

5 / 2020
SVAZEK 70

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**

- POZNÁMKY KE STRATEGII 2030+ • STO LET PŘÍRODOVĚDECKÉ FAKULTY •
- OPTICKÉ METAPOVRCHY A 2D OPTIKA • MODERNIZACE PERKOVA TELESKOPU
- VILÉM KUNZL – VEDEC, PEDAGÓG, ORGANIZÁTOR • VODA A JEJÍ TAJEMSTVÍ •



ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU 5/2020

Založen roku 1872 jako
„Časopis pro pěstování matematiky a fyziky“
Vydává Fyzikální ústav Akademie věd
České republiky, v. v. i.
Vychází 6 čísel ročně,
uzávěrka tohoto čísla: říjen 2020.

Founded in 1872 as „Časopis pro pěstování
matematiky a fyziky“ „The Journal for
Cultivation of Mathematics and Physics“
Published bimonthly in Czech and Slovak by
Institute of Physics, v. v. i.
Academy of Sciences of the Czech Republic

Vedoucí redaktor – Editor-in-Chief:
Jan Valenta

Výkonná redaktorka:
Jana Žďárská

Oboroví redaktori – Associate Editors:
Jaroslav Bielčík, Pavel Cejnar, Juraj Fedor,
Petr Káckovský, Jiří Limpouch, Jan Mlynář,
Karel Rohlena, Alena Šolcová, Patrik Španěl,
Karel Výborný, Ivan Zahradník

Redakční rada – Editorial Board:
Ivo Čáp, Stanislav Daniš, Pavel Demo,
Ivan Gregora, Libor Juha, Jan Kříž, Štefan Lányi,
Jana Musilová, Tomáš Polívka, Aleš Trojáněk,
Eva Klimešová, Martin Ledinský

Sekretariát redakce:
Ondra M. Šípek
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
tel.: +420 266 052 152, fax: 286 890 527
e-mail: cscasfyz@fzu.cz

Propagace, inzertní oddělení:
Jana Žďárská
e-mail: zdarskaj@fzu.cz

Jazyková úprava:
Stanislava Burešová, Lýdia Martinová

Vedoucí výroby a grafik:
✉ Jiří Kolář

Tisk: Grafotechna plus, s. r. o.

Cena jednoho výtisku je 85 Kč.
Objednávky a prodej jednotlivých čísel
v ČR vyřizuje redakce.
Na Slovensku časopis rozšiřuje
Jednota slovenských matematiků a fyziků,
pobočka v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 01 Žilina,
e-mail: ivo.cap@fel.uniza.sk
Distribution rights in foreign countries:
Kubon & Sagner, PO Box 240108,
D-8000 München 34

Časopis je zařazen na Seznam recenzovaných
neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.
Registrace: MK ČR E 3103, ISSN 0009-0700
(Print), ISSN 1804-8536 (Online).
Copyright © 2020 Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.



Úvodník

Nejprve smích a potom zamyšlení – Ig Nobelovy ceny



Počátkem října jsme se jako každoročně dozvěděli jména vědců, kteří si v prosinci převezmou to nejprestižnější z vědeckých ocenění – Nobelovu cenu – z rukou švédského krále (zde musím upřesnit: letos proběhne jakési distanční předání, které by mělo být napraveno o rok později). Dobu napjatého čekání na tuto slávu už třicet let zpestřuje zářijové vyhlašování Ig Nobelových cen (IgNC). Letos se, ze zřejmých příčin, oznámení a představení laureátů i celá zábavná ceremonie (včetně tradiční minipery) nekonaly před tisícovkou diváků v Sandersově divadle na Harvardově univerzitě v Cambridge, MA, ale pouze formou předtočeného videa (to lze nalézt na stránkách www.improbable.com, stejně jako záznamy z předchozích let).

Co vlastně jsou a nejsou Ig Nobelovy ceny? Rozhodně se nejedná o obdobu Bludných balvanů Klubu skeptiků, které jsou udělovány za pavědu, ani o Nobelovy anticeny (ve stylu filmařské Zlaté maliny), jak tvrdil jistý nejmenovaný český deník. Zakladatel Ig Nobelových cen *Marc Abrahams* je charakterizuje takto: Základní ideou je ocenit, či spíše upozornit na výsledky, které si jistě „grand-and-glorious“ uznání zaslouží, ale mají jen malou šanci je získat. Nutno poznamenat, že některé udělené ceny však připomínají Balvany, např. cena pro J. Benvenisteho za „paměť vody“.

Osoba zakladatele IgNC je pro pochopení této recesistické akce klíčová. *Marc Abrahams* absolvoval na Harvardu obor aplikovaná matematika a údajně tam o ročník výše studoval *Bill Gates*. Také *Abrahams* jako jeho slavnější předchůdce založil softwarovou firmu, ale pak se mu stala osudnou záliba v humorném psaní o vědeckých kuriozitách. Někdy v roce 1990 se rozhodl, že by se měl pokusit o publikovat. Někdo mu poradil podivný časopis *Journal of Irreproducible Results*, který tehdy skomíral. Odpovědi na zaslané práce mu bylo vyzvání, zda by nechtěl být šéfredaktorem tohoto časopisu. Tehdy *Abrahams* zjistil, že nemůže říci ne – příliš jej to lákalo. A tak se za téměř nulové podpory vydavatelského domu pokusil časopis oživit. A když se mu to (po několika letech) téměř podařilo, nakladatelství rozhodlo o jeho zastavení. Aby však veškeré úsilí nepřišlo vniveč, založil *Abrahams* spolu s dříve získanými spolupracovníky roku 1994 časopis *Annals of Improbable Research* (zkráceně AIR). Také začal vydávat knihy, psát sloupky do novin, blogy apod. A Ig Nobelova cena jím vymyšlená v roce 1990 je součástí těchto

aktivit. *Marc Abrahams* tvrdí, že mu trvalo dvanáct let, než našel stručnou „definici“ *nepravděpodobného výzkumu* jako toho bádání, které vás nejprve rozesměje a poté přivede k zamyšlení.

Nyní zpět k cenám. Jsou udělovány (celkem deset cen ročně) v různých kategoriích, někdy shodných se skutečnými Nobelovými cenami, jindy definovaných vtipně *ad hoc* – např. Cena za výživu, Kognitivní cena, Cena za arktickou vědu, Pravděpodobnostní cena atd. Předávají je osobně držitelé skutečných Nobelových cen a ocenění autoři bývají osobně přítomni. Českým vědcům (z PříF UK Praha) byla udělena IgNC dvakrát v roce 2014: Cena za biologii pro skupinu *Hynka Burdy* za „podrobnou dokumentaci, zda psi při tom, když vykonávají potřebu, preferují severojižní orientaci podle zemského magnetického pole“, a Cena za veřejné zdraví pro skupinu *Jaroslava Flegra* za výzkum, „zda je pro člověka mentálně riskantní chovat kočky“ (osobní přítomnost zástupců týmů lze vidět v záznamu ceremoniálu). Zde bych poznamenal, že nominovat humorný výzkum na IgNC může každý. Vybrání potenciální laureáti jsou předem osloveni s možností odmítnout cenu – pak se jejich jméno nikde neobjeví a zvolí se jiní laureáti. Odmítnutí se prý stává zřídka.

Existuje jeden slavný případ, kdy nositel Ig Nobelovy ceny později získal i skutečnou Nobelovu cenu. Byl jím *Andrej Geim*, který získal roku 2000 IgNC za fyziku se sirem *M. Berrym* za levitující žáby¹ a roku 2010 NC za fyziku s kolegou *Kostou Novoselovem* za grafen. Oba experimenty patřily k tzv. experimentům páteční noci. Nápad zkusit z grafitu odtrhnout uhlíkovou monovrstvu obyčejnou lepicí páskou vedl ke vzniku nového vědního oboru 2D elektronických materiálů.

Je zřejmé, že česká věda má na to, zabodovat v Ig Nobelových cenách více než v těch klasických. Za 120 let do Čech připutovala jen jedna vědecká Nobelova cena, kdežto za 30 let dvě Ig Nobelovy ceny. My, milovníci Švejků, Saturnů a Cimrmanů, bychom se měli snažit urvat i nějaká ta fyzikální IgNC ocenění, ne? Ale teď vážně – není od věci si občas udělat nějaký ten „páteční“ experiment a obcerstvit si hlavu od impaktů, percutilů a H-indexů. Kreativita a myšlení „mimo škatulky“ se musí pěstovat. Múzy létají všude kolem nás, ale políbí jen ty připravené.

Jan Valenta

¹ M. V. Berry, A. K. Geim: „Of flying frogs and levitrons“, *Eur. J. Phys.* **18** (1997) 307.

Obsah

OTÁZKY A NÁZORY

Poznámky ke Strategii 2030+

318

Jiří Dolejší

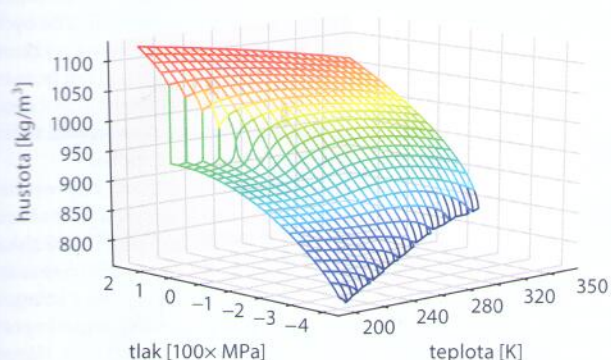


AKTUALITY

Voda a její tajemství

320

Michal Duška

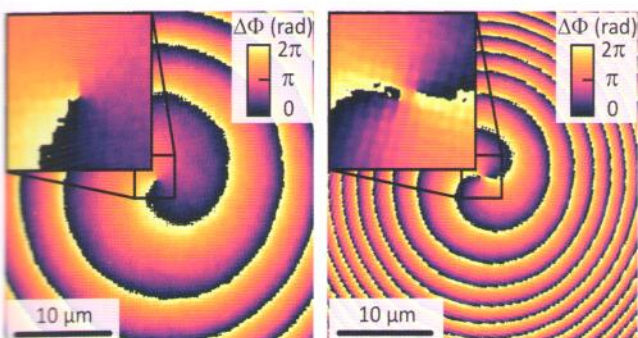


REFERÁTY

Optické metapovrchy a 2D optika

323

Petr Dvořák, Katarína Rovenská, Filip Ligmajer, Radim Chmelík, Tomáš Šíkola

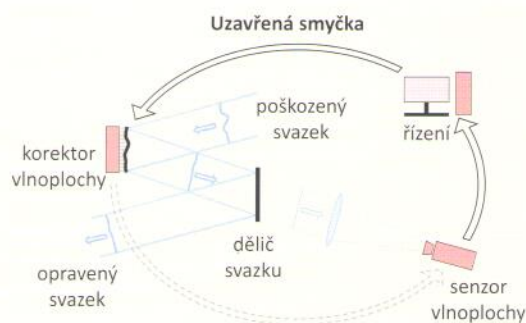


METODY A PŘÍSTROJE

Adaptivní optika – ovládnutí fáze světla

326

Jan Pilar

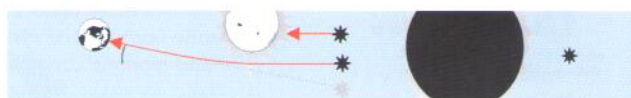


FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY STŘEDOŠKOLSKY – 4. ČÁST: Gravitace jako zakřivení prostoročasu

332

Matěj Ryston



Úskalia konštrukcie zdroja jednosmerného napätia pre školské experimentálne zostavy

336

Martin Hruška

FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Laboratoř experimentů z moderní fyziky na Univerzitě Hradec Králové

342

Daniel Jezbera



Měření brzdné dráhy automobilu

347

František Černý, Jaroslav Reichl

Úskalia konštrukcie zdroja jednosmerného napätia PRE ŠKOLSKÉ EXPERIMENTÁLNE ZOSTAVY

Martin Hruška

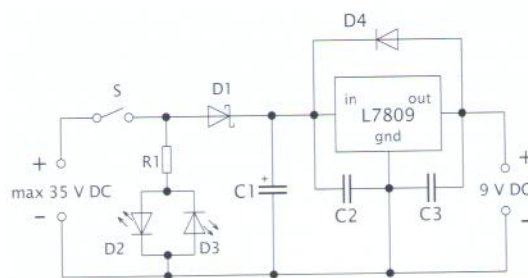
Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica; martin.hruska@umb.sk

Trh s učebnými pomôckami poskytuje množstvo rôznych pomôcok, experimentálnych zostáv, ktoré je možné na vyučovaní bez problémov využiť. V mnohých prípadoch si však ich zakúpenie vyžaduje nemalé finančné prostriedky. V súčasnosti existuje veľa možností na vytvorenie prototypu experimentálnej súpravy, ktorá by mala potenciál stať sa užitočnou a najmä lacnou pomôckou vo vzdelávaní mladých ľudí, nie je to však triviálna úloha. Cieľom predkladaného príspevku je ukázať, aké problémy sme objavili (a museli vyriešiť) pri konštrukcii základného prvku nami navrhovanej experimentálnej zostavy – zdroja jednosmerného napätia pre viaceré moduly v experimentálnej súprave.

Úvod

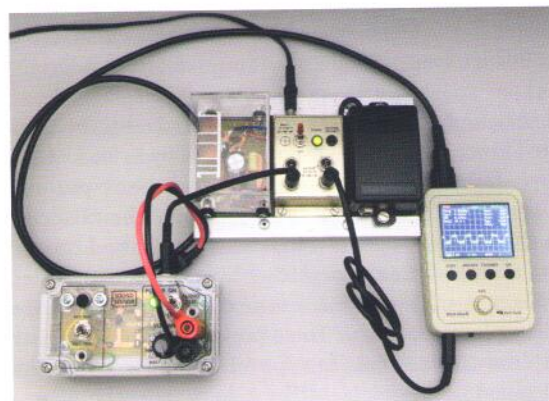
Skúsenosti (nielen naše) nám hovoria, že na základných a stredných školách je pomerne málo učebných pomôcok, resp. experimentálnych zostáv, ktoré by mali univerzálnejšie využitie [1]. Univerzálnejšie v tom zmysle, že okrem ich využitia na experimentálne činnosti by podporovali aj bádateľské metódy výučby a učenia sa [2–4], vytvorenie viacerých ich komponentov by bolo možné aj v školských podmienkach (aj ako súčasť vyučovania) a samozrejme potrebné súčiastky musia byť cenovo prístupné.

Spomínanú predstavu univerzálnosti z nášho hľadiska spĺňa experimentálna zostava, ktorú vyvíjame na pracovisku autora príspevku. Obsahuje prvky – resp. moduly (takmer všetky nami vytvorené sú v kategórii „low cost“), založené na analógovej aj digitálnej technológii. Niektoré moduly, ako malý digitálny osciloskop, jednoduchý merací prevodník, prípadne digitálny syntetizátor, využívajú mikrokontroléry Arduino Uno R3 a ARM Cortex M3. Iné moduly, ako napríklad svetelný a zvukový senzor, prípadne svetelný modulátor, sú tvorené jednoduchými elektronickými zapoje-



Obr. 1 Zapojenie lineárneho zdroja so stabilizátorom L7809.

<https://ccf.fzu.cz>

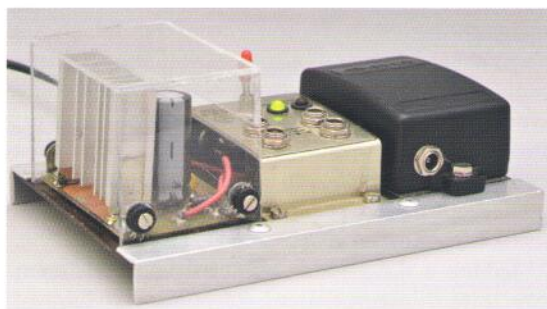


Obr. 2 Rušenie spôsobené osciloskopom DSO 150.

niami s diskretnými súčiastkami. Aby jednotlivé prvky – moduly zostavy – fungovali, je samozrejme potrebné zabezpečiť ich napájanie.

Pri hľadaní optimálneho spôsobu sme skúšali realizovať ich napájanie samostatnými adaptérmi i samostatnými zdrojmi napätia a prúdu. Kým na napájanie analógových modulov sú z dôvodu ich nízkeho odboru využiteľné klasické 9 V batérie, digitálne moduly sa vyznačujú väčším prúdovým odberom rádo vo stovkách mA. Uvedené riešenie sa však ukázalo ako veľmi nepraktické. Keďže jednou z požiadaviek, ktorú sme si kladli pri tvorbe meracej zostavy, bola aj jednoduchosť jej využitia a možnosť vlastného experimentovania žiakov priamo na hodinách fyziky, bolo potrebné v maximálnej možnej miere zjednodušiť napájanie všetkých modulov meracej zostavy. Z tohto dôvodu sme sa začali zaoberať myšlienkou vytvoriť zdroj na napájanie viacerých modulov súčasne, ktorý by bol napájaný jedným adaptérom z elektrickej siete.

Pri samotnej konštrukcii zdroja sme narazili na viaceré úskalia, s ktorými sme sa museli vysporiadať. Ako sme už spomenuli, pri experimentálnych zostavách môžu byť do obvodu, ktorého súčasťou bude aj náš zdroj, súčasne zapojené viaceré prvky, napr. meracie moduly, aktívne reproduktory, digitálny osciloskop. V súvislosti s tým bolo potrebné predovšetkým vyriešiť problém vzájomného ovplyvňovania sa týchto prvkov. Ako príklad môžeme uviesť digitálny osciloskop DSO 150, ktorého základnou súčasťou je mikrokontrolér Cortex M3. Ten je zdrojom rušenia s rôznymi frekvenciami, ktoré sa do meracích modulov, ako aj do aktívnych reproduktorov prenáša prostredníctvom napájania z jedného – galvanicky neoddeleného – zdroja a prejavuje sa



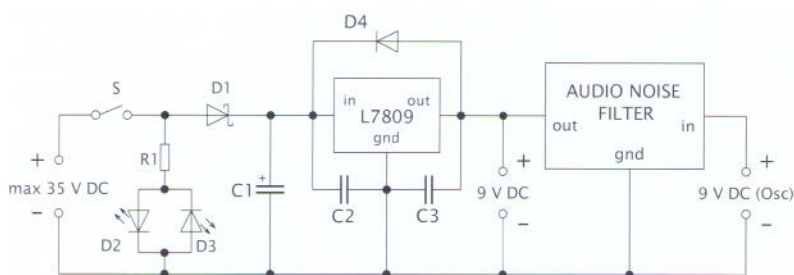
Obr. 3 Finálna konštrukcia stabilizovaného zdroja s odrušovacím filtrom. V ľavej časti zdroja sa nachádzajú jednotlivé súčiastky vrátane stabilizátora L7809 s hliníkovým chladičom, uprostred sú umiestnené súosé konektory pre napájanie analógových modulov zostavy a spínač s indikačnými LED diódami, v pravej časti sa nachádza čierne puzdro odrušovacieho filtra s konektorom pre napájanie digitálneho osciloskopu, prípadne iných digitálnych modulov.

ako kontinuálne nežiaduce pískanie v reproduktoroch, počuteľných na pozadí meraného signálu.

V nasledujúcom texte uvádzame základné informácie o konštrukcii zdroja a riešení jednotlivých problémov, na ktoré sme narazili. Kompletnú informáciu s podrobným návodom na zostavenie finálnej verzie zdroja zverejníme v blízkej budúcnosti aj na webovej stránke nášho pracoviska.

Popis základných vlastností a konštrukcie lineárneho zdroja

Pri hľadaní optimálneho spôsobu napájania sme sa zamerali na možnosť realizovať napájanie modulov meracej zostavy s využitím lineárneho 9 V stabilizátora napätia L7809. Okrem toho, že môže byť napájaný štandardným 12 V DC adaptérom (prípadne iným zdrojom



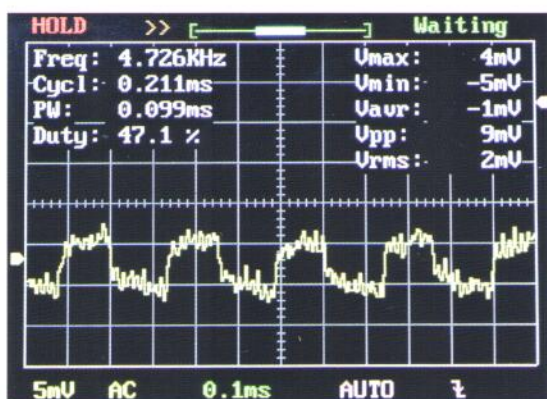
Obr. 4 Schéma stabilizovaného zdroja s odrušovacím filtrom.

jednosmerného napätia až do 35 V), má integrované viaceré typy ochrán (proti skratu, prehriatiu a pod.). Zároveň s využitím vhodného chladiča poskytuje výstupný prúd až 1,5 A a jeho zapojenie (obr. 1) je pomerne jednoduché a finančne nenáročné. Aj napriek spomenutým ochranám sme zvýšenú pozornosť venovali najmä ochrane zdroja proti prepólovaniu. Využili sme Schottkyho diódu (D1) s malým úbytkom napätia v priepustnom smere. LED diódy D2 a D3 spolu s pracovným rezistorom R1 indikujú polaritu napätia. V prípade správnej polaritý svieti zelená dióda D2, v prípade opačnej polaritý sa rozsvieti červená dióda D3.

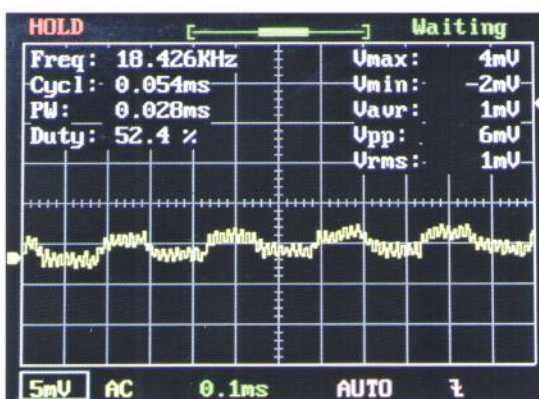
Vzápätí sa však ukázala nutnosť vyriešiť problémy s napájaním digitálneho osciloskopu, ako aj ďalších potenciálne využiteľných prvkov s mikrokontrolérmi, ako je napr. Arduino. Ako sme už spomenuli vyššie, najmä digitálny osciloskop DSO 150 je zdrojom nežiaducich signálov, ktoré sa prostredníctvom napájacieho vedenia šíria do ďalších modulov zostavy. Na obr. 2 je k lineárnemu zdroju pripojený zvukový senzor s elektretovým mikrofónom, pričom digitálny osciloskop DSO 150 je nielen pôvodcom, ale aj meria rušenie so základnou frekvenciou okolo 4 kHz, šíriace sa z jeho vlastného napájania do zosilňovača zvukového senzora.

Tento signál sa navonok prejavuje pomerne rušivým zvukom po pripojení akýchkoľvek aktívnych reproduktorov k zvukovému senzoru bez ohľadu na to, či je alebo nie je zapojený mikrofón, a zároveň negatívne ovplyvňuje výstupy z meraní. Uvedené problémy sa čiastočne podarilo vyriešiť vložení odrušovacieho filtra F5A-N pre autorádiá (ktorý sa ukázal po viacerých pokusoch aj s konštrukciou vlastných filtrov a porovnaním komerčne dostupných produktov ako najvhodnejší) medzi napájanie osciloskopu a stabilizovaný zdroj napätia (obr. 3, 4).

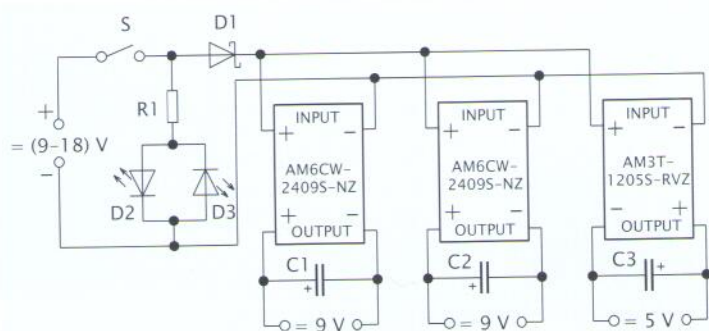
Na obrázkoch 5 a 6 vidieť, že medzivrcholové napätie V_{pp} (rozdiel napätia medzi zápornou a kladnou hodnotou amplitúdy) parazitného signálu na výstupe



Obr. 5 Zobrazenie parazitného signálu osciloskopu bez odrušovacieho filtra.



Obr. 6 Zobrazenie parazitného signálu osciloskopu pri použití odrušovacieho filtra.



Obr. 7 Schéma spínaného zdroja jednosmerného napätia 5 V a 9 V.

zvukového senzora klesne po použití odrušovacieho filtra približne o tretinu z 9 mV na 6 mV. Podotýkame, že obidva priebehy boli merané na najväčšej citlivosti vertikálneho zosilňovača (5mV/div), preto je možné tieto hodnoty považovať iba za orientačné. Podrobnejšie skúmanie signálu, prípadne jeho spektrálna analýza, by odhalila aj vyššie frekvencie, ktoré sú jeho súčasťou.

Ukázalo sa, že pokiaľ sa chceme úplne zbaviť rušenia spôsobeného mikrokontrolérmi v digitálnych moduloch, bude potrebné navrhnuť zdroj, v ktorom budú napájania pre digitálne moduly galvanicky, resp. elektricky oddelené od ostatných častí experimentálnej zostavy.¹

Návrh spínaného zdroja

a riešenie problémov pri jeho konštrukcii

Podmienku galvanického oddelenia v dnešnej dobe dobre spĺňajú viaceré dostupné spínané (impulzné) zdroje napätia a prúdu. Tieto modulárne zdroje využívajú spínacie obvody a obvody riadenia, ktoré pracujú v oblasti pomerne vysokých frekvencií (rádovo 100 kHz a viac) a často využívajú na prenos energie vysokofrekvenčný transformátor, ktorý zároveň slúži na galvanické oddelenie primárnej a sekundárnej časti zdroja [9]. Ich nevýhoda spočíva v značnej úrovni zvlnenia a šumového napätia, aj keď v tejto oblasti dochádza k postupnému pokroku a je možné ich potlačiť vhodnou filtráciou. Veľkou výhodou oproti bežným lineárnym zdrojom je ich vysoká účinnosť (viac ako 70 %) a malé rozmery, pričom sa neustále zdokonaľuje ich vnútorná architektúra s cieľom dosahovať čo najvyššie účinnosti pri zachovaní čo najmenších rozmerov, a to najmä zvyšovaním frekvencie spínania zdroja [10].

Snáď, trochu paradoxne, zdroj predstavíme vo finálnej podobe hneď v úvode tejto časti (obr. 8) a následne uvedieme problémy, na ktoré sme počas jeho konštrukcie natrafili.

Kľúčovou požiadavkou, ktorú sme stanovili na začiatku, bolo zredukovať počet zdrojov, potrebných na napájanie modulov, na jeden. Po množstve úvah

a návrhov sme nakoniec zvolili za základ konštrukcie zdroja dva 9 V DC/DC meniče napätia (AM6CW-2409S-NZ) a jeden 5 V DC/DC menič (AM3T-1205S-RVZ) firmy Aimtec. Rozhodli sme sa tak využiť nielen možnosti galvanicky oddeliť napájanie modulov, ale aj rozšíriť možnosti napájania o 5 V DC, pričom napätie je vyvedené do klasického USB (A) konektora. To nám umožnilo rozšíriť použiteľnosť meracej zostavy, keďže týmto typom konektora môžeme napájať nielen moduly s Arduino, ale aj malé aktívne USB reproduktory.

Zároveň takáto konštrukcia zdroja (obr. 7) zabráňuje vzniku nežiaducich zemniacich slučiek, ktoré sa nepriaznivo prejavujú zhoršením kvality signálu pri použití nízkofrekvenčných zosilňovačov v jednotlivých meracích moduloch. Ďalšou – tentokrát didaktickou – výhodou takéhoto zapojenia je nevyhnutnosť pri meraní pomocou digitálneho osciloskopu pripojiť obidve svorky koaxiálneho vodiča. Je známe, že pokiaľ sú prístroje (zdroj meraného signálu aj osciloskop) napájané zo zdroja so spoločnou zemou, na napáťový vstup osciloskopu netreba pripájať zemniacu svorku, čo často mátie študentov.

Jednou z dôležitých vlastností použitých meničov je možnosť vytvorený zdroj napájať ľubovoľným adaptérom s jednosmerným napätím v rozsahu od 9 V do 18 V. Keďže maximálny odber všetkých meracích modulov, digitálneho osciloskopu a aktívnych reproduktorov zvyčajne nepresahuje 500 mA, na napájanie zdroja je možné použiť s dostatočnou rezervou ľubovoľný adaptér s minimálnym prúdom cca 600 mA a viac. K zdroju sme nakoniec zvolili štandardný adaptér obsahujúci spínaný zdroj 12 V, 1,5 A, s bežným napájacím konektorom 5,5 mm / 2,1 mm.

Aj v tomto prípade sme zvýšenú pozornosť venovali ochrane zdroja proti prepólovaniu. Naše skúsenosti ukazujú, že uvedená situácia môže ľahko nastať, ak na napájanie zdroja bude napríklad použitý univerzálny adaptér s vymeniteľnými konektormi. V tom prípade môže dôjsť k zamene polaritý súosého napájacieho konektora. Využili sme jednoduchú ochranu, rovnako ako pri zdroji so stabilizátorom – v prípade opačnej polaritý bude Schottkyho dióda (D1) zapojená v závernom smere a zároveň sa namiesto zelenej indikačnej LED diódy D2 rozsvieti červená LED dióda D3.

Nami vytvorené moduly pracujú v optimálnom režime, ak sú napájané výstupným napätím s minimálnym zvlnením a šumom. Táto požiadavka bola vyriešená tak, že boli použité nízkoimpedančné filtračné kondenzátory C1 až C3, slúžiace na vyhladenie výstupného napätia a znižujúce jeho zvlnenie na jednotlivých



Obr. 8 Finálna verzia spínaného zdroja.

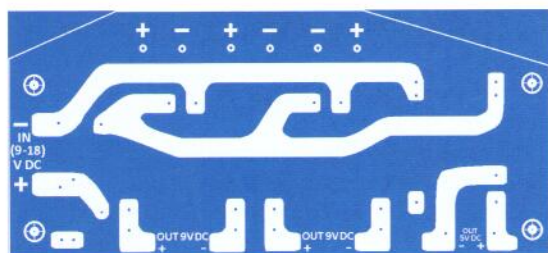
1 Problematika vzniku nežiaducich rušivých signálov, zemniacich slučiek a ich eliminovania napríklad pomocou galvanického oddelenia je pomerne rozsiahla a na podobné problémy skôr či neskôr narazí každý elektroamatér pri konštrukcii zosilňovačov, pri prepájaní rôznych audio a video zariadení a pod. Svedčia o tom mnohé internetové diskusie, v ktorých sa s väčšou či menšou pravidelnosťou opakujú dotazy podobného charakteru, zamerané na konkrétne problémy. Zvedavejšiemu čitateľovi môžeme na uvedenie do problematiky odporučiť viaceré menej podrobné aj podrobnejšie zdroje dostupné na internete [5–8].

Označenie súčiastky	Popis
S	páčkový prepínač, 2 A, 250 V AC
D1	Schottkyho dióda 1N5820-JGD, maximálne záverné napätie 20 V, maximálny úbytok napätia v priepustnom smere 475 mV
R1	rezistor 1 k Ω až 10 k Ω , 0,25 W
D2, D3	zelená a červená LED dióda 5 mm, 20 mA
AM6CW-2409S-NZ	DC/DC menič 9 V DC, max. prúd 667 mA, výkon 6 W, spínacia frekvencia 300 kHz, účinnosť 85 %
AM3T-1205S-RVZ	DC/DC menič 5 V DC, max. prúd 600 mA, výkon 3 W, spínacia frekvencia 100 kHz až 400 kHz, účinnosť 70 %
C1, C2, C3	elektrolytické kondenzátory 4,7 mF, 16 V, s nízkou impedanciou

Tab. 1 Zoznam základných súčiastok zdroja.

DC/DC meničoch až na 1 mV, čo je v našom prípade dostatočná hodnota. Za výhodu môžeme považovať aj vysokú spínaciu frekvenciu meničov, ktorá výrazne presahuje počutelné zvukové frekvencie.

Použitím spínaných DC/DC modulov bola automaticky vyriešená aj potreba dodatočného chladenia zdroja. Meniče majú pomerne vysokú účinnosť, čo prispelo k tomu, že nie je potrebné žiadne dodatočné chladenie. Niektoré základné parametre použitých súčiastok sú uvedené v tabuľke 1. Ďalšie podrobnejšie informácie sa dajú získať z katalógov súčiastok, ktoré



Obr. 9 Návrh plošného spoja.

sú voľne dostupné na internete na stránkach výrobcu [11, 12].²

Stručne o konštrukcii zdroja

Riešenie teoretických problémov (s vyskúšaním a overením riešenia v praxi na pripravovanom prototypu) bolo stručne opísané v predchádzajúcej časti. V tejto časti uvedieme niekoľko informácií o ostatných súčiastkach zdroja, ako je napríklad doska plošných spojov, napájacie konektory a konštrukčná krabica s nálepkami, obsahujúca jednotlivé osadené prvky.

Príprava a osadenie plošného spoja

Plošný spoj, ktorého návrh je na obrázku 9, bol vyrobený fotocestou. Na internete je k dispozícii viacero podrobnejších návodov na výrobu plošného spoja [17], [18], ďalšou možnosťou je objednať na základe predlohy u špecializovaných firiem vyleptaný a predvrtaný plošný spoj. Jeho rozmery sú prispôbené montážnej krabici (krabica firmy Gainta G203C s rozmermi

šírka: 65 mm, dĺžka: 115 mm, výška: 40 mm) s priehľadným krytom.

Na hotovom plošnom spoji sa po vyvrtaní osadili jednotlivé súčiastky – diódy, rezistor R1, kondenzátory C1 až C3 a tri DC/DC meniče. Súčiastky sme z didaktických dôvodov osadili z vyleptanej strany plošného spoja tak, aby bolo vidieť medené vodivé dráhy. Zvyšné súčiastky sú umiestnené v stenách montážnej krabice, prípadne v jej priehľadnej vrchnej časti. Na obrázku 10 je zobrazený osadený plošný spoj v krabici. Vzhľadom k priestorovým pomerom a usporiadaniu súčiastok sú filtračné kondenzátory pripojené k výstupom DC/DC meničov zo zadnej strany plošného spoja.

Hotový plošný spoj bol umiestnený do krabice obsahujúcej päť napájacích konektorov z prednej strany a jeden napájací konektor na pripojenie adaptéra zo zadnej strany. Presná poloha otvorov závisí od umiestnenia plošného spoja v krabici a od výstu-



Obr. 10 Osadenie súčiastok na plošnom spoji a umiestnenie plošného spoja v montážnej krabici.

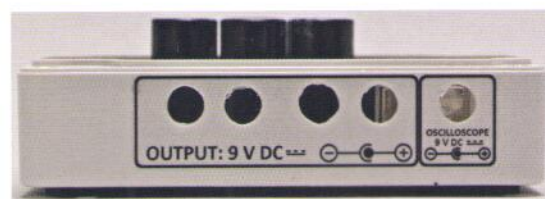
ží umiestnených z jej vnútornej strany (obr. 11, 12, 13). Indikačné LED diódy D2 a D3, spínač S a USB konektor s napájaním 5 V, ktorý sa pripája k 5 V DC/DC meniču AM3T-1205S-RVZ, sú súčasťou vrchnej priehľadnej časti montážnej krabice. Aj v tomto prípade sa môže presné umiestnenie otvorov líšiť v závislosti od uloženia plošného spoja, prípadne typu montážnej krabice.

Skompletizovanie zdroja

Osadenie ďalších prvkov zdroja do otvorov na krabici a vytvorenie všetkých potrebných prepojení podľa schémy (obr. 8) by malo byť jednoduchou „remeselnou“ činnosťou. Pri kompletizovaní prvého zdroja tomu tak

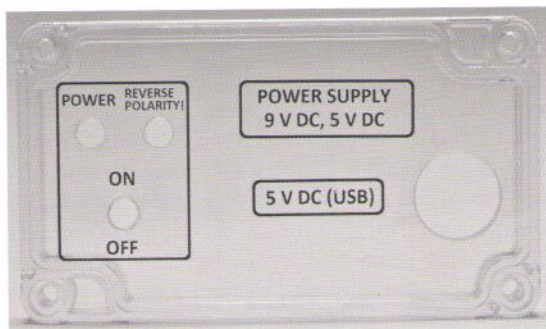


Obr. 11 Predná strana krabčky.



Obr. 12 Zadná strana krabčky.

² Základné informácie o vlastnostiach a činnosti spínaných zdrojov, ako aj prehľad základných parametrov, na ktoré je vhodné sa zamerať pri ich výbere, je možné nájsť vo viacerých internetových zdrojoch [13–16].



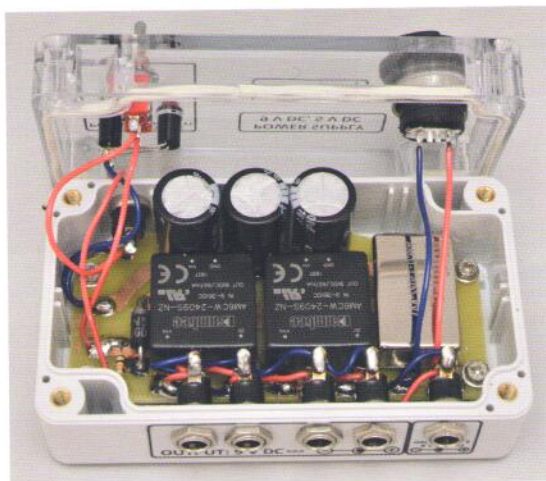
Obr. 13 Kryt montážnej krabicky.

samozrejme nebolo, museli sme riešiť viaceré problémy pri zapájaní a prepájaní jednotlivých prvkov. Podrobnejšie ich uvádzame v návode na webovej stránke pracoviska autora. Vo finálnej fáze sme dosiahli kompletne prepojenie hornej a dolnej časti krabicky (obr. 14). Po jej uzatvorení je vhodné pripojiť k zdroju 12 V DC napájací adaptér, overiť jeho funkčnosť a voltmetrom zmerať hodnoty napätia na jednotlivých napájacích konektoroch. Tiež je vhodné, aby zdroj absolvoval záťažový test – s týmto problémom radi pomôžu žiaci, prípadne aj členovia rodiny – napríklad 5 V výstup zdroja s USB konektorom je mimoriadne vhodný na nabíjanie mobilných telefónov.

Využitie zdroja pri experimentovaní

Cieľom nášho príspevku bolo predovšetkým poukázať na problémy spojené s návrhom a konštrukciou vyššie popísaného zdroja. Zdroj, skonštruovaný na pracovisku autora, umožňuje realizovať s vyvíjanými modulmi pomerne široké spektrum experimentov tradičného, ale aj menej tradičného charakteru z viacerých tematických oblastí gymnaziálnej fyziky [19], ktorých detailný popis by si vyžiadal samostatný príspevok.

Pre ilustráciu stručne uvádzame dve ukážky experimentálnych aktivít, bez ambície detailne popisovať všetky možnosti ich využitia. Za oblasť *Periodické deje* uvedme ako príklad určovanie základných charakteristík vibrujúcich a kmitajúcich objektov s využitím princípu mechanickej modulácie laserového lúča. K modulácii môže dôjsť prechodom kmitajúceho objektu popred tento lúč, alebo odrazom laserového lúča od lesklej plochy kmitajúceho telesa (napr. ladičky). Nameraný priebeh a jeho základné charakteristiky je možné priamo vyhodnotiť pomocou digitálneho osci-

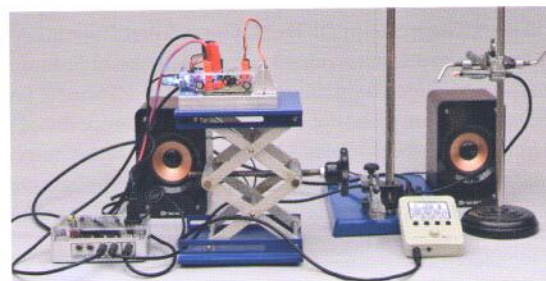


Obr. 14 Prepojenie hornej a spodnej časti montážnej krabicky.

loskopu (ale aj pomocou počítača). Pripojené aktívne reproduktory umožňujú získaný signál aj priamo počuť, pokiaľ jeho frekvencia spadá do oblasti zvukového spektra.

Na obr. 15 je znázornené meranie kmitov rybárskeho vlasca pomocou laserového lúča. V ľavej dolnej časti vidieť zdroj napájania, do ktorého sú pripojené všetky moduly experimentálnej zostavy – aktívne reproduktory, laserový modul viditeľný v pravej hornej časti obrázka, fotočlánok s predzosilňovačom na výškovo nastaviteľnom laboratórnom stojane a digitálny osciloskop.

Ďalšou možnosťou, tentokrát z tematickej oblasti *Elektromagnetické žiarenia a častice mikrosvetla*, je demonštrácia prenosu zvukového signálu prostredníctvom amplitúdovej modulácie svetla (v tomto prípade lasera, ale zostava umožňuje modulovať aj svetlo LED diód s rôznou vlnovou dĺžkou od infračervenej až po ultrafialovú oblasť spektra). Skonštruovaný zdroj slúži na napájanie svetelného modulátora s laserovým modulom (ľavá dolná časť obrázka), fotočlánku s predzosilňovačom (pravá dolná časť obrázka), aktívnych reproduktorov a digitálneho osciloskopu.



Obr. 15 Meranie kmitov struny (rybárskeho vlasca) pomocou mechanickej modulácie laserového lúča.

Nedá nám nespomenúť, že na prijímanie modulovaného signálu je zámerne využívaný odpojiteľný fotočlánok s napätím 1 V a výkonom 0,2 W, ktorý v jednoduchých solárnych stavebniciach slúži na demonštráciu premeny svetelnej energie na elektrickú – napríklad roztáča rôzne minimotorčeky, prípadne rozsvetuje pripojené LED diódy. Jeho nekonvenčné využitie pri experimentoch podobného typu tak predstavuje významný motivačný faktor.

Okrem spomenutých experimentov je vytvorený zdroj samozrejme použiteľný aj ako súčasť viacerých školských experimentov s rôznym stupňom náročnosti, vyžadujúcich napájanie (meranie napätia a prúdu, meranie odporu, V-A charakteristika komponentov atď.) [20–21].

Záver

V konečnej fáze sme vytvorili dvanásť plne funkčných zdrojov kvôli možnosti napájať adekvátny počet navzájom nezávislých experimentálnych súprav. V súčasnej dobe sa naša pozornosť zameriava na finalizáciu jednotlivých modulov experimentálnej zostavy, na návrh a tvorbu učebných materiálov k experimentom, ako aj na tvorbu dokumentácie a návodov na konštrukciu modulov. Dúfame, že s pomocou skúseností nadobudnutých počas vývoja a konštrukcie zdroja, dokážeme optimalizovať aj ďalšie moduly z hľadiska ich konštrukcie aj využitia vo vyučovaní fyziky tak, aby sme zachovali všetky vlastnosti experimentálnej zostavy, ktoré sme naznačili v príspevku.

Podakovanie

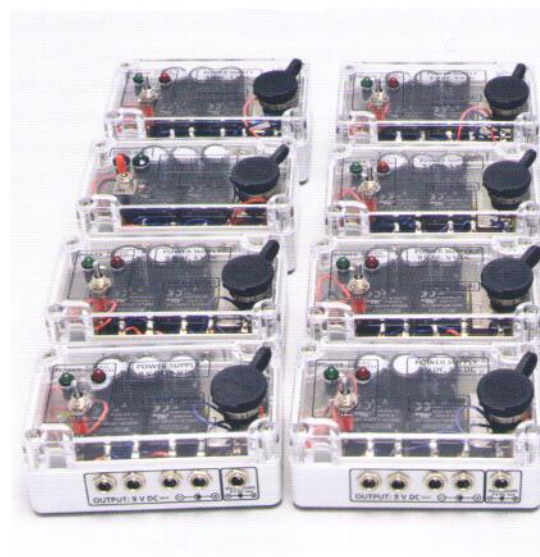
Príspevok vznikol s podporou projektu KEGA č. 031 UMB-4/2018 *Implementácia bádateľsky orientovaného modelu vzdelávania s využitím nových technológií na báze mikrokontrolérov vo vyučovaní fyziky strednej školy*.

Literatúra

- [1] T. Pivarčí, J. Raganová: *A study of an implementation of inquiry approaches at physics lessons in Slovakia*. ICERI 2018: 11th International conference of education, research and innovation, 12.-14.11.2018, Seville: conference proceedings [elektronický zdroj]. 1. vyd. – Valencia: International association of technology, education and development (IATED), 2018, s. 4138-4145. ISBN 978-84-09-05948-5. ISSN 2340-1095.
- [2] T. Pivarčí, J. Raganová: Štúdiá využívania inovatívnych vyučovacích metód vo vyučovaní fyziky na základných školách. In: M. Bílek, J. Komora (eds.): *Inovatívne trendy v odborových didaktikách: prepojenie teórie a praxe výučbových stratégií kritického a tvorivého myslenia*. Zborník štúdií z medzinárodnej vedeckej konferencie, Nitra, 18. november 2018. Nitra, Pedagogická fakulta UKF v Nitre, 2019, s. 243-250.
- [3] J. Raganová, K. Krišková: *Didaktické hry ako edukačný prostriedok v príprave učiteľov fyziky*. In: *Technológie vzdelávania v príprave budúcich učiteľov prírodovedných a technických predmetov* (zborník z medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie). Prešov, Prešovská univerzita, Fakulta humanitných a prírodných vied, Pedagogická fakulta, 2011, s. 287-292. ISBN 978-80-555-0438-4.
- [4] Z. Ješková, S. Lukáč, M. Hančová, L. Šnajder, J. Guniš, B. Balogová, M. Kireš: *Efficacy of inquiry-based learning in mathematics, physics and informatics in relation to the development of students' inquiry skills*. Journal of Baltic Science Education, **15**, 559–574 (2016). <https://search.proquest.com/docview/2343744264?accountid=17223>
- [5] M. Černý: *Co je co – galvanické oddělení*. [online] [cit. 2020-08-03] Dostupné na: <http://robodoupe.cz/2015/co-je-co-4/>
- [6] *Co jsou zemní smyčky a jak jim předcházet*. [online] [cit. 2020-08-03] Dostupné na: <https://www.zesilovace.cz/co-jsou-zemni-smycky-a-jak-jim-predchazet/>
- [7] *Zemní smyčka?* [online] [cit. 2020-08-03] Dostupné na: <http://www.ebastlirna.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=224>
- [8] B. Whitlock: *Understanding, finding, & eliminating ground loops in audio & video systems*. [online] [cit. 2020-08-03] Dostupné na: <https://www.jensen-transformers.com/wp-content/uploads/2014/08/generic-seminar.pdf>
- [9] B. Lakota, M. Šostronek, M. Matejček: *Lineárne zdroje versus spinané zdroje napätia*. Alternatívne zdroje energie, ALER 2016 (zborník z vedecko odbornej konferencie s medzinárodnou účasťou), s. 230-238. ISBN 978-80-89456-26-0.
- [10] A. Knott, T. M. Andersen, P. Kamby, J. A. Pedersen, M. P. Madsen, M. Kovacevic a M. A. E. Andersen: „Evolution of Very High Frequency Power Supplies.“ IEEE J. Emerging and Selected Topics in Power Electronics **2**, 386-394 (2014).
- [11] Katalógový list AM6CW-2409S-NZ [online] [cit. 2020-08-03] Dostupné na: <http://www.aimtec.com/site/Aimtec/files/Datasheet/HighResolution/am6cw-nz.pdf?ft4=17-921>
- [12] Katalógový list AM3T-1205S-RVZ [online] [cit. 2020-08-03] Dostupné na: <http://www.aimtec.com/site/Aimtec/files/Datasheet/HighResolution/am3t-rvz.pdf?ft4=8-900>
- [13] *Impulzné zdroje „SMPS“ (Switched Mode Power Supplies)*. [online] [cit. 2020-08-03] Dostupné na: https://shopdelta.eu/impulzne-zdroje-smps-switched-mode-power-supplies_19_aid865.html
- [14] L. Frenzel: *16 Ways to Design a Switch-Mode Power Supply*. [online] [cit. 2020-08-03] Dostupné na: <https://www.electronicdesign.com/power-management/article/21805249/16-ways-to-design-a-switchmode-power-supply>
- [15] L. Teschler: *What the future holds for switching power supply technology*. [online] [cit. 2020-08-03] Dostupné na: <https://www.designworldonline.com/what-the-future-holds-for-switching-power-supply-technology/>
- [16] E. Odunlade, E. Granath: *11 skills you need to design switch-mode power supplies*. [online] [cit. 2020-06-21] Dostupné na: <https://www.power-and-beyond.com/11-skills-you-need-to-design-switch-mode-power-supplies-a-919475/>
- [17] *Výroba DPS fotocestou – Velmi podrobný manuál*. [online] [cit. 2020-06-21] Dostupné na: <https://svetelektro.com/clanky/vyroba-dps-fotocestou-velmi-podrobny-manual-382.html>
- [18] *Výroba plošných spojov fotocestou za použitia moderných materiálov a postupov*. [online] [cit. 2020-06-21] Dostupné na: <https://www.mikrozone.sk/pluginy/content/content.php?content.112>
- [19] *Inovovaný Štátny vzdelávací program pre gymnázia so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom*. Štátny pedagogický ústav. [online] [cit. 2020-01-31] Dostupné na: <http://www.statpedu.sk/sk/svp/inovovany-statny-vzdelavaci-program/inovovany-svp-gymnazia-so-stvorrocnym-patrocnym-vzdelavacim-programom/>
- [20] H. Jodl, B. Eckert: „Low-cost, high-tech experiments for educational physics.“ Physics Education **33**, 226-235 (1998).
- [21] S. Holec, M. Hruška, J. Raganová a kol.: *Integrovaná prírodoveda v experimentoch*. [online] [cit. 2020-08-03] Dostupné na: http://web2.umb.sk/fpv/kf/Integrovaná_prirodoveda/index.htm



Obr. 16 Prenos zvuku laserovým svetlom.



Sada zdrojov.