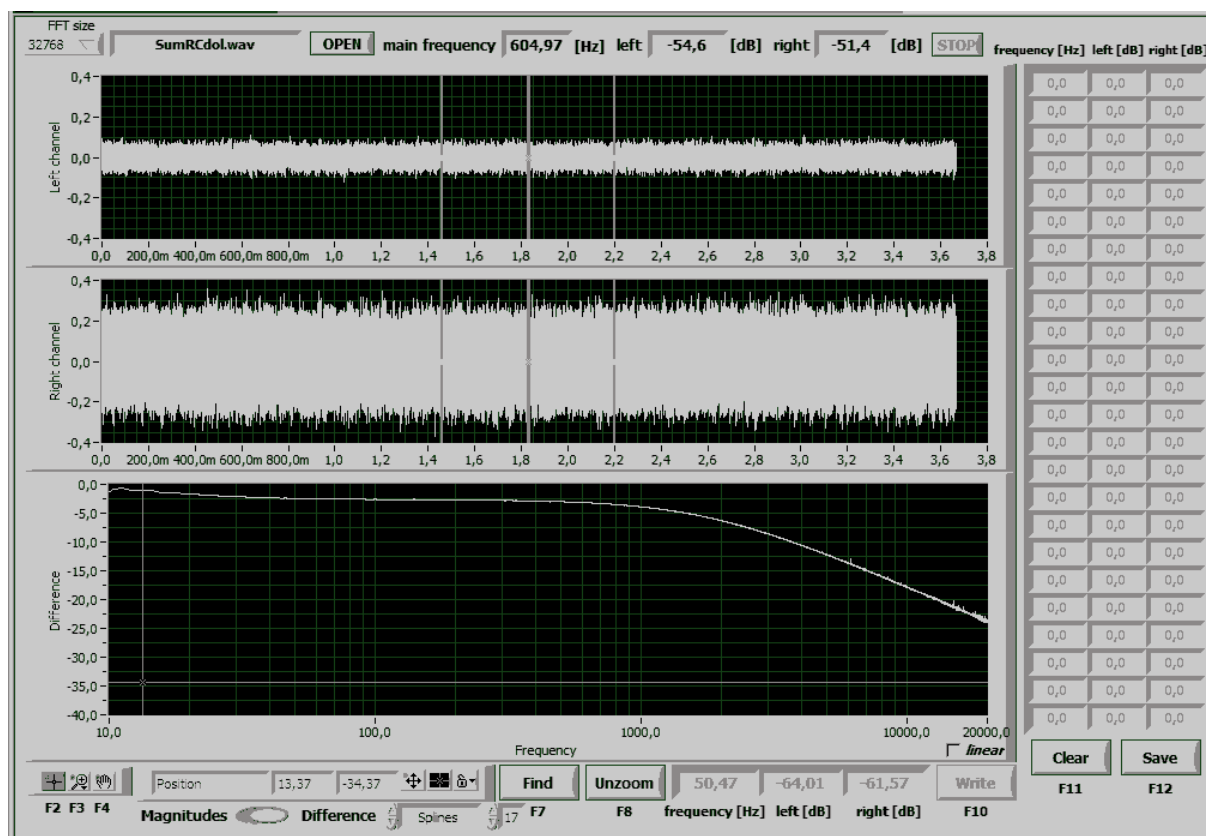
Ještě jednodušší je zapojení optického „vysílače“. Svítivou diodu (LED) nebo žárovku (viz dále) napájíme přes kondenzátor ze zesilovače. Navíc ovšem musí diodou či žárovkou protékat i stejnosměrný proud. (Střídavý signál ze zesilovače jen zvyšuje či snižuje střední hodnotu proudu.) K tomu stačí LED či žárovku napájet z ploché baterie přes vhodný rezistor – v případě LED o odporu cca 100 Ω , v případě žárovky (2,5 V/0,3 A) vyhověl odpor 18 Ω . Principiální schéma zapojení optického telefonu s LED ukazuje obrázek 2.



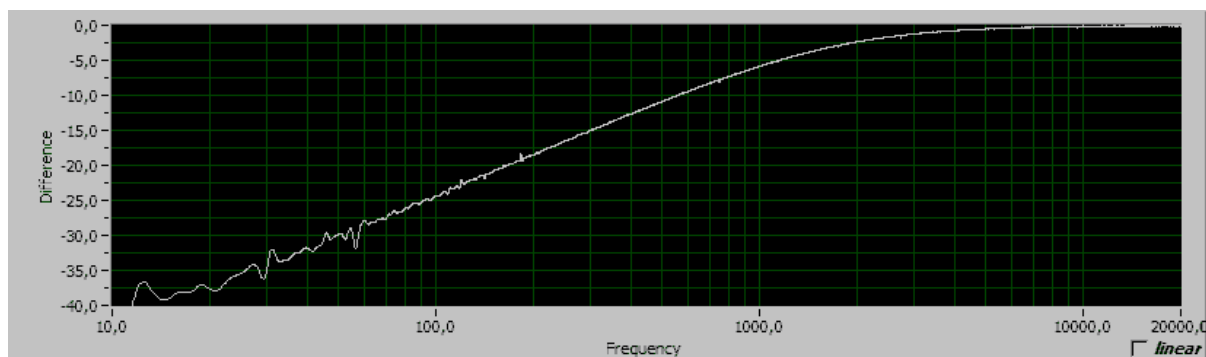
Obr. 2. Optický telefon s LED.

5 Příklady konkrétních měření

Pro ověření výše popsané metody měření jsme proměřili přenos signálu pouhým odporovým děličem (zde by útlum neměl záviset na frekvenci, což se v rozsahu 20 Hz až 20. kHz potvrdilo) a dvěma RC-členy: dolní a horní propustí. I v jejich případě odpovídají naměřené frekvenční charakteristiky očekávaným průběhům – viz obr. 3 a 4. Obrázek 3 zároveň ukazuje uživatelský vzhled programu *LevelScope*.



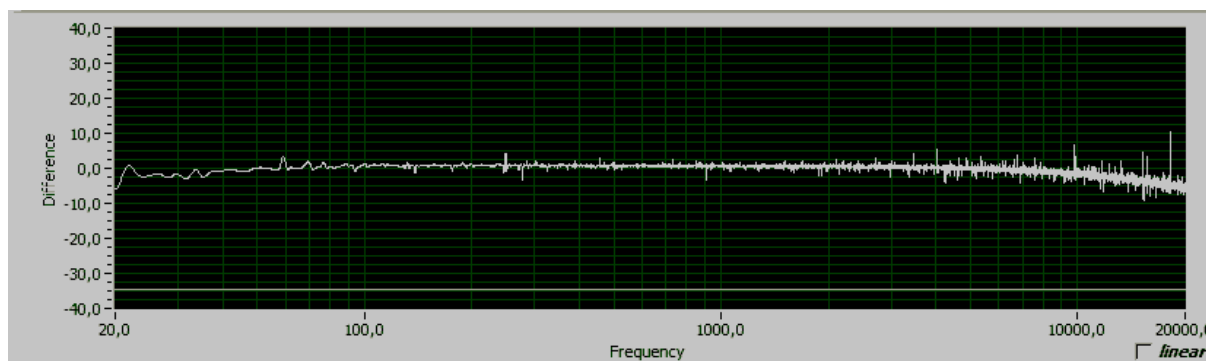
Obr. 3. Naměřená frekvenční charakteristika RC-členu typu dolní propust.
(Ukázka analýzy signálu a zobrazení výsledků programem *LevelScope*.)



Obr. 4. Naměřená frekvenční charakteristika RC-členu typu horní propust.

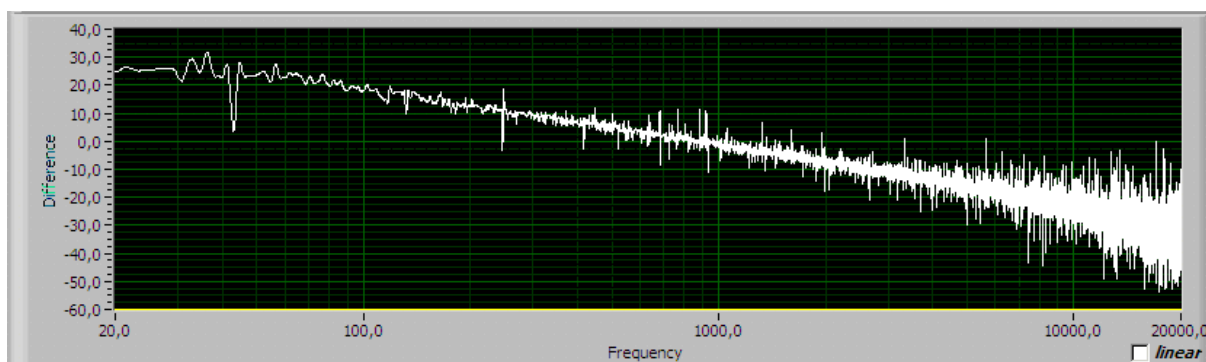
Podobně (způsobem uvedeným výše v části 3) jsme naměřili frekvenční charakteristiku optického telefonu, který jako vysílač užíval svítivou diodu. Jak ukazuje obrázek 5,

frekvenční charakteristika je „rovná“ (tj. bez větších výkyvů) až téměř do 20 kHz (kde se již začínají uplatňovat omezení daná kvalitou zvukových karet a vzorkovací frekvencí).



Obr. 5. Frekvenční charakteristika optického telefonu s LED

Poměrně překvapivý je výsledek, použijeme-li v optickém telefonu jako vysílač žárovku. Vzhledem k tepelné setrvačnosti vlákna (a proto, že víme, že žárovka ani na frekvenci 100 Hz zdaleka neblíká tolik jako zářivka) bychom mohli čekat, že vyšší frekvence nebudou přeneseny prakticky vůbec. Jak ale ukazuje obrázek 6, frekvenční charakteristika vykazuje podobný pokles jako dolní RC propust (tj., řečeno technickými termíny, 6 db na oktávu).



Obr. 6. Frekvenční charakteristika optického telefonu se žárovkou

Vyšší frekvence jsou tedy potlačeny, ale, jak dokáže i „poslechová zkouška“, přesto se přenášejí.

6 Závěr: další možnosti

Výše uvedenou metodou lze měřit frekvenční charakteristiku téměř libovolných členů: složitějších filtrů a propustí, zesilovačů, jiných komunikačních kanálů. Zajímavým a ne zcela triviálním problémem bude již zmíněné měření zmíněného nitkového telefonu, protože zde se při přenosu signálu uplatňuje nejen vliv „přenosového média“ (nitě), ale i „mechanicko-akustického měniče“ (tedy membrány). Při měření bude třeba vyřešit parazitní přenos signálu vzduchem apod.

Frekvenční charakteristika ovšem není jedinou zajímavou věcí. Jak již bylo naznačeno v úvodu, měřit bychom mohli i řadu dalších parametrů souvisejících s přenosem signálů. Příkladem jsou časová zpoždění – např. přenosu signálu mobilním telefonem, při měření rychlosti zvuku ve vzduchu nebo v niti nitkového telefonu. Další možností by bylo alespoň přibližné měření zkreslení např. zesilovačů.

Rozšíření našich měření, zmíněným dalším námětům a jejich využití ve fyzikálním vzdělávání se dle možnosti hodláme věnovat v dalších příspěvcích v budoucnu.

Literatura

[1] <http://fyzweb.cuni.cz>

[2] <http://fyzweb.cuni.cz/dilna/osciloskop/osciloskop.htm>

[3] <http://www.adobe.com/products/audition/>

[4] <http://www.ni.com/labview/>

[5] Koupil J.: Souprava ISES v prostředí LabVIEW, Diplomová práce. MFF UK, Praha. 2003.