
Vybrané náměty na jednoduché využití ICT ve výuce fyziky

L. Dvořák, KDF MFF UK Praha¹

Tento text shrnuje několik námětů na jednoduché využití informačních a komunikačních technologií (ICT) ve výuce fyziky.

Nebudeme se zde zabývat otázkou, proč ICT a moderní technologie ve výuce využívat. Zde čtenáře odkazujeme na kapitolu 5.5 publikace L. Dvořák a kol.: *Lze učit fyziku zajímavěji a lépe? Příručka pro učitele*. MATFYZPRESS, Praha, 2008, z níž pochází i část zde popsaných příkladů. V tomto příspěvku konkrétněji ukážeme možnosti ovládní program *Soundcard Scope* (včetně ilustrací barevnými kopiemi obrazovek programů) a uvedeme i náměty na využití programu *Audacity*.

Všechny dále uváděné příklady a ilustrace budou z oblasti zvuku. Popsané programy spolupracující se zvukovou kartou lze využít i k dalším, někdy dosti netradičním experimentům, jejich podrobnější popis však bude vhodnější nechat do jiného článku.

Jak se obejít bez speciálního vybavení

V následujícím přehledu námětů budeme využívat **běžný počítač se zvukovou kartou a volně dostupný software**, resp. software, který je pro vzdělávací účely zdarma. Cena dalšího potřebného „hardware“, ať již jej budeme připojovat k počítači či využívat samostatně, nepřesáhne několik desítek korun. Specializované systémy pro měření pomocí počítačů (typu ISES, IP Coach a další) sice nabízejí propracovaný systém s řadou sond a bohatší možnosti měření, ovšem za cenu dosahující desítek tisíc korun. Výhodou běžného hardware a software je i skutečnost, že jej mohou využívat i žáci a studenti mimo výuku, třeba i doma – ať už si chtějí něco vyzkoušet z vlastního zájmu nebo v rámci různých projektů apod.

Program, který se osvědčil nejen pro pokusy se zvukem, je **Soundcard Scope** německého autora Christiana Zeitnitze. Lze jej volně stáhnout z webu na adrese http://zeitnitz.de/Christian/Scope/Scope_en.html. Program není zcela volný (nelze jej volně využívat např. pro komerční účely), ale *pro vzdělávací účely jej lze užívat zdarma*. Od září 2008 je již k dispozici i v **české verzi** – resp. ve verzi 1.30, kterou lze přepnout do češtiny.

Program *Soundcard Scope* dělá z počítače se zvukovou kartou osciloskop. Samozřejmě, díky vlastnostem zvukové karty jde o osciloskop s omezeným frekvenčním rozsahem, zhruba od jednotek Hz do 20 kHz. I když například nemožnost zobrazit stejnosměrnou složku signálu je někdy nepříjemná, je tento program v mnoha demonstračních experimentech i měřeních cennou pomůckou.

Dalším programem, který lze při pokusech se zvukem a vlněním rovněž výhodně využívat, je **Audacity**. Existuje také v české verzi a je volně dostupný na webové adrese <http://audacity.sourceforge.net>. Tento program není určen pro výuku; jde

¹ Materiál vznikl v rámci projektu 2E06020 Národního programu výzkumu II „Fyzikální vzdělávání pro všestrannou přípravu a rozvoj lidských zdrojů na úrovni základních a středních škol“, řešeného na Katedře didaktiky fyziky Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze v letech 2006-2008. Viz webové stránky projektu na adrese <http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/NPVII/>.

spíše o „digitální editor zvuku“; přesto jej lze v řadě pokusů a měření s výhodou využít. Hodí se zejména pro záznam jednorázových a delších zvuků. V nich pak můžeme vyhledat a měřit jak časy jednotlivých zvuků, tak frekvence zvuků a tónů.

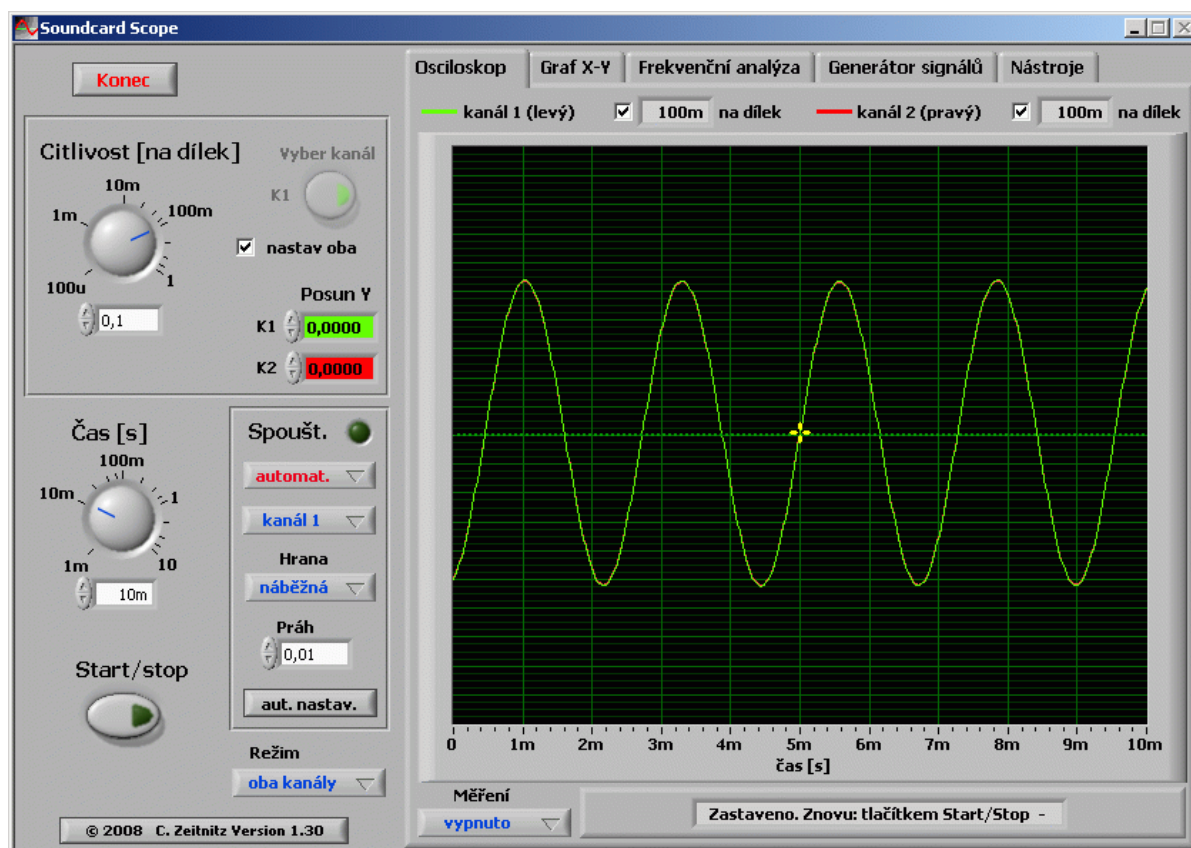
A nyní již ke konkrétním příkladům využití těchto programů.

Příklad 1: počítač jako „běžný“ osciloskop – periodické zvuky

S běžným mikrofonem připojeným do mikrofonního vstupu počítače můžeme pomocí programu *Soundcard Scope* zobrazit **časový průběh** signálu – například zvuku ladičky nebo jiných zvuků: foukání na láhev, tónu kytary, flétny nebo lidského hlasu.

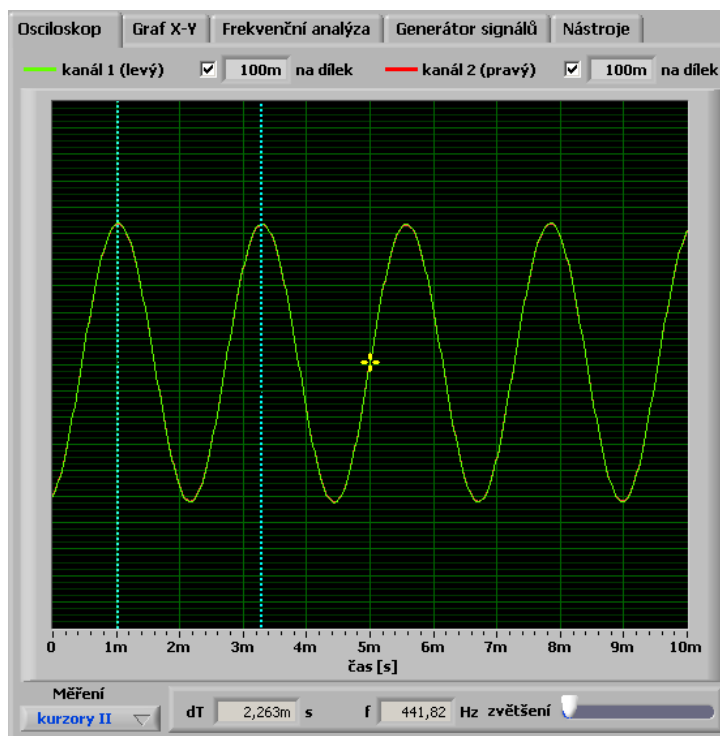
Zobrazený signál lze zastavit a pohodlně na něm ilustrovat, co je okamžitá výchylka, amplituda a perioda signálu. Celý „panel osciloskopu“ se záznamem zvuku ladičky ukazuje obr. 1. Podrobný popis jeho ovládání by přesáhl rozsah tohoto příspěvku a bude uveřejněn jinde. Na obr. 1 si však můžeme všimnout, že k dispozici máme ovládací prvky známé z „klasických osciloskopů“. K dispozici máme ovládání *Citlivosti* osciloskopu, časové základny („knoflík“ *Čas*) možnosti nastavení synchronizace signálu resp. spouštění (v části ovládacího panelu pod záhlavím *Spoušť*.)

Osciloskop v programu *Soundcard Scope* je dvoukanálový a umožňuje i zobrazení X-Y. Zvukové karty ovšem často mají vstup jen pro jeden kanál, zejména v případě připojení mikrofonu. (V tom případě zobrazení X-Y asi nevyužijeme.) Program ovšem nabízí i další možnosti: zobrazení frekvenčního spektra signálu a generování signálu různých průběhů.

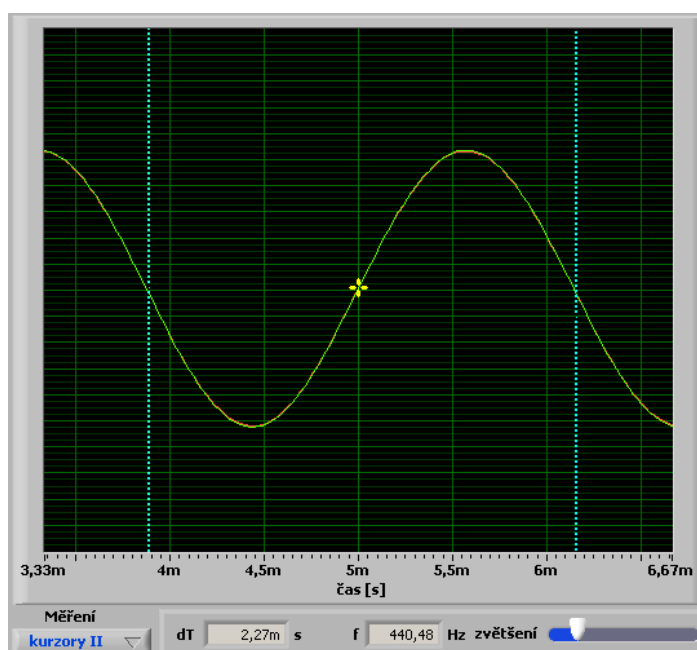


Obr. 1 Časový průběh signálu (zvuku ladičky) pomocí programu *Soundcard Scope*

V pozastaveném signálu lze pohodlně měřit periodu, jak to ukazuje obr. 2. Tlačítkem *Měření* zvolíme možnost mít na obrazovce dva svislé kurzory; jejich polohu nastavíme myší a dole odečítáme periodu a z ní vypočtenou frekvenci. Poznamenejme ovšem, že nesmíme věřit všem zobrazeným desetinným místům – posun kurzoru byt' o jediný pixel může změnit hodnotu vypočtené frekvence o několik Hz. Pro přesnější měření můžeme časovou osu „roztáhnout“, jak to ukazuje obr. 3.



Obr. 2 Měření periody signálu



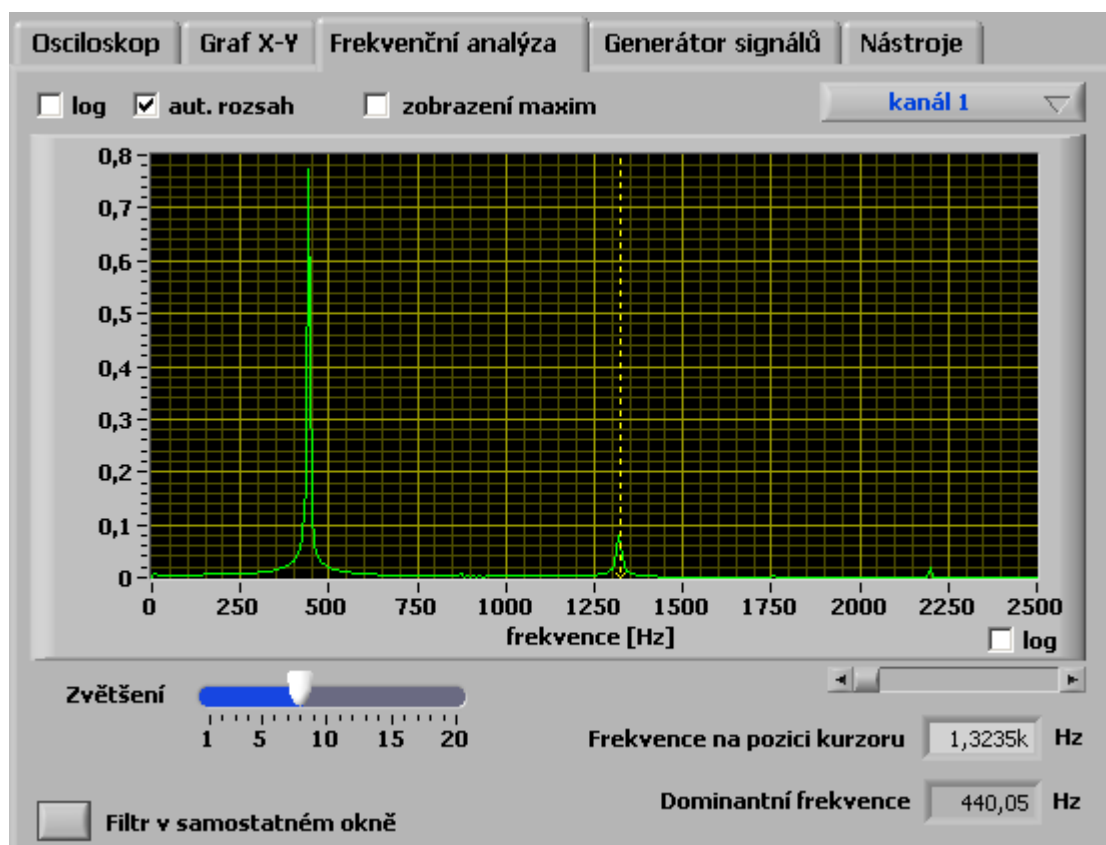
Obr. 3 „Roztažení“ časové osy pro přesnější měření periody signálu

Příklad 2: počítač jako digitální osciloskop – frekvenční spektrum

Již v předchozím příkladu jsme samozřejmě využili počítač jako digitální osciloskop. (Na analogovém osciloskopu těžko pozastavíme signál.) *Soundcard Scope* ovšem, podobně jako většina digitálních osciloskopů, nabízí i výpočet a zobrazení frekvenčního spektra signálu.

Obr. 4 ukazuje frekvenční spektrum ladičky těsně po úderu gumovým kladívkem. Ve spektru signálu můžeme vidět i třetí harmonickou frekvenci a velmi slabě i pátou; samozřejmě ale dominuje základní frekvence 440 Hz. (Vyšší harmonické s časem velmi rychle vymizí.)

Frekvenci lze odečítat pomocí kurzoru ovládaného myší (svislá žlutá čárkovaná čára), dominantní frekvenci *Soundcard Scope* vždy ukazuje automaticky. Z obr. 4 je vidět, že tato frekvence v případě ladičky velmi dobře souhlasí s hodnotou, která je na ladičce uvedena. Obecně je měření frekvencí ve frekvenčním spektru většinou přesnější než měření z periody odečtené v časovém průběhu signálu. (Výjimkou mohou být signály nízkých frekvencí.)



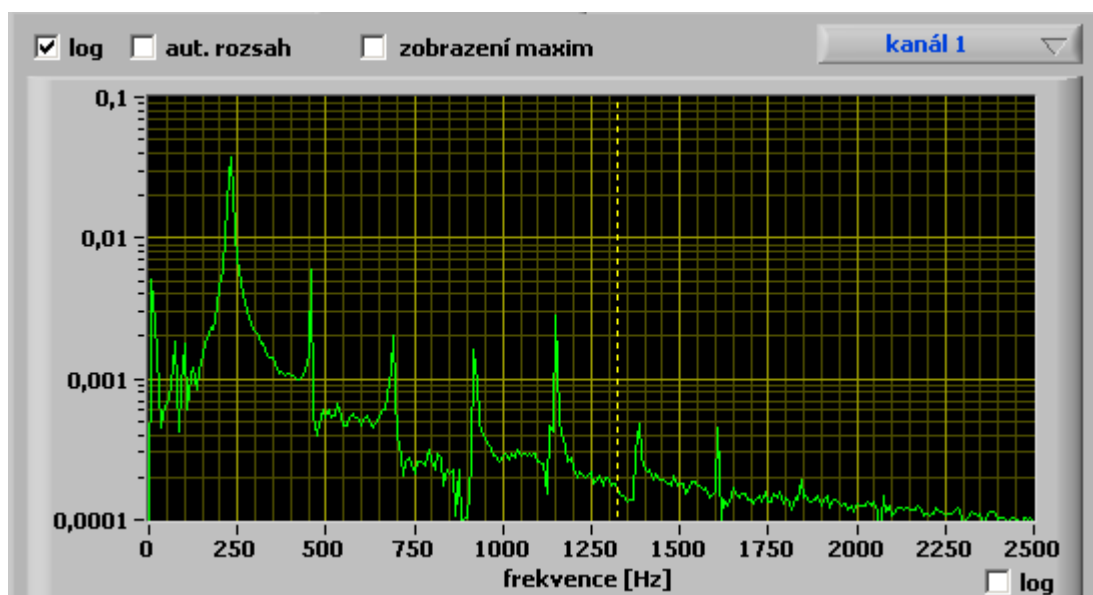
Obr. 4 Frekvenční spektrum zvuku ladičky

Frekvenční spektrum se počítá a zobrazuje až do 20 kHz. Můžeme si ale prohlížet jeho detaily, tedy „roztáhnout“ frekvenční osu pomocí posuvníku *Zvětšení*. Frekvenční osa se roztahuje symetricky kolem svislé čáry kurzoru; ve spektru lze zobrazený „výsek“ posouvat neoznačeným posuvníkem vpravo dole.

Zobrazení frekvenčního spektra nabízí řadu možností: zobrazení frekvencí i amplitud signálů v logaritmické škále, automatickou nebo ruční volbu rozsahu amplitud (při ruční volbě je třeba myší ťuknout na maximální údaj u svislé osy a přepsat jej) a další.

Zobrazení frekvenčního spektra lze ve výuce fyziky využít v řadě případů. Zůstaneme-li v oblasti akustiky, může jít o demonstraci, že vyšší harmonické jsou celočíselnými násobky základní frekvence (případně že v případě bicích nástrojů tomu tak nemusí být), o zjištění, jak frekvenční spektrum souvisí s barvou zvuku („ostřejší“ tóny mají výrazně víc složek vyšších frekvencí), nebo samozřejmě o měření frekvence zvuku. Lze třeba soutěžit, kdo ze třídy zazpívá hlubší nebo naopak vyšší tón a kdo má největší rozsah tónů (Bobby Mc Ferrin má prý čtyři oktávy, toho asi málokdo předstihne, ale proč to nezkusit). Lze ověřovat, zda ladička má opravdu frekvenci 440 Hz, jak je na ní napsáno, nechat žáky odhadnout frekvenci tónu kytary nebo jiného nástroje a pak změřit, kdo měl nejlepší odhad, atd.

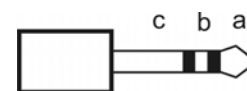
Obr. 5 ukazuje, jak může vypadat frekvenční spektrum lidského hlasu. Konkrétní tvar spektra samozřejmě závisí na hlásce, kterou zpíváme, a na barvě hlasu mluvčího. Obrázek zároveň ukazuje, že reálně naměřené frekvenční spektrum má daleko do „učesaných“ učebnicových obrázků spekter.



Obr. 5 Frekvenční spektrum hlásky „á“, amplitudy jsou zobrazeny v logaritmické škále

K tomu, abychom žáky přesvědčili, že na vodorovné ose se opravdu zobrazuje něco, co souvisí s výškou tónu, se osvědčilo pískat na laditelnou píšťalku nebo prostě ústy a měnit výšku tónu. Žáci pak jasně vidí, že s měnící se výškou tónu se mění frekvence.

Pro všechny podobné pokusy stačí libovolný běžný mikrofon k počítači. Potřebujeme-li mikrofon vsunout do malých prostor (například do láhve nebo do úzké trubice – vyzkoušejte si, jak se zde zvýrazní frekvence, na nichž sloupec vzduchu rezonuje!), můžeme využít levný malý elektretový mikrofon, který se jako součástka prodává v prodejnách elektronických součástek – např. typ MCE100 stojí necelých deset korun. K mikrofonnímu vstupu počítače jej připojíme stíněným kablíkem zakončeným konektorem 3,5 mm (slangově zvaným „jack“, viz obr. 6). „Špičky“ a, b konektoru propojíme se „středním vývodem“ mikrofonu, „tyčinku“ c s vývodem mikrofonu, který je spojen s jeho pláštěm. Tím je zajištěno správné napájení mikrofonu z mikrofonního vstupu.



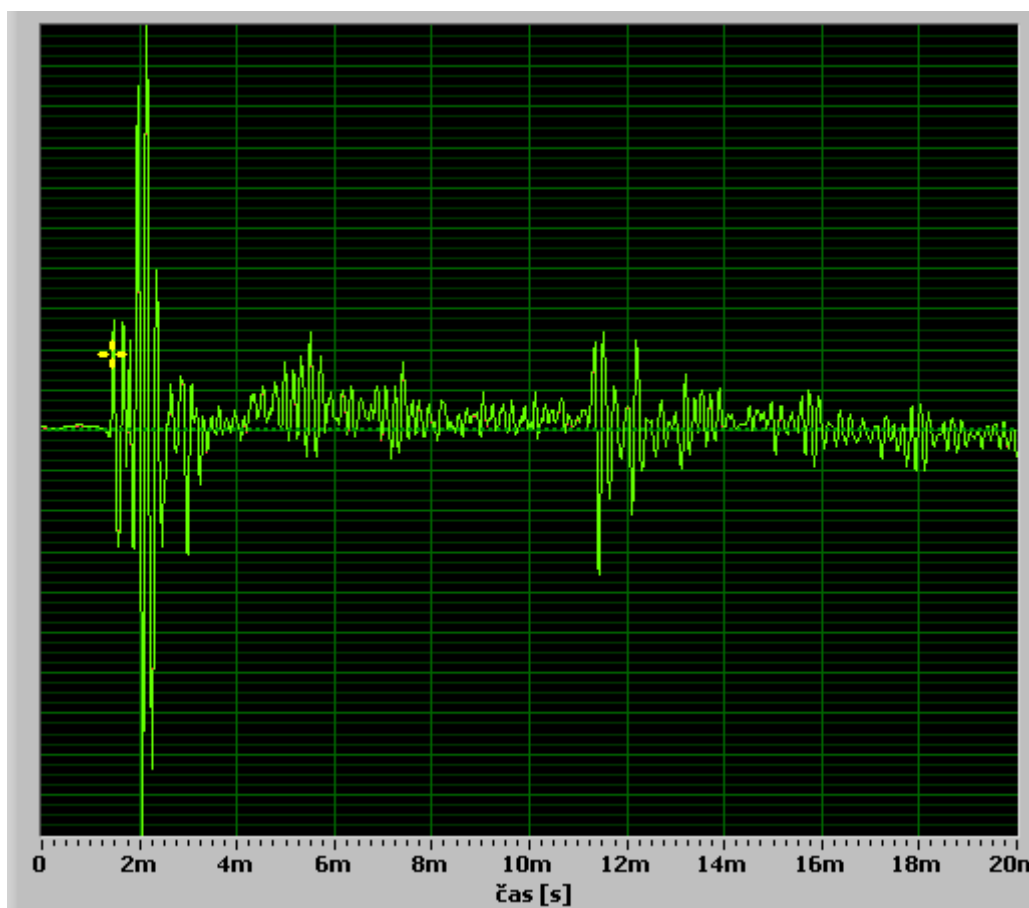
Obr. 6 Konektor pro připojení mikrofonu k počítači

Příklad 3: časový průběh jednorázových dějů

Program *Soundcard Scope* umožňuje i zaznamenání a zobrazení jednorázových dějů. Stačí nastavit volbu *Spouštění* (zkráceně označenou jako „Spoušť.“) na hodnotu „normální“ nebo „jednorázové“.

Rozhodující pro zaznamenání signálu je jeho velikost. Je-li menší než hodnota nastavená polohou žlutého křížku na obrazovce (nebo hodnotou Práh), neděje se nic. Jakmile velikost signálu přesáhne nastavenou hodnotu, signál se zaznamená a zobrazí. Jak vidíme z obr. 7, zaznamená se ve skutečnosti i část signálu před okamžikem spuštění. To se může hodit, chceme-li vědět, co nějaké události předcházelo.

Obrázek 7 naznačuje i jedno z možných využití: Spolu s původním zvukem (krátké tlesknutí) zobrazuje i zvuk odražený od blízkých předmětů (podlahy, stropu, stěny). Toho můžeme využít k demonstraci principu ozvěny a k určení rychlosti zvuku. Zvuk je vhodné nechat odrážet třeba od tabule nebo od rovné stěny a potlačit vliv nechtěných odrazů – třeba tak, že na blízké předměty dáme látku pohlcující zvuk, například svetr. Podstatné je, aby původní zvuk byl velmi krátký; běžné tlesknutí nebo úder do většího dřevěného předmětu většinou trvají příliš dlouho a odražený zvuk s nimi splyne. Doporučujeme vše předem vyzkoušet.



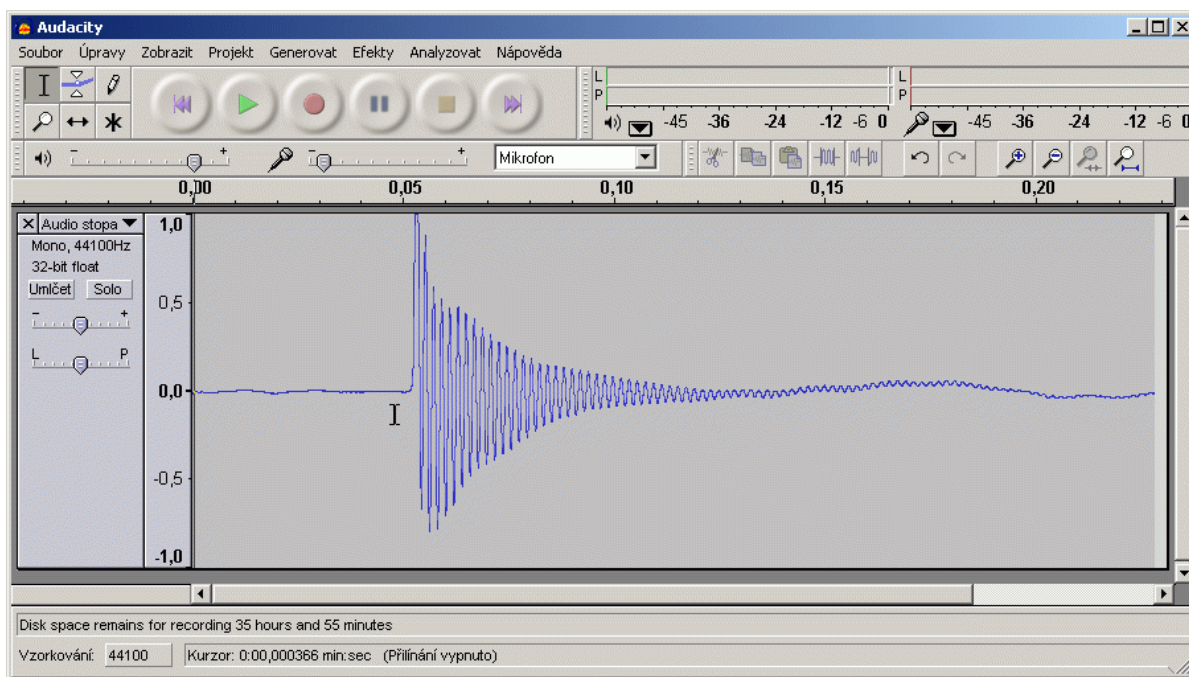
Obr. 7 Časový průběh jednorázového děje (tlesknutí prsty)

Dodejme ještě, že je-li spouštění nastaveno na *normální*, program po každém dalším silném signálu zobrazí tento nový signál (a o předchozí záznam přijdeme). Při *jednorázovém* spouštění se po prvním zaznamenaném signálu pozastaví, jako bychom stiskli tlačítko Start/stop.

Příklad 4: nahrávání a analýza delších signálů

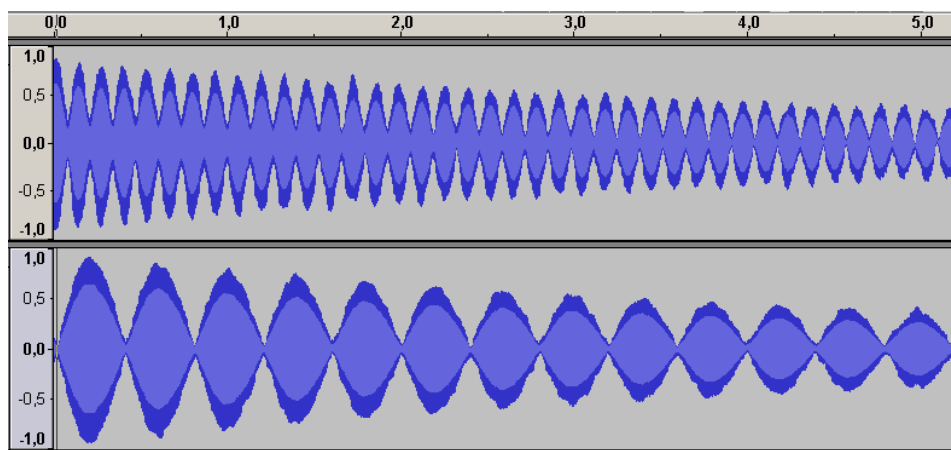
Pro záznam delších dějů se hodí spíše program *Audacity*. Obr. 8 ukazuje záznam tlumených kmitů sloupce vzduchu ve válcové sklenici po lehkém ťuknutí na její dno. Z frekvence kmitů by bylo možno přibližně určovat rychlost zvuku, pokus lze však také prostě využít k demonstraci tlumených kmitů.

Z obrázku je vidět, že základní ovládací prvky programu *Audacity* se podobají tlačítkům na kazetovém magnetofonu. (Signál nahráváme po stisku červeného tlačítka, nahrávání ukončíme stiskem tlačítka označeného žlutým čtverečkem.) Nepotřebné části záznamu můžeme označit pomocí myši a vymazat stiskem tlačítka *Delete* (na klávesnici počítače), abychom žákům ukázali právě tu část signálu, která je zajímavá pro naše měření či demonstraci.



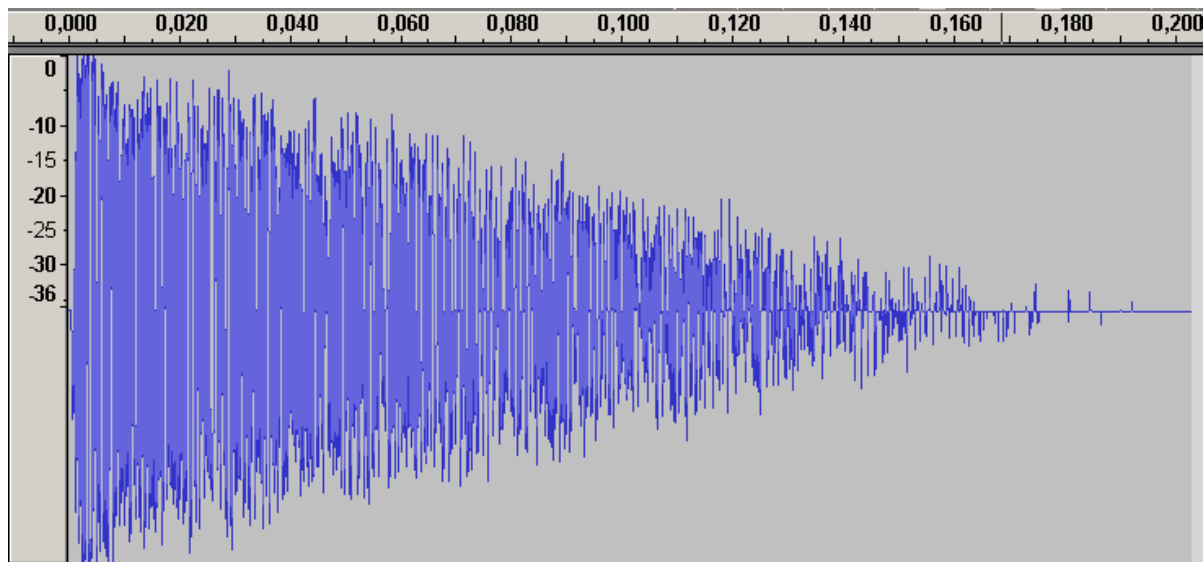
Obr. 8 Tlumené kmity vzduchu ve sklenici zaznamenané programem *Audacity*

Obr. 9 ukazuje příklad ještě déle trvajícího signálu – rázů dvou ladiček. Ukazuje také, že v *Audacity* můžeme postupně nahrát několik signálů a pak je porovnávat.



Obr. 9 Rázy při různém rozladění dvou ladiček

Další možností využití může být demonstrace toho, jak po vypnutí zdroje zvuku klesá hlasitost zvuku v místnosti. Obr. 10 ukazuje výsledek velmi jednoduchého pokusu – nahrání zvuku tlesknutí. Zobrazení velikosti signálu je přitom přepnuto do logaritmické škály, takže úroveň signálu je vynesena v decibelech. (V dB je i škála na levém okraji okénka. Zobrazení přepneme v menu, které se objeví po klepnutí na šipku v levé horní části okénka, vedle nápisu Audio stopa.)



Obr. 10 Demonstrace dozvuku místnosti (velikost signálu je v decibelech)

I když jde o jednoduchý pokus, umožní nám odhadnout dobu dozvuku místnosti. V našem případě vidíme, že hladina intenzity zvuku poklesla o 30 dB asi za 0,15 s, a navíc, že pokles je zhruba lineární. Pokles o 60 dB by tedy trval asi 0,3 s – a právě doba, za níž hladina intenzity zvuku poklesne o 60 dB, se bere jako doba dozvuku. Doba dozvuku v naší místnosti je tedy asi 0,3 s. Jde sice o měření velmi přibližné, ale zopakujeme-li ho například ve velké prázdné tělocvičně nebo v katedrále, uvidíme, že hlasitost zvuku klesá mnohem pomaleji, tedy že doba dozvuku je podstatně delší.

Další možnosti mohou zahrnovat nahrání zvuku houkačky stojícího a rychle jedoucího auta a následnou demonstraci Dopplerova jevu. Ze změřených frekvencí (*Audacity* také umí vypočítat a zobrazit frekvenční spektrum) můžeme vypočítat rychlost auta a porovnat ji s rychlostí, kterou udával tachometr auta. *Audacity* můžeme využívat i pro nahrávání a proměňování odrazů zvuku podobně, jako jsme to popisovali výše v Příkladu 3.

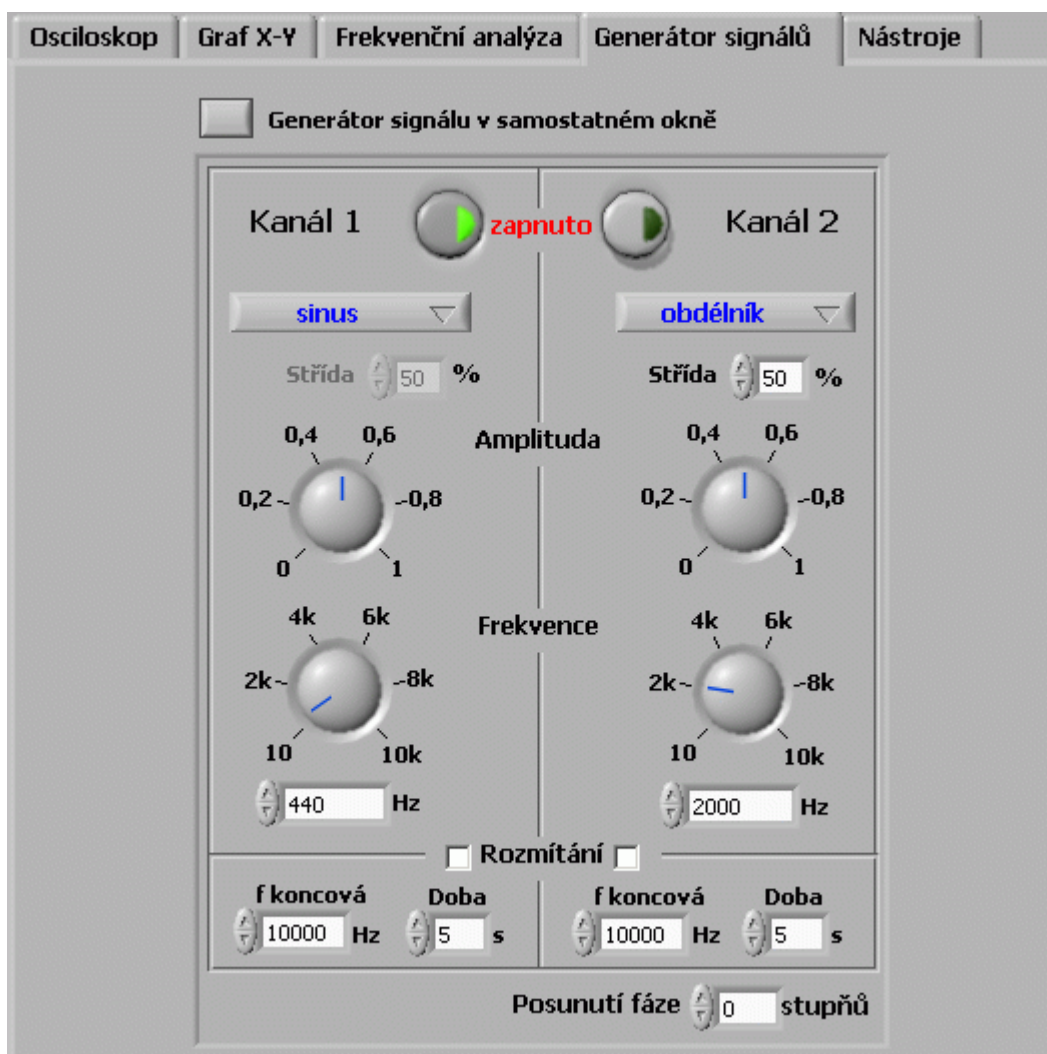
Příklad 5: počítač jako generátor signálů

Při pokusech z oblasti akustiky, ale nejen tam, často využijeme generátor signálů. Nechceme-li používat speciální přístroj (signální generátor resp. generátor funkcí, jak se někdy nazývá), můžeme s výhodou využít generátoru signálů, který je součástí programu *Souncard Scope*.

Souncard Scope umožňuje generovat signály různých průběhů v rozsahu frekvencí od několika Hz do přibližně 20 kHz. (Musíme si ovšem být vědomi omezení daných zvukovou kartou – nečekejte, že na sluchátkovém výstupu počítače dostanete „učebnicové průběhy“ signálů, zejména pokud jde o signály vyšších frekvencí nebo např. o signál obdélkového průběhu. Na druhou stranu pro mnoho školních pokusů tento generátor bohatě stačí.)

Soundcard Scope nabízí možnost generovat signály harmonického průběhu a průběhu trojúhelníkového, obdélníkového a pilového. Další možností je generování bílého šumu (tedy šumu, který v sobě zahrnuje složky všech frekvencí).

Jak ukazuje obr. 11, k dispozici máme vlastně dva generátory, pro levý a pravý kanál, jejichž parametry můžeme nastavovat nezávisle. Kromě již výše uvedených možností lze nastavovat amplitudy generovaných signálů, jejich vzájemný fázový posun a samozřejmě generátory v obou kanálech nezávisle zapnout a vypnout. K dispozici je i možnost generovat signál, jehož frekvence se plynule mění (stačí zaškrtnout okénko *Rozmítat*).



Obr. 11 Signální generátor programu *Soundcard Scope*

Generátor můžeme využít pro „měření“, které má dle zkušenosti u žáků vždy velký úspěch. Jde o zjištění, do jak vysokých frekvencí člověk slyší. Žáci, protože jsou mladí, dobře slyší i vysoké tóny – na dotaz, kdo slyší tón, když frekvenci nastavíme například na 15 kHz, zvedne ruku celá třída. Při frekvencích okolo 19 kHz se již ale zdaleka nehlásí všichni a tón o frekvenci 20 kHz už obvykle slyší jen někteří. Samozřejmě, pro tento pokus je třeba k počítači připojit reproduktory, které jsou schopny tak vysoké frekvence dostatečně hlasitě vyzářit.

„Technická poznámka“ k ovládání generátoru signálů: Frekvence nad 10 kHz již nelze nastavit pomocí „knoflíku“ ovládaného myší. Příslušnou frekvenci je třeba napsat do okénka (a stisknout Enter).

Další možnosti využití zahrnují například velmi pohodlnou demonstraci rázů. Zde s výhodou využijeme toho, že frekvence lze nastavovat s krokem 0,1 Hz (a měnit je o tuto hodnotu stiskem šipek vedle příslušného okénka). Při rozladění o například 1 Hz lze rázy velmi dobře slyšet – a snímáme-li zvuk mikrofonom a zobrazujeme časový průběh signálů, můžeme velmi dobře vidět, jak amplituda výsledného signálu „pulzuje“. Zde je výhodou, že program *Soundcard Scope* můžeme používat jako osciloskop, i když současně generuje signál. Dokonce můžeme generátor signálu zobrazit v samostatném okně a současně tak měnit třeba frekvenci a pozorovat výsledný signál na osciloskopu.

Zvukem o přesně nastavené frekvenci můžeme též nechat rozeznít ladičku, vzduchový sloupec v trubici atd. Náročnější zájemci by také mohli, například v rámci nějakého projektu, demonstrovat či proměřovat rezonanční křivku (třeba právě kmitů vzduchu v trubici).

Závěr

Řada z výše uvedených námětů jsou pokusy a demonstrace velmi rychlé a dají se udělat tak, že jsou pro žáky zajímavé a působivé.

Jak už ale bylo naznačeno, některé z námětů, zejména, pokud je dále rozvineme, mohou přesáhnout možnosti obvyklých demonstračních experimentů či laboratorních prací vhodných do běžné výuky. Mohou ale být inspirací třeba pro kratší žakovské a studentské projekty. Pro ně může být výhodné, že počítač se zvukovou kartou je dnes výrazně běžnější a dostupnější než třeba osciloskop či generátor signálů.