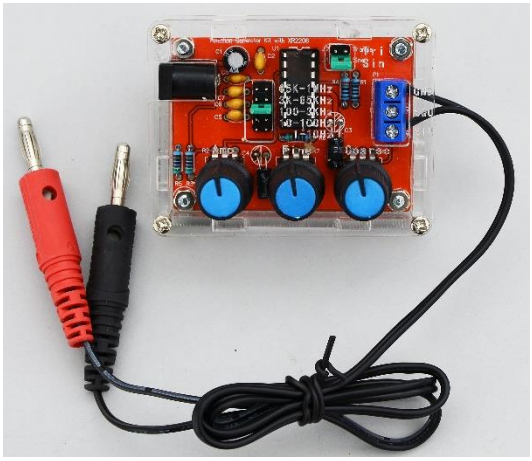
ĎALŠIE KOMPONENTY EXPERIMENTÁLNEJ ZOSTAVY

FUNKČNÝ GENERÁTOR XR2206

Zdrojom harmonického, v prípade potreby aj obdĺžnikového a trojuholníkového striedavého signálu v experimentálnej zostave, je generátor funkcií s integrovaným obvodom XR2206 (ďalej len funkčný generátor XR2206). Generátor je možné kúpiť predovšetkým v zahraničných internetových obchodoch v zloženom, ale aj v nezloženom stave, kedy je potrebné jednotlivé súčiastky osadiť na základovú dosku. Na obr. 1 je zostavený funkčný generátor spolu s pripojeným dvojvodičovým káblom so 4 mm koncovkami – banánikmi.



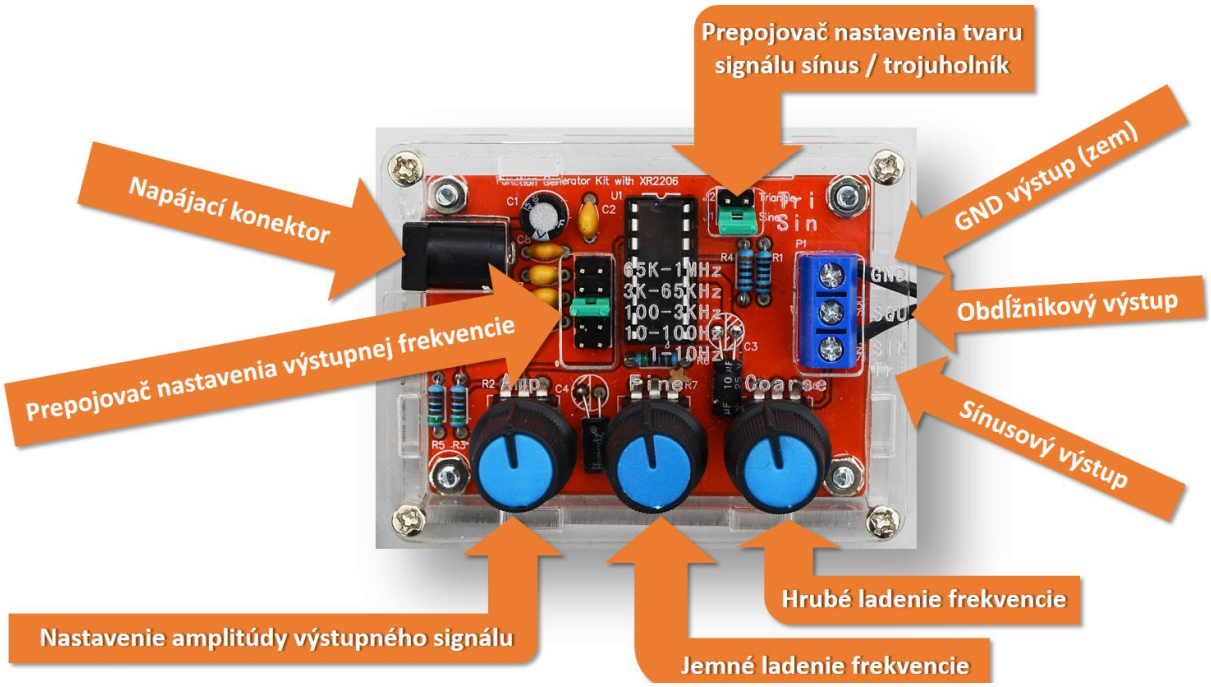
Obr. 1: *Funkčný generátor XR2206*

V tab. 1 sú uvedené niektoré základné parametre funkčného generátora, ktoré uvádza čínsky výrobca na priloženom návode na jeho zostavenie. Ako vidieť z údajov v tabuľke, parametre generátora sú plne postačujúce na veľkú väčšinu školských meraní, pri ktorých nie sú kladené príliš vysoké požiadavky na skreslenie signálu, alebo na presnosť nastavovania jeho frekvencie a amplitúdy.

Tab. 1: *Zoznam základných parametrov funkčného generátora XR2206*

Parameter	**Popis**
Napájacie napätie	9 V DC
Tvary signálu	sínusový, trojuholníkový, obdĺžnikový
Výstupná impedancia	600 Ω
Frekvenčný rozsah	1 Hz až 1 MHz
Sínusové napätie	maximálne 3 V_{rms} pri napájaní 9 V DC
Sínusové skreslenie	menej ako 1 % pri 1 kHz
Parametre obdĺžnikového signálu	max. hodnota 9 V, doba nábehu obdĺžnika menej ako 50 ns (pri 1 kHz), doba pádu obdĺžnika menej ako 30 ns (pri 1 kHz)
Parametre trojuholníkového signálu	maximálne 3 V_{rms} pri napájaní 9 V DC

Vzhľadom k nízkej cene funkčného generátora je nastavovanie výstupnej frekvencie a tvaru výstupného signálu riešené dvomi skratovacími prepojkami (tzv. „jumpermi“). Keďže predpokladáme, že pri žiackej experimentálnej činnosti môže dôjsť k ich strate, súčasťou každej experimentálnej zostavy sú aj náhradné prepojky (jumpery).



Obr. 2: *Funkčný generátor XR2206 s popisom jednotlivých funkcií a ovládačov*

Ako vidieť na obr. 2, generátor disponuje jedným potenciometrom na nastavene amplitúdy signálu a dvomi potenciometrami na jemné a hrubé ladenie frekvencie. Frekvenčný rozsah generátora je možné meniť pomocou prepojky v širokom rozsahu od 1 Hz až po 1 MHz, a to v piatich krokoch:

- 1 Hz až 10 Hz,
- 10 Hz až 100 Hz,
- 100 Hz až 3 kHz,
- 3 kHz až 65 kHz,
- 65 kHz až 1 MHz.

Generátor nemá vypínač a ani ukazovateľ hodnoty nastavenej frekvencie a amplitúdy – na zisťovanie týchto parametrov je preto vhodné pre experimentovaní využiť digitálny osciloskop DSO150. Ďalšie vlastnosti funkčného generátora sú podrobnejšie popísané na internete[1], z hľadiska konštrukcie je osadená plošná doska uchytená v malej priehľadnej krabičke pomocou štyroch skrutiek M3.

KONVERTOR SIGNÁLU (SIGNAL CONVERTER)

Pod uvedeným názvom sa skrýva montážna krabička (obr. 3), v ktorej sú osadené dva 4 mm konektory (zdierky) a sú pripojené k 3,5 mm zásuvke stereo jack konektora. Takéto prepojenie konektorov umožňuje jednoduchšie experimentovať so skúmaným signálom, keďže môžeme napr.:

- priviesť striedavý signál z funkčného generátora pomocou 3,5 mm jack kábla do svetelného modulátora a následne ho preniesť pomocou svetla,

[1] Podrobnejšie informácie o konštrukcii, vlastnostiach a schematickom zapojení funkčného generátora XR2206 je možné nájsť napr. tu: https://www.elektrolab.eu/blog/funkcny-generator-s-xr2206.

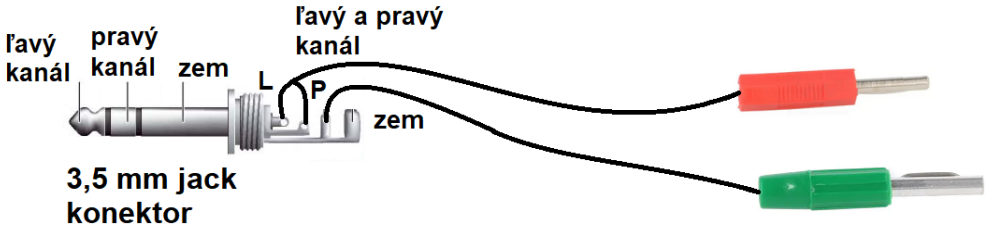
- priviesť striedavý signál z funkčného generátora pomocou 3,5 mm jack kábla do aktívnych reproduktorov a bezprostredne ho počuť, prípadne skúmať pomocou zvukového senzora (pokiaľ ide o zvukový frekvenčný rozsah),
- priviesť mono alebo stereo audio signál od ľubovoľného zdroja audio signálu, ktorý je prenášaný 3,5 mm jack káblom, na vstup digitálneho osciloskopu,
- priviesť mono alebo stereo audio signál prenášaný 3,5 mm jack káblom na primárnu cievku vzduchového transformátora za účelom demonštrácie prenosu striedavého signálu pomocou elektromagnetickej indukcie.



Obr. 3: *Signálový konvertor*

Prepojenie vodičov je znázornené na obr. 4., z dôvodu väčšej prehľadnosti sú prepojenia naznačené na zasúvacích typoch konektorov a nie na zdierkach (v prípade potreby si môžeme namiesto krabičky vyrobiť aj kábel s uvedeným prepojením). Červená 4 mm zdierka je prepojená s ľavým a pravým zvukovým kanálom, čierna alebo zelená 4 mm zdierka sa štandardne pripájajú na zem jack konektora.

Na uchytenie konektorov bola použitá krabička firmy Gainta G201C s rozmermi šírka: 58 mm, dĺžka: 64 mm, výška: 35 mm, s priehľadným krytom. Vo vrchnej – priehľadnej časti krabičky – sú vyvŕtané dva 8 mm otvory na osadenie 4 mm zdierok a jeden otvor s priemerom 6 mm pre zásuvku 3,5 mm jack konektora. Popis vrchnej priehľadnej časti krabičky je obsahom priečinku „Popisy“ a bol vytlačený na samolepiacej čírej fólii do laserovej tlačiarne s rozlíšením 300 DPI (11,8 pixelov obrázka zodpovedá 1 mm pri tlači). V prípade potreby sú popisy k dispozícii aj v doc alebo pdf súbore. Pri ich vytlačení na priehľadnú samolepiacu fóliu formátu A4 budú rozmery popisov zachované. Krabička je zo spodnej časti opatrená protišmykovými nalepovacími podložkami.

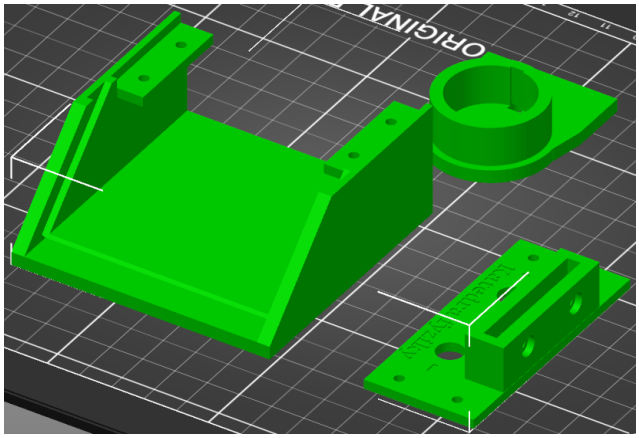


Obr. 4: *Ukážka prepojenia stereo jack konektora so 4 mm koncovkami*

ZOSTAVA SOLÁRNEHO MOTORČEKA S VRTUĽKOU A FOTOČLÁNKOM

Ďalšou súčasťou experimentálnej zostavy je zostava solárneho motorčeka RF300 (napájacie napätie 0,45 V až 5 V, priemer motorčeka 25 mm, priemer hriadeľa 2 mm), trojlistovej plastovej vrtuľky a fotočlánku (0,45 V, 400 mA). Uvedené komponenty možno kúpiť ako súčasť lacnej solárnej stavebnice určenej na demonštráciu využitia solárnej energie (po dopade dostatočne silného svetla na fotočlánok sa vrtuľka roztočí), avšak je potrebné ju skompletizovať – komponenty zapojiť a osadiť do vhodného držiaka a stojanu.

V našom prípade sme uchytenie fotočlánku a motorčeka vyriešili navrhnutím vlastnej verzie konštrukcie v online 3D modelovacom prostredí Tinkercad a vytlačením potrebných súčastí na 3D tlačiarni, a to najmä z dôvodu zlepšenia stability a robustnosti konštrukcie. Ako 3D objekty sú spolu so súbormi pre 3D tlačiareň s príponou *.gcode obsahom priečinka „3D“. Ako vidieť na obr. 5a, konštrukcia je tvorená tromi samostatnými časťami, spojenými navzájom pomocou skrutiek M3 a maticami (obr. 5b). Súčasťou zostavy solárneho motorčeka sú aj 4 mm konektory (čierny a červený) na prepojenie fotočlánku a motorčeka. To nám jednak umožňuje fotočlánok využiť aj na prenos zvuku svetlom, prípadne môžeme motorček pripojiť k inému vhodnému zdroju napájania.



Obr. 5a: *3D model zostavy solárneho motorčeka v prostredí PrusaSlicer*



Obr. 5b: *Solárny motorček s fotočlánkom*

Zostavu solárneho motorčeka možno využiť napr. pri meraní jeho otáčok s pomocou laserovej závory tvorenej laserovým modulom a fotočlánkom s digitálnym osciloskopom. Ďalšou možnosťou je využiť pripojený fotočlánok na prenos signálu svetlom. Obidve možnosti využitia sú podrobnejšie popísané v navrhnutých experimentoch.

MINI MP3 PREHRÁVAČ

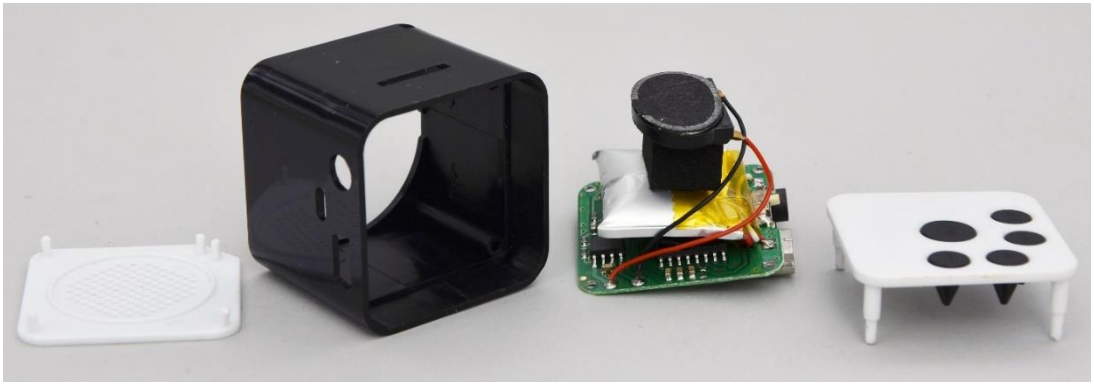
Mini MP3 prehrávač resp. mini MP3 reproduktor (obr. 6) tvaru kocky s hranou dĺžky približne 3,3 cm je ďalšou užitočnou pomôckou, využiteľnou najmä pri realizácii experimentov z oblasti zvuku, pri ktorých sú kladené nároky na presnú hodnotu frekvencie harmonického signálu alebo na presnú frekvenciu opakovaného impulzu.



Obr. 6: *Mini MP3 prehrávač s microSD kartou*

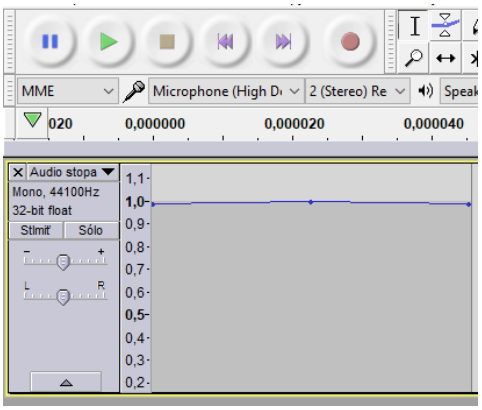
Keďže k mini MP3 prehrávaču nie je priložený žiadny návod, v krátkosti spomenieme jeho ovládanie a konštrukciu. Na bočných stranách zariadenia sú umiestnené 3,5 mm jack konektor na pripojenie slúchadiel, slot na microSD kartu, malý posuvný vypínač a mini USB konektor na pripojenie k počítaču pomocou USB kábla (slúži na nabíjanie akumulátora prehrávača, na prenos súborov medzi microSD kartou a počítačom a na prehrávanie zvuku z počítača). Na zadnej strane prehrávača sú umiestnené tlačidlá na ovládanie prehrávania a výberu zvukových súborov nahratých na

microSD karte a na nastavovane hlasitosti. Z hľadiska využiteľnosti zariadenia, ktoré treba pravidelne prostredníctvom priloženého USB kábla nabíjať, je dôležité, že lítium-polymérový akumulátor je v prípade potreby vymeniteľný. (Ako je známe, tento typ akumulátora je citlivý na podbitie a pokiaľ zariadenie zabudneme dlhší čas nabíjať, ľahko sa zničí.) Zadnú stranu MP3 prehrávača s tlačidlami je možné opatrne napr. pomocou ostrého nožíka vysunúť. Pod ňou sa nachádza základná doska s MP3 prehrávačom, lítium-polymérovým akumulátorom (3,7 V, 180 mAh až 190 mAh, zvyčajné rozmery 6x20x20 mm) a malým reproduktorom (obr. 7).

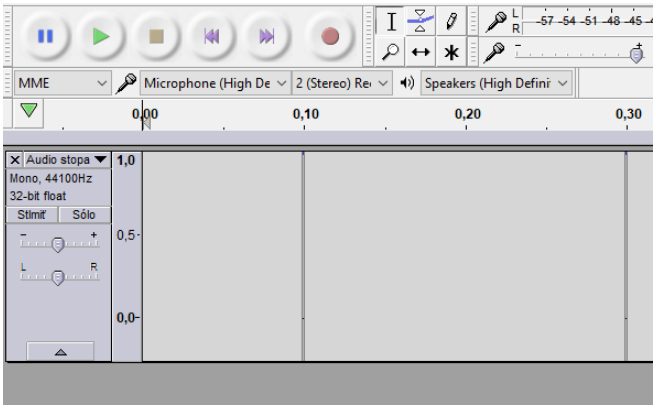


Obr. 7: *Zľava doprava: predná mriežka MP3 prehrávača, hlavné puzdro, plošný spoj s elektronickými komponentmi, Li-Po akumulátorom a malým reproduktorom podloženým pružnou penovou hmotou a zadná strana prehrávača s tlačidlami*

Ako sme už spomenuli, v MP3 prehrávači je ako súčasť experimentálnej zostavy vložená 8 GB microSD karta, na ktorej sú nahraté sínusové priebehy s frekvenciami 800 Hz, 1 kHz, 2 kHz (s názvami *800_Hz.mp3*, *1_kHz.mp3*, *2_kHz.mp3*), dva súbory (*Imp_0_1_s.mp3*, *Imp_0_2_s.mp3*) s presne definovanými impulzami. Ako vidieť na obr. 8a, b, doba trvania výchylky s amplitúdou do 1 V je asi 45 µs, perióda 0,1 s a 0,2 s) a jeden súbor (*Imp_0_5_s.mp3*) s dĺžkou trvania impulzu 0,25 s (obr. 9), čím sme sa pokúsili stlmiť kmitanie membrány reproduktora MP3 prehrávača a elektretového mikrofónu zvukového senzora počas merania.



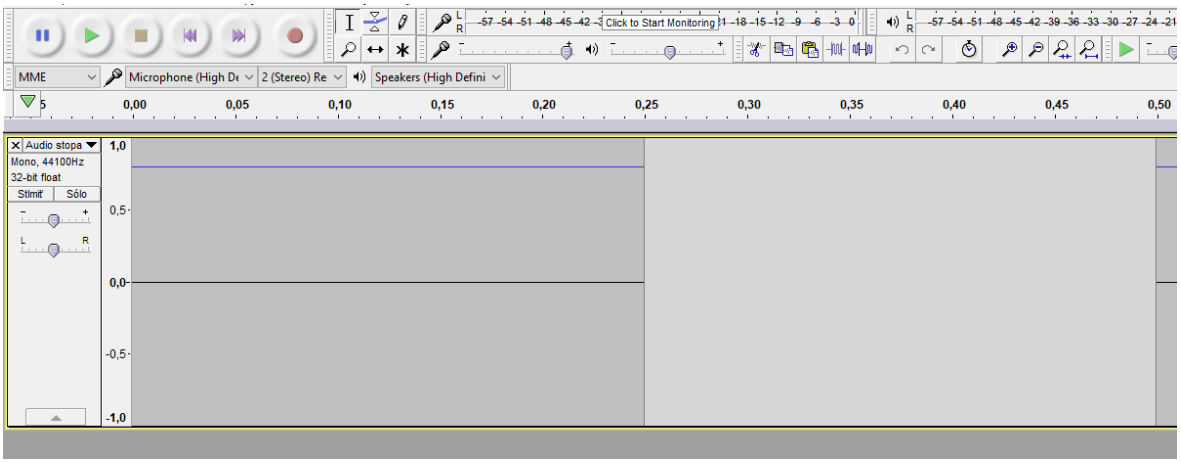
Obr. 8a: *Ukážka impulzu tvoreného tromi hodnotami s dobou trvania 45* µs [2]



Obr. 8b: *Ukážka dvoch impulzov s časovou medzerou 0,2 s*

[2] Pri pozornejšom pohľade na vodorovnú časovú os na obr. 8a je vidieť, že vzdialenosť medzi tromi bodmi signálu zodpovedá o niečo väčšiemu času ako 45 µs. Na tom istom obrázku je uvedená aj hodnota vzorkovacej frekvencie mono signálu (44100 Hz), čo zodpovedá kvalite hudobného CD. V skutočnosti je teda „časová vzdialenosť“ medzi dvoma bodmi signálu 22,68 µs a náš impulz, zložený z troch bodov signálu trvá dvojnásobok, čo je asi 45,36 µs.

Všetky priebehy boli vygenerované vo voľne šíriteľnom softvéri určenom na úpravu zvuku – Audacity – ako MP3 súbory. Dĺžka trvania sínusových priebehov je cca 30 min a impulzových priebehov vyše 10 min, čo sa ukázalo pri vlastnom experimentovaní žiakov ako dostačujúce[3]. Spomenuté súbory so sínusovými priebehmi, s impulzovými priebehmi ako aj pôvodné zdrojové súbory prostredia Audacity, sú obsahom priečinka s názvom „Sound“.



Obr. 9: *Impulz trvajúci 0,25 s (súbor mp_0_5_s.mp3) sa pri prehrávaní v reproduktore prejaví ako dve „prasknutia“ s časovým rozdielom 0,25 s, ktoré zodpovedajú začiatku a koncu impulzu.*

AKTÍVNE REPRODUKTORY



Obr. 10: *Aktívne reproduktory Orlando USB tracer*

Jednou z hlavných výhod experimentálnej zostavy je možnosť znázorniť pohyby rôznych kmitajúcich, prípadne rotujúcich telies ako periodické priebehy pomocou digitálneho osciloskopu DSO150 (alebo s využitím systému Coach, Vernier a pod.), ale zároveň aj tieto priebehy počuť, pokiaľ ich frekvencie zasahujú do zvukovej oblasti. Tak napr. môžeme mechanickou moduláciou laserového lúča zviditeľniť kmity ladičky bez rezonátora a opäť ich po zosilnení a prevedení na zvukový priebeh počuť v reálnom čase. Z uvedených dôvodov sme za ďalšiu súčasť zostavy zvolili aktívne reproduktory (obr. 10). Z hľadiska parametrov ide o bežné aktívne reproduktory s nízkym výkonom (5 W) určené

[3] Takto presné nastavenie zvukových priebehov nám dovoľuje realizovať experimenty na overenie Dopplerovho javu, ako aj pomerne presné merania rýchlosti zvuku priamou metódou. Napríklad pri meraní rýchlosti otáčajúceho sa kolesa pomocou Dopplerovho javu sa ukázalo, že najvhodnejším generátorom zvuku je už spomenutý MP3 prehrávač, keďže dokáže udržiavať neskreslený sínusový priebeh zvukového signálu a jeho konštantnú frekvenciu aj napriek pôsobiacim preťaženiam, ktoré naň pôsobia. Táto jeho vlastnosť je veľmi dôležitá pri meraní frekvencie pomocou digitálneho osciloskopu DSO150, ktorý najpresnejšie určuje frekvencie harmonických priebehov, ako ukázali naše skúsenosti.

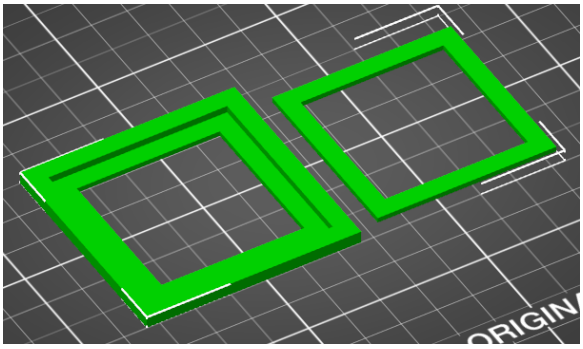
Presne definované impulzy sa osvedčili pri meraní rýchlosti zvuku, keďže umožňujú skrátiť trubicu pri zachovaní dostatočnej presnosti merania rýchlosti zvuku (rádovo v jednotkách metrov za sekundu) aj na menej ako 20 cm.

k počítaču, s reguláciou hlasitosti, s 3,5 mm vstupným stereo jack konektorom a s deklarovaným frekvenčným rozsahom 20 Hz až 20 kHz. Medzi dôležité vlastnosti môžeme zaradiť prevedenie reproduktorových bedničiek z drevotriesky, čo vylepšuje ich zvukový prejav a odkryté membrány reproduktorov, čo je výhodné z didaktického hľadiska. Zároveň sú takéto aktívne reproduktory vďaka pomerne nízkemu výkonu, malému zvukovému skresleniu, malým rozmerom a vzhľadom k možnosti regulácie hlasitosti ideálne pre vlastnú žiacku experimentálnu činnosť na hodinách fyziky.

FAREBNÉ FILTRE

Ďalšou súčasťou experimentálnej zostavy sú farebné filtre a lineárny polarizačný filter. Rámiky filtrov (obr. 11a, b) boli podobne ako komponenty solárneho motorčeka navrhnuté v bezplatnom online 3D modelovacom softvéri Tinkercad a vytlačené na 3D tlačiarni Prusa i3 MK3s. Ako 3D objekty sú spolu so súbormi pre 3D tlačiareň s príponou *.gcode obsahom priečinka „3D“.

Pri výrobe filtrov boli použité priehľadné farebné fólie firmy Eurolite dostupné vo viacerých rozmeroch, ktoré sa používajú na zmenu farby halogénových reflektorov v hudobnom alebo fotografickom priemysle a lineárna polarizačná fólia formátu A4 slúžiaca v produktovej fotografii na odstránenie rušivých odleskov. Fólie boli po zastrihnutí na rozmer 50x50 mm vložené medzi rámiky. Menší rámik je o 0,5 mm tenší ako hĺbka výrezu vo väčšom rámiku, aby vznikla dostatočná medzera na uchytenie fólií. Aby sme dosiahli dostatočné optické vlastnosti farebných fólií, do rámikov bolo potrebné vložiť dve vrstvy.



Obr. 11a: *Ukážka 3D modelu rámika filtrov v prostredí PrusaSlicer*



Obr. 11b: *Farebné filtre a lineárny polarizačný filter*

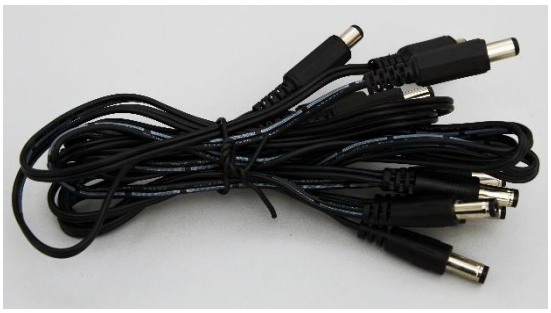
NAPÁJACIA, MERACIA, AUDIO A OPTICKÁ KABELÁŽ

Aby bolo možné komponenty navrhnutej experimentálnej zostavy využiť pri žiackej experimentálnej činnosti, je potrebné použiť vhodnú kabeláž. V tejto časti preto stručne popíšeme jej jednotlivé druhy a ich základné vlastnosti.

Na zabezpečenie napájania jednotlivých modulov slúži šesť napájacích dvojvodičových káblov (prierez medeného jadra každého vodiča 0,5 mm^2, max. napätie 48 V, max. pracovný

prúd až 5 A) so štandardnými súosými napájacími konektormi 5,5/2,1 mm a s rôznymi dĺžkami, ktoré je možné využiť podľa potreby (obr. 12a). Vzhľadom k tomu, že predovšetkým digitálny osciloskop vyžaduje dlhší súosý konektor, všetky napájacie káble sú na jednej strane osadené predĺženým napájacím konektorom s dĺžkou 11 mm. Druhý napájací konektor má štandardnú dĺžku 9 mm.

Na prenos zvukového signálu medzi vstupmi a výstupmi modulov a súčastí zostavy sú v každej zostave využité dva štandardné stereo káble s 3,5 mm jack koncovkami a s dĺžkou 0,5 m a 1 m (obr. 12b).



Obr. 12a: *Zväzok napájacích káblov pre experimentálnu zostavu*



Obr. 12b: *Zvukový kábel s 3,5 mm jack konektormi s dĺžkou 1 m*

Koaxiálny merací kábel s dĺžkou 1,2 m zakončený BNC konektorom a dvoma 4 mm banánikmi slúži na prepojenie osciloskopu s jednotlivými modulmi experimentálnej zostavy (obr. 13a).

Pre realizáciu niektorých kvalitatívnych experimentov z oblasti optiky je možné využiť optické vlákno napr. s priemerom 0,75 mm s koncovým vyžarovaním zo svetlovodivého PMMA plastu (PMMA – polymetylmetakrylát, resp. plexisklo). Optické vlákna boli nastrihané na dĺžku približne 80 cm, spletené dohromady a na obidvoch koncoch zaistené pomocou montážnej pásky a plastovej sťahovacej pásky na kabeláž (obr. 13b). Takto upravené optické vlákna sú mechanicky dostatočne odolné, aby ich bolo možné ohýbať podľa potreby a pritom zachovať ich optické vlastnosti.



Obr. 13a: *Koaxiálne káble s BNC konektormi pre digitálny osciloskop*



Obr. 13b: *Zväzok optických vlákien*