

## Konečně školní měřicí systém s výstupním analogovým signálem

FRANTIŠEK LUSTIG

Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta Praha, KVOF

### Abstrakt

Průspěvek stručně shrne vlastnosti školních měřicích systémů podporovaných počítačem hlavně z pohledu experimentálních možností. Nové široké možnosti uplatnění přináší měřicí systémy, které mají programově nastavitelný analogový výstupní řídicí signál, který poslouží jako vstupní signál do školního experimentu. Výstupní signál se chová jako multifunkční generátor signálu. V příspěvku objasníme problematiku USB zařízení z pohledu vstupních a výstupních signálů v jednoduchých měřicích systémech. Představíme nový jednoduchý měřicí systém ISES-USB-IN/OUT s výstupním analogovým signálem a několik ukázkových experimentů.

### Úvod

Jenom velice stručně, protože měřicí systémy podporované počítačem spadají až k roku 1985, kdy se poprvé objevují CAE (Computer Aided Experiment), CBL (Computer Based Laboratory), aj. V této době se poprvé objevují počítače jako součást původně hads-made experimentů. Ve světě 8-mi bitové počítače typu Sinclair, u nás IQ-151 a PMD-85. Je zajímavé, že ještě dříve než se objevil software typu Office aj., nalézají tyto jednoduché počítače uplatnění v řízení experimentu, též i školního. A zároveň je zajímavé, že tyto experimenty využívají nejenom analogový *vstup* (jako nyní), ale též i počítačový analogový *výstup*, tzv. Analogově Digitální (AD) a Digitálně Analogové (DA) převodník. Tyto převodníky se dříve připojovaly přímo na sběrnici počítače, resp. též na rozhraní LPT (tiskárna) nebo COM (sériový port). Softwarová obsluha převodníků byla jednoduchá a hlavně přímá, byla rychlá z pohledu elektroniky. Později se objevují lepší počítače se sběrnici ISA, PCI, vznikají profesionální měřicí systémy LabVIEW, též i český ISES [1] aj. s měřicí kartou v počítači, které mají opět vstupní i výstupní kanály. Nové počítačové rozhraní USB přináší nové jednoduché měřicí systémy bez nutnosti instalovat ADDA kartu do počítače. Přicházejí měřicí systémy Vernier, Pasco, ISES-USB aj., které jsou s USB rozhraním, ale mají pouze vstupní AD převodníky, *nemají výstupní analogový signál* vhodný pro řízení experimentů. Používají se externí napájecí zdroje, externí signální generátory, což komplikuje a rovněž prodražuje vlastní experiment.

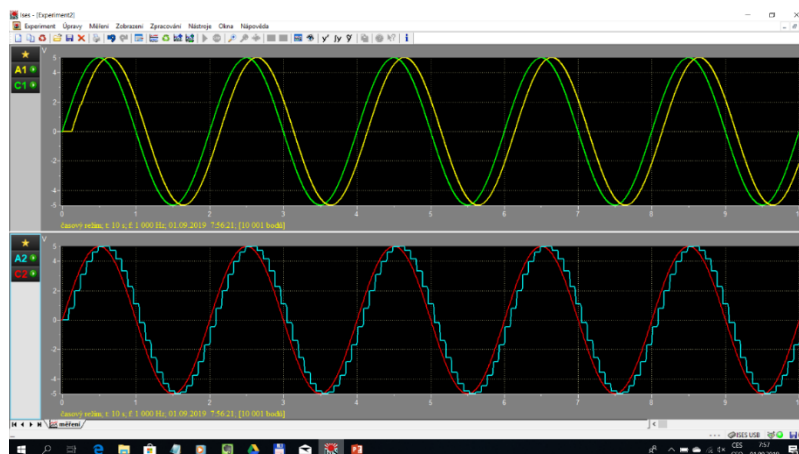
### Metody řešení výstupního DA analogového signálu s USB rozhraním

USB rozhraní typu 1.0, 2.0, 3.0 samozřejmě umožňuje vstupní i výstupní komunikace. Umožňuje nahrávat i přehrávat multimediální přenosy (hudbu, video) ve velmi slušné

kvalitě. Snímá se i vysílá se velice rychle, i když ne úplně precizně. V těchto blokových přenosech mohou být výpadky jednotlivých přenášených dat (drop-out). To je normální, protože tok multimediálních dat ven i dovnitř je vysoký a výpadek malého počtu dat se v multimediálním audio/video signálu plně ztratí. Tento režim USB přenosu se ale nemůže použít pro měření a řízení. Pro měření a řízení tzv. „point to point“ (bod za bodem) se musí přepínat směr řízení přenosu, jeden bod výstup, jeden bod vstup. A to je pro USB rozhraní typu 1.0 až 3.0) pomalé a téměř nepoužitelné. Dochází totiž ke zpoždění výstupního a vstupního signálu, (který by měl být pro experiment samozřejmě synchronní). A proto se jednoduché měřicí systémy s USB rozhraním převážně řeší pouze jako vstupní měřicí systémy pouze s analogovým vstupem, ale bez výstupního analogového výstupu.

Nové rozhraní USB-C, které se nově již objevuje, které má mimochodem oválný symetrický konektor (nezáleží, zda je zasunut vrchem, či obráceně) a má 2 x 12 pinů. USB 3.0 má pouze 4 piny – jeden datový pár vodičů, napájení 5 V a zem. USB-C má hlavně dva datové páry a ty se mohou současně využívat pro přenos do zařízení a ven ze zařízení. Takže již nebude problém se synchronizací vstupu a výstupu, Ale s tímto rozhraním USB-C se zatím neobjevily žádné školní měřicí systémy.

V novém měřicím systému ISES-USB-IN/OUT jsme problém nesynchronního vstupního a výstupního signálu (viz obr. 1) trochu „obešli“, ale vyřešili!



Obr. 1. Ukázka problematického nesynchronního vstupního a výstupního signálu (viditelný fázový posuv), rovněž zde vidíme „zubatost“ výstupního signálu.

Vyřešili jsme to tak, že nezobrazujeme přímý výstupní signál (v našem případě kanál „C“, ale zobrazujeme ho prostřednictvím vstupního signálu v kanálu „A“ nebo „B“. A protože se většinou bude jednat o experimenty s časovým záznamem nebo o voltampérové charakteristiky, kde se měří voltmetry nebo ampérmetry, je možné pro zobrazení těchto závislostí využít jenom vstupní kanály. A pouze vstupní signály jsou již samozřejmě synchronní. Takže žádný fázový posuv vstupu a výstupu již nevidíme, ale fakticky ani nebude.

Měřicí systém ISES-USB-IN/OUT (viz obr. 2) disponuje 2 vstupními kanály „A“ a „B“, které umožňují připojení vlastních modulů ISES pro  $F_y$ ,  $C_h$  i  $B_i$ , ale i připojení

analogových modulů jiných systémů např. Vernier, Pasco aj. přes redukční konektor a má nově programovatelný analogový výstupní kanál „C“ přístupný na svorkách.



Obr. 2. Panel měřicího systému ISES-USB-IN/OUT, dva vstupní analogové kanály „A“ a „B“ (vzork. frekvence 100 kHz, 12-bit), výstupní analogový kanál „C“ (vzork. frekvence 50 kHz, 12-bit), svorky, multifunkční programovatelný signál.

K dispozici jsou tyto výstupní signály: sinus, pila, pulzy, trojúhelník, pila pro VA charakteristiky, rozmítaný signál od jedné do druhé frekvence, synchronizační signál, vše samozřejmě s nastavitelnou periodou, amplitudou a ofsetem. K dispozici je i ruční ovládání výstupního signálu během měření přes klávesnici nebo též i programovatelný výstupní signál, který si můžeme definovat zápisem libovolných matematických funkcí. A v neposlední řadě je to i možnost podmíněného ovládání výstupu v závislosti na vstupních měřených hodnotách např. pro automatizace.

Měřicí systém ISES-USB-IN/OUT má 2 vstupy 0 V až 5 V, 1 výstup -5 V až +5 V. Vzorkovací frekvence 100 kHz pouze pro vstupy a 50 kHz při současném použití vstupů a výstupu.

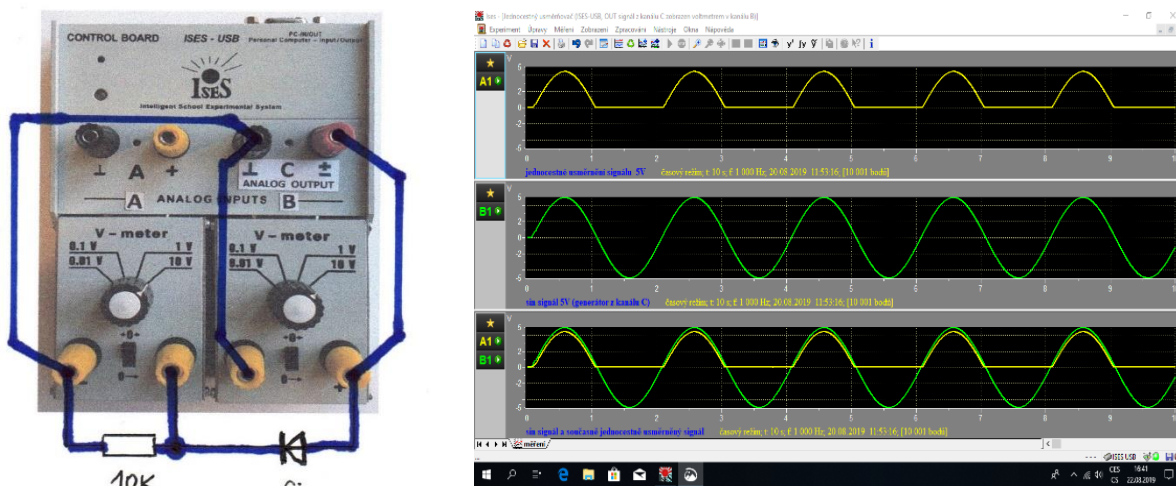
### **Ukázkové experimenty se soupravou ISES-USB-IN/OUT s využitím výstupního analogového signálu**

Obecně, jak jsme již výše popsali, budeme pro zobrazení výstupního kanálu „C“ používat voltmetr nebo ampérmetr ve vstupech „A“ nebo „B“. A ještě jedno důležité upozornění, budeme používat vzorkovací frekvenci 1.000 Hz a výše (pozn.: ISES-USB má implicitní frekvenci 100 Hz), tím odstraníme problém „zubatosti“ signálu (viz obr. 1).

#### ***Jednocestný usměrňovač.***

Na obr. 3 je zapojení i grafický výstup experimentu „Jednocestný usměrňovač“. Výstup „C“ je zobrazován pomocí voltmetru v kanálu „B“. Usměrněné napětí je zobrazováno voltmetrem v kanálu „A“. Samozřejmě lze zopakovat podobný experiment

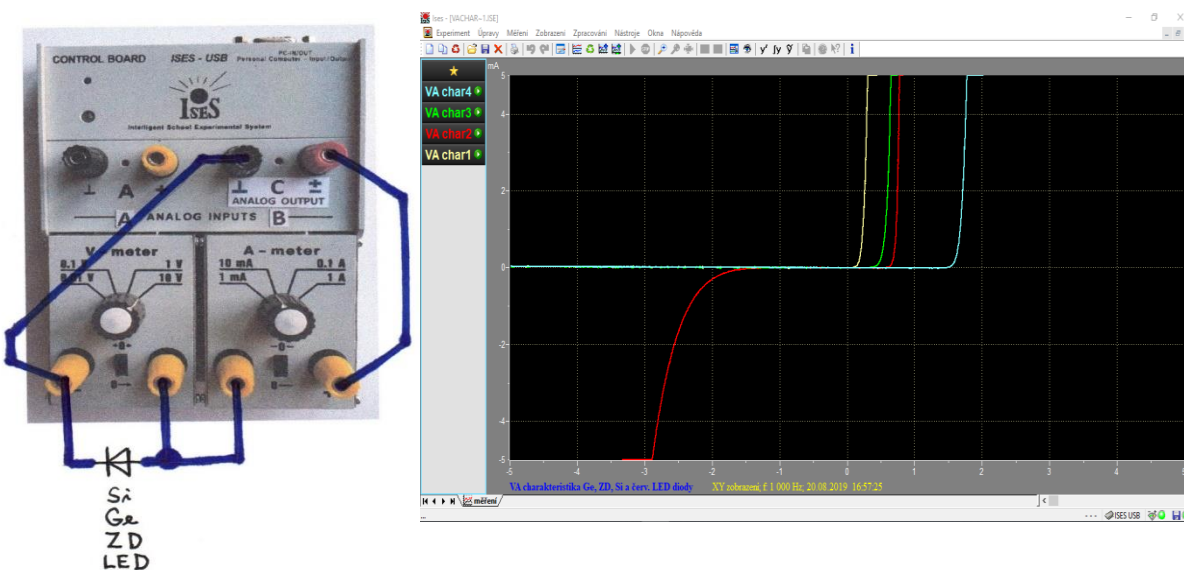
s dvoucestným usměrňovačem, dále pak též studovat vliv zátěže, vyhlazení kondenzátorem, úbytek napětí na diodě aj.



Obr. 3. Zapojení a grafický výstup signálů z experimentu „Jednocestný usměrňovač“.

### Voltampérová charakteristika diod

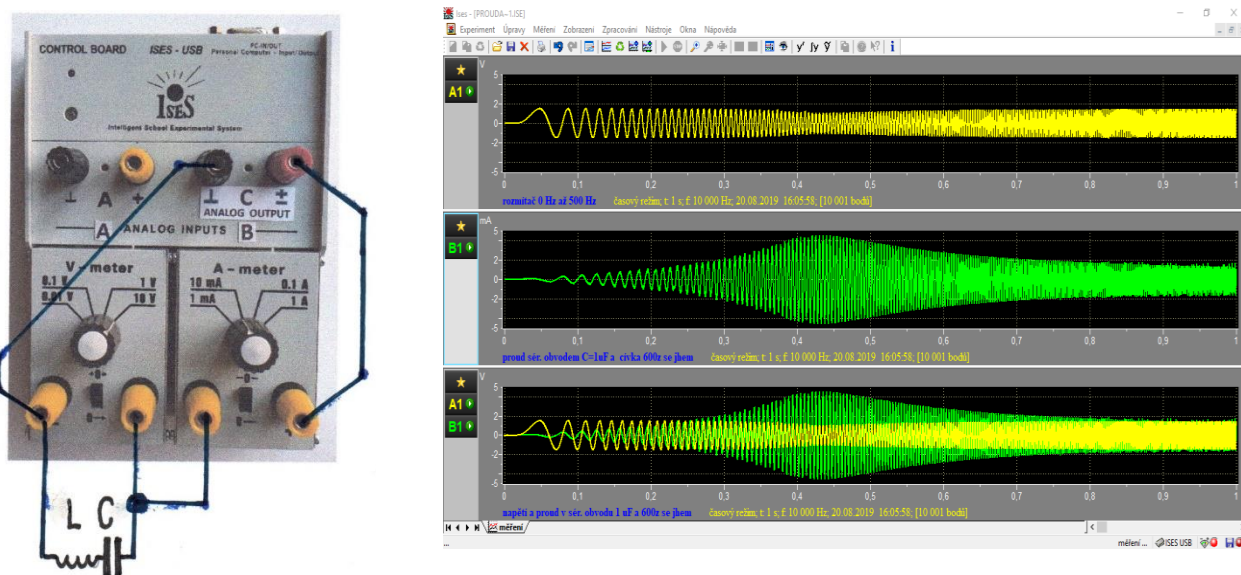
Na obr. 4 je zapojení i grafický výstup experimentu „Voltampérová charakteristika diod“. Výstup „C“ je zapojen do ampérmetru v kanálu „B“. Napětí na diodě je zobrazováno voltmetrem v kanálu „A“.



Obr. 4. Zapojení a grafický výstup signálů z experimentu „Voltampérové charakteristiky Si, Ge, ZD a LED diod“.

### Rezonance v sériovém LC obvodu

Na obr. 5 je zapojení i grafický výstup experimentu „Rezonance v sériovém LC obvodu“. Cívka 600 závitů se jhem ze školního rozkládacího transformátoru,  $C = 1 \text{ uF}$ . Příklad na složitější experiment, kde se využívá výstupní rozmítaný sinus signál s proměnnou frekvencí od 0 Hz do 500 Hz. Sériový LC obvod vykazuje proudovou rezonanci při cca 215 Hz. Zajímavý je fázový posun proudu a napětí před rezonancí a po rezonanci. Na počátku předbíhá proud napětí proud a ke konci napětí proud.



Obr. 5. Zapojení a grafický výstup signálů z experimentu „Rezonance v LC obvodu“.

### Závěr

Příspěvek nepřináší nové experimenty. Vše již existovalo s měřicími systémy, které používaly ADDA kartu na sběrnici počítače. Příspěvek chtěl ukázat, že lze zkonstruovat jednoduché USB experimentální měřicí systémy, které disponují *analogovým multifunkčním výstupním signálem*, který zjednoduší experimentování bez nutnosti externího zdroje, či externího funkčního generátoru.

### Literatura

[1] ISES, available: <http://www.ises.info>, [Online], [Accessed: 01-September-2019].