

Pár věcí z tábora, tentokrát na téma „Výprava za čtvrtým rozměrem aneb Čas a pohyb kolem nás“

PAVEL BÖHM, VĚRA KOUDELKOVÁ

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy
v Praze

V tomto příspěvku jsou stručně představeny nejzajímavější projekty realizované v rámci odborného programu Soustředění mladých matematiků a fyziků – konkrétně jde o tyto projekty: bublinologie, kouzlo okamžiku, theremin, planimetr, konferenční časomíra, digitální hodiny a plotter.

O táboře

O *Soustředění mladých matematiků a fyziků* (dále jen „tábor“) [1] referujeme na *Veletrhu nápadů učitelů fyziky* každoročně. Protože letos máme opravdu hodně projektů, které stojí aspoň za krátké představení, vynecháme tentokrát ostatní informace (o mimoodborném programu, zvaných přednáškách, kursech matematiky a fyziky a podobně). Podrobnější informace o minulých i budoucích táborech lze hledat na stránkách tábora [1].

Projekty

Odborné téma letošního tábora jsme nazvali *Výprava za čtvrtým rozměrem aneb Čas a pohyb kolem nás*. Neznamená to, že nemohly být realizovány na přání účastníků i projekty s tímto tématem související jen málo, nebo dokonce skoro vůbec.

Seznam letošních projektů:

- Bublinologie
- Kouzlo okamžiku
- Theremin
- Planimetr
- Konferenční časomíra
- Digitální hodiny
- Plotter
- Dejte mi pevný bod a pohnu Zemí
- Možnosti krystalky
- Na šikmé ploše
- Radioaktivita
- Setrvačníky
- Sluneční hodiny
- Jak dlouho trvá
- Jak dlouho padá
- Hejblátka

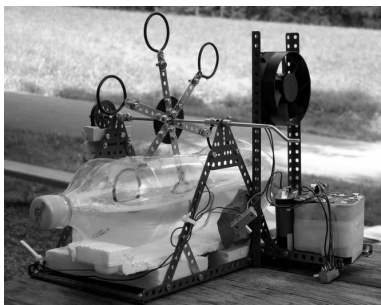
Bublinologie

S bublinami se dá dělat spousta věcí. Vděčné je už samotné vyrábění bublin. Aby bubliny šly udělat co největší a dlouho vydržely, musíme mít správný roztok. Návodů na výrobu vhodných roztoků můžeme najít na internetu mnoho (například v [2], kde je i mnoho jiných užitečných informací o bublinách), obvykle roztoky obsahují vodu, saponát a přísady na zpevnění bublin (glycerol, želatina, cukr, vazelína a podobně). Nám se osvědčil roztok voda : jar : glycerol = 20 : 2 : 1.

Bubliny se dají vyfukovat téměř z jakéhokoli předmětu s uzavřeným obvodem a volnou plochou uprostřed, na které se roztok zachytí, např. trychtýř, drátěné konstrukce, provázek, uříznutá PET láhev a mnohé další.

Čím je větší plocha, tím větší jsou i bubliny, proto je pro velké bubliny vhodná asi 2 m dlouhá tyč s popruhy, jež jsou připevněny na konci a na posuvném válci, takže lze měnit tvar plochy.

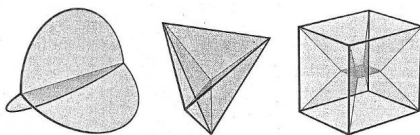
Pro automatické generování velkého množství bublin jsme vyrobili „bublinostroj“, což byla konstrukce z Merkuru se šesti drátěnými očky, která se pomocí elektricky poháněné hřídele otáčela kolem společné osy, a při každém otočení nabrala z PET láhve trochu roztoku, který byl díky počítačovému větráčku proměněn v bubliny. Takto bylo možné během krátké chvíle vytvořit několik desítek bublin.



Bublinostroj

Tvary bublin

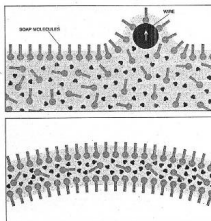
Bubliny se v důsledku povrchového napětí snaží zaujmát tvar s co nejmenším povrchem. Pro jednotlivé volné bubliny je to koule. Zajímavější tvary lze pozorovat při styku více bublin nebo je-li blána vytvořená v drátěné konstrukci.



Zajímavé tvary blan vytvořené v drátěných konstrukcích

Struktura a barvy bublin

Bubliny mají tři vrstvy. Vnitřní a vnější je tvořena molekulami mýdla, zatímco prostřední vodou.



Povrch bubliny

Vytvoříme-li bublinovou blánu uvnitř svislého rámečku, bude roztok vlivem gravitace postupně stékat, takže horní části budou tenčí než dolní části. Na bublinové bláně se uplatňuje interference, což způsobuje duhové zbarvení.

Jak určit tloušťku stěny bubliny

Tloušťku bubliny určíme změřením jejího průměru a hmotnosti při znalosti hustoty bublinového roztoku, protože:

$$\text{hmotnost bubliny} = \pi(\text{průměr})^2 \cdot \text{tloušťka} \cdot \text{hustota roztoku}.$$

Hmotnost bubliny jsme určili zvážení 100 bublin vytvořených bublinostrojem. Tloušťka bubliny vyšla řádově v mikrometrech.



Výroba obřích bublin pomocí provázkového bublifuku

Kouzlo okamžiku

Pomocí fotoaparátu Casio EX-F1 (cena okolo 18 000 Kč) lze pořizovat vysokorychlostní videa (až 1200 snímků za sekundu při nízkém rozlišení 336×96). Můžeme tak prozkoumávat děje, které bychom jinak díky jejich krátkému trvání neměli šanci vnímat.

Několik námětů na použití rychloběžné kamery

Blikání zářivky, hoření prskavky, zapálení sirky, odraz míče, prasknutí balónku s vodou, volný pád pružiny, hmyz, destrukce všeho možného (my jsme například házeli jablko z druhého patra na chodník), voda, struny, ...

Na co si dát pozor

Při pořizování je vhodné mít stativ a dobře si přichystat scénu. Musí být dobře osvětlená (ještě lépe než při normálním focení) a je potřeba promyslet rozestavení předmětů. Naším nejčastějším problémem bylo „utíkání“ natáčených objektů mimo záběr. Při rychlosti 1200/s za sekundu je totiž aktivní zorný úhel velmi malý. Je vhodné pomocí nenápadných značek předem označit místa, která fotoaparát ještě zabírá.

Video je nutné sestříhat, protože pouze malá část natočeného materiálu obsahuje něco zajímavého – to je způsobené tím, že i drobná prodleva před a po události, kterou chceme zachytit, znamená mnoho desítek sekund natočeného filmu.

Náměty na další využití videí

Může být zajímavé videa pouštět pozpátku (zvláště u destrukcí předmětů).

Nad zpracovanými videi se můžeme dále zabývat měřením času. Lze například ověřit frekvenci blikání zářivky, počítat dopadovou rychlost míče a dobu odrazu, frekvenci mávání křídel hmyzu a podobně.

Natočená videa mohou sloužit jako doplněk při výuce. Například lze pozorovat, jak můra naklání při mávání křídla jiným způsobem při pohybu nahoru a jinak při pohybu dolů. Podobně to děláme my s dlaněmi, když plaveme. To může sloužit při studiu odporových sil.

Theremin

Theremin je elektronický hudební nástroj vynalezený v 1. polovině 20. století. Při hraní na theremin se hudebník nástroje nedotýká – ovládání hlasitosti i frekvence zvuku je založeno na pohybu rukou a prstů. Vyluzovaný zvuk je podobný lidskému hlasu nebo smyčcovým nástrojům.

Na YouTube po zadání slova *theremin* lze najít výukové lekce hraní na theremin i skladby hrané nebo doprovázené profesionálními thereministy.

Princip thereminu

Tento hudební nástroj je založen na vytváření záznejů (rázů) pomocí rozladování dvou vysokofrekvenčních oscilačních obvodů. Frekvence jednoho z obvodů je pevná, základní frekvence druhého obvodu je totožná, ovšem drobnými pohyby prstů a rukou ji můžeme měnit prostřednictvím změny indukce a kapacitance při pohybech rukou a prstů. Přivedeme-li složený signál z obou oscilačních obvodů na reproduktor (a zesílíme), dostaneme po náležitém vyladění záznej na slyšitelných frekvencích.

Náš táborový theremin pochopitelně zdaleka nedosahoval kvalit profesionálních zařízení, demonstroval ale dobře možnost funkce takového hudebního nástroje.

Planimetr

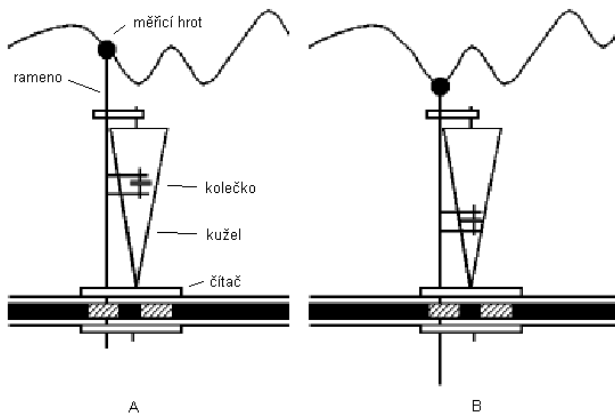
Planimetr je přístroj na měření plochy („plochoměr“). Existuje několik druhů mechanických planimetrů (lineární, polární, kuželový a další).

Jak se s planimetrem měří

Měření s planimetrem probíhá tak, že po obvodu měřené plochy objedeme jednou kolem dokola hrotem připojeným na rameno planimetru.

Jak funguje kuželový planimetr

Princip funkce kuželového planimetru je zobrazen na obrázku. Měřícím hrotem objíždíme obvod obrazce. Při pohybu nahoru a dolů se díky spojení hrotu s ramenem planimetru mění místo, ve kterém je kolečko přitlačeno ke kuželu. Při pohybu doprava kolečko otáčí kuželem na jednu stranu – tím rychleji, čím níže je kolečko přitlačeno. Dochází k zvyšování hodnoty čítače (což je další kolečko pevně spojené na stejné ose s kuželem). Při pohybu doleva podobným způsobem dochází ke snižování hodnoty čítače.

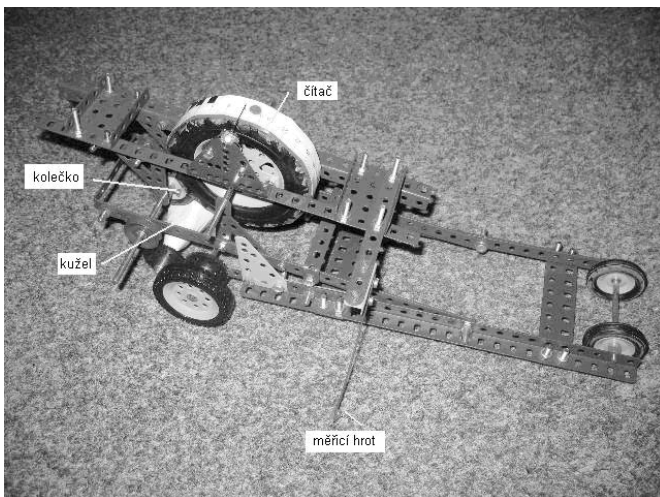


Kuželový planimetr v akci

Představíme-li si pro jednoduchost, že takto objedeme obdélník ABCD, vykoná hrot postupně čtyři cesty (AB, BC, CD a DA). Na cestě AB dochází k rychlému načítání hodnoty na čítači. Při cestě BC se hodnota čítače nemění, ale změní se místo přitlačení kolečka ke kuželu. V důsledku toho se při cestě CD odečítá hodnota na čítači pomaleji. Po návratu na původní místo po cestě DA tak na čítači bude jiná hodnota než na začátku. Po kalibraci lze takto měřit plochu například v centimetrech čtverečních.

Pro zhotovení planimetru si řešitelé projektu vybrali stavebnici Merkur. Kužel byl zhotovený z pevného papíru, čítač nebyl na společné ose s přitlačným kolečkem, ale byl k tomuto kolečku rovněž přitlačen (z druhé strany).

Značná robustnost zařízení v kombinaci s menší pevností papírového kuželu způsobily, že posouvání kolečka po kuželu bylo nutné řešit jeho nadzdvihnutím. S přístrojem tedy bohužel nešlo měřit obsahy libovolných obrazců, ale pouze obdélníků. Vyzkoušeli jsme ale, že tento princip dobře funguje.



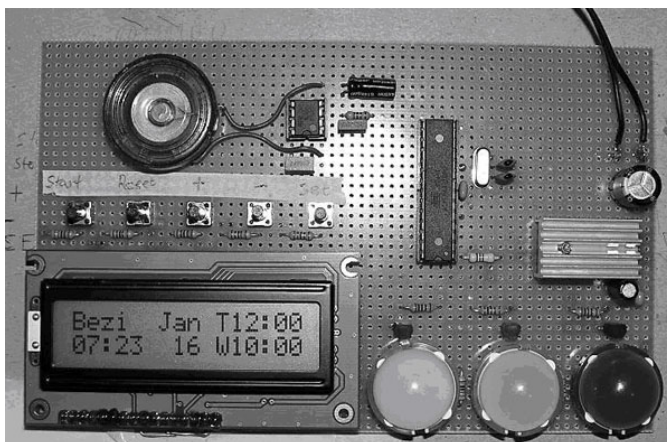
Kuželový planimetr zhotovený ze stavebnice Merkur

Konferenční časomíra

Cílem projektu bylo sestavit programovatelné zařízení pro odměřování času na konferencích. Po nastavení *času varování* a *maximálního času* jsou na displeji odpočítávány minuty a sekundy. Po dosažení *času varování* přestane svítit zelená dioda, zařízení pípne a rozsvítí se žlutá dioda. Řečník tak ví, že už se mu čas chýlí ke konci. Po dosažení *maximálního času* se rozsvítí červená dioda a zařízení třikrát výrazně pípne.

Vybavení

Pro zhotovení byly použity velké LED, LCD displej 16×2 znaky [3], osmibitový mikrokontroler ATmega8 firmy Atmel, programátor STK200 a další běžné elektronické součástky.



Konferenční časomíra v akci: čas na příspěvek nastaven na 12 minut, varování dvě minuty před koncem, aktuální čas je 7:23. Nad displejem je pět ovládacích tlačítek (Start, Reset, +, -, Set) a nad nimi reproduktor

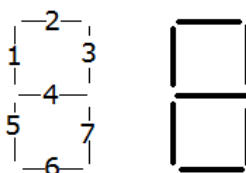
Digitální hodiny

V rámci projektu vznikly digitální hodiny, které každou čtvrt hodinu odbíjejí (jako na věžních hodinách) a každou hodinu pouštějí orloj.

Odbíjení

Jádrum zvonice je relé přitahující v pravidelných intervalech kladívko, které tak odbíjí do zavěšené kovové trubky (jako nejvhodnější se ukázalo zavěšení v první a poslední čtvrtině délky).

Dále bylo nutné nastavit rozpoznávání toho, že hodiny právě ukazují celou čtvrt hodinu. Každá zobrazená číslice je definována jedinečnou kombinací rozsvícených řad diod. Například jednička má rozsvícené řady 3 a 7. Nula vše kromě řady 4.

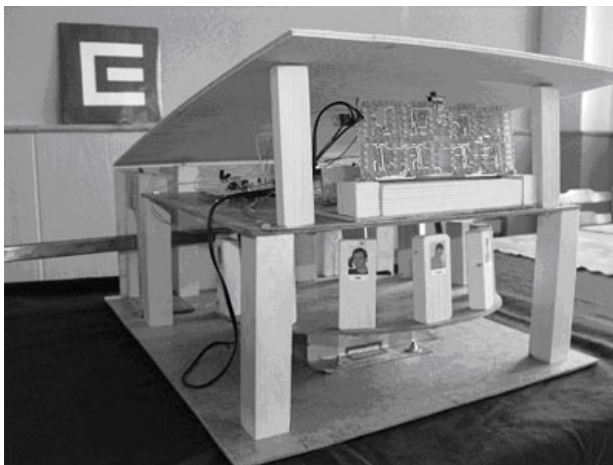


Zobrazení na LCD displeji

Analýzou jednotlivých číslic bylo zjištěno, že není potřeba pro rozpoznání konkrétní číslice zjistit signál ze všech sedmi řad. Například zkoumáme-li číslici na pozici *desí-*

tek minut (mohou to být 0, 1, 2, 3, 4 nebo 5), jedná se jednoznačně o nulu, pokud svítí 2 a nesvítí 4.

Pomocí podobných úvah a vhodného zapojení logických hradel bylo dosaženo odbíjení po čtvrthodinách.



Digitální hodiny s odbíjením a orlojem

Orloj

Otáčivá platforma orloje byla poháněna motorkem pro vysouvání CD z mechaniky. Ložisko orloje bylo tvořeno motorkem CD mechaniky. Mechanismus se spouštěl v celou hodinu na jednu minutu.

Plotter

Cílem projektu bylo vyrobit nástroj na vykreslování (plotter) z levně dostupných součástek (vyřazená elektrozařízení apod.).

Posun po ose Y zajišťovala pojezdová mechanika starého scanneru, posun po ose X mechanika vyřazené inkoustové tiskárny. Univerzální držák psacích potřeb (kancelářská svorka) byl po ose Z posouván pomocí posunovače čtecí diody z rozbité notebookové DVD mechaniky.

Do držáku mohl být vložen fix, který pak při pohybu po osách X, Y a Z vykresloval obrázky vkládané ve formátu TGA.

Maximální rozlišení plotteru bylo 98 dpi v ose X a 599 dpi v ose Y. Velký rozdíl byl způsoben nestejným krokem motorků.

Konstrukce

Z počítače šly řídicí signály přes USB do mikročipu ATmega8, který ovládal dva budiče krokových motorků L293D (posun X, Y) a H-můstek pro ovládání lineárního motoru pro posun v ose Z. Pro komunikaci byl navržen protokol založený na knihovnách V-USB a libusb-dev.

Vykreslování jednoho obrázku trvalo poměrně dlouho (desítky minut), proto byl algoritmus vykreslování postupně vylepšován tak, aby se například kreslilo při postupu oběma směry na ose X, aby motorek nezajížděl do maximální polohy v případě, že už tam stejně nebude nic vykreslováno nebo aby se fix nezvedal, pokud kreslí souvislou řadu pixelů.

Příští tábor

Příští tábor bude v Nekoři v Orlických horách poblíž Letohradu v termínu 31. července až 14. srpna 2010. Pokud máte studenty, které by náš program mohl zaujmout, řekněte jim o nás. Můžete nás také kontaktovat na mfsoustredko@kdf.mff.cuni.cz.

Literatura

- [1] <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor>
- [2] <http://www.bubbleshow.cz>
- [3] Matoušek D.: *Práce s inteligentními displeji LCD*. BEN-technická literatura. 2006. ISBN 80-7300-121-7.