

Optický telefon

P. Hamerníková¹, R. Hueber¹, J. Karmazín², Š. Poláček³, J. Řehák⁴

blue.beret@seznam.cz

¹Gymnázium Děčín, Komenského nám. 4, Děčín 1

²Gymnázium Velké Meziříčí, Sokolovská 27/235, Velké Meziříčí

³Gymnázium Františka Palackého, Husova 146, Valašské Meziříčí

⁴SPŠ Hronov, Hostovského 910, Hronov

Abstrakt

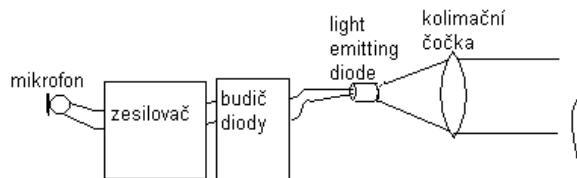
Signály lze přenášet vzduchem tradičně pomocí rádiových vln a mikrovln, ale také pomocí světelného paprsku. Druhý zmiňovaný princip jsme demonstrovali na přenosu zvukového signálu. Zhotovené zařízení bylo schopno realizovat komunikaci na vzdálenost cca 20 m s uspokojivou kvalitou zvuku. Výhodou tohoto typu přenosu je například dobrá možnost směřování paprsku, nevýhodou je silné rušení a neschopnost paprsku procházet překážkami.

1 Úvod

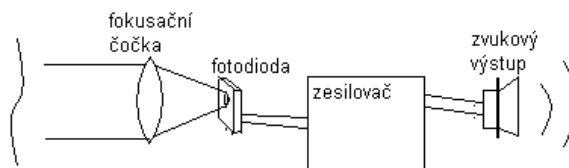
Z praxe víme, že zvukové vlnění jako takové je pro přenos informací na větší vzdálenosti nepraktické. Užitím směrových zdrojů zvuku lze sice výrazně zvýšit dosah takové komunikace, to ovšem zdaleka nedosahuje kvality rádiového přenosu. Obecně se jako vhodné médium pro přenos signálů jeví právě elektromagnetické vlny. V běžné praxi se setkáváme s komunikací pomocí rádiových vln a mikrovln, lze ale použít i záření z viditelného spektra. Tento způsob v současnosti využívají například některé satelity pro komunikaci mezi sebou. My jsme se rozhodli toto médium použít pro sestavení jednoduchého telefonu.

Pro účely demonstrace jsme naše zařízení omezili na jednosměrnou komunikaci – rozlišujeme tedy vysílač a přijímač. Pro funkci skutečného telefonu by bylo pochopitelně nutné celé zařízení zdvojit.

Vysílání:



Příjem:



Obrázek 1: Zjednodušené schéma optického telefonu

2 Optický aparát

Za zdroj světla pro naše zařízení jsme zvolili světelnou diodu o vlnové délce 650 nm. Pro dosažení maximální vzdálenosti je nutné vytvořit světelný paprsek kolimací světla z diody. Tento paprsek je následně fokusován na fotodiodu na přijímači.

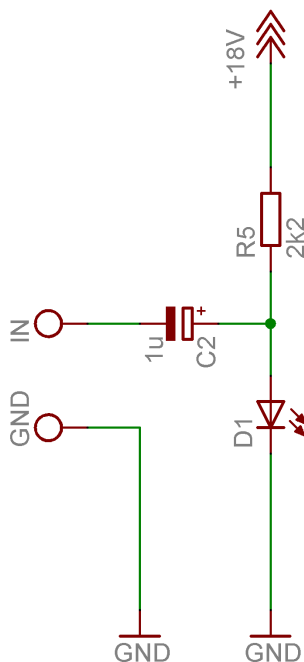
Pro získání optimálních výsledků potřebujeme správně zvolit parametry svítivé diody, kolimační čočky, fokusační čočky a fotodiody. Prvním dílčím cílem je maximalizace intenzity paprsku v místě dopadu. Z tohoto důvodu jsme jako zdroj použili supersvítivou LED. Kolimační čočku jsme volili tak, aby co možná největší část záření z diody vstupovala do čočky. Zároveň jsme se v rámci možností snažili o co největší ohniskovou vzdálenost čočky, abychom minimalizovali rozbíhavost kolimovaného paprsku¹. Druhým dílčím cílem je vyslaný signál optimálně zachytit. Fokusační čočkou zajišťujeme směrovou citlivost přijímače, což napomáhá oddělení signálu od rušivých vlivů. Svazek soustředíme na malou plochu, takže si vystačíme i s malou plochou fotodiody. Malé fotodiody navíc vykazují menší šum.

3 Elektronický aparát

O převod akustického vlnění na světelné a vice versa se stará elektronika umístěná na vysílači i na přijímači.

Vysílač

Vstupní signál je ve vysílači přiváděn na výkonový zesilovač a odtud na diodu. Protože dioda není schopna reprezentovat záporné výchylky signálu, je třeba na ni přivést ještě konstantní proud. Po sečtení tyto proudy vytváří pouze kladné výchylky, které již dioda dokáže sledovat, protože je stále zapojena v propustném směru.



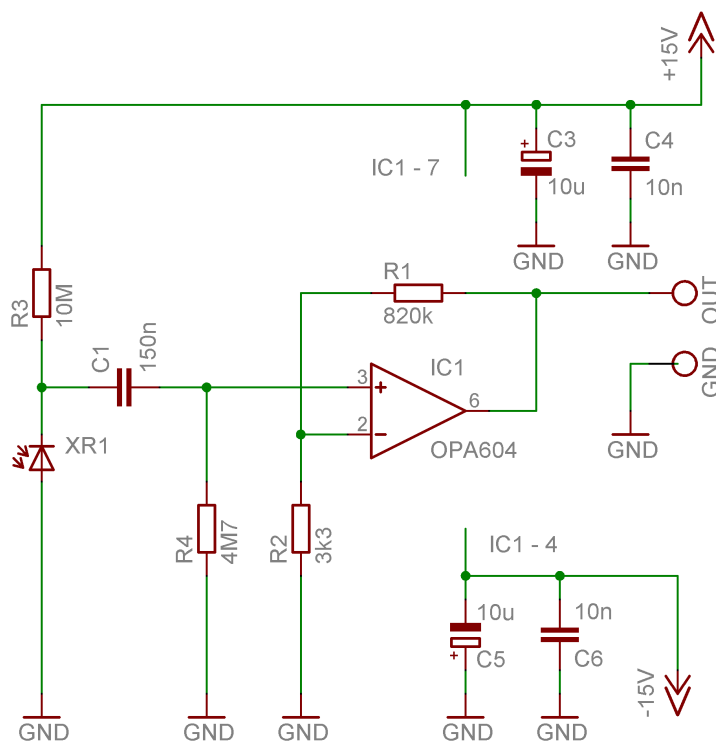
Obrázek 2: Schéma zapojení vysílače

V obvodu vysílače používáme zdroj stejnosměrného napětí 18 V a rezistor o odporu 2,2 k Ω k částečnému rozsvícení diody. Vstupní signál potom způsobuje zesilování a zeslabování jasu diody, čímž je převáděn na světlo. Kondenzátor C2 zde slouží k oddělení stejnosměrného napětí od zdroje signálu.

¹Rozbíhavost paprsku je nepřímo úměrná ohniskové vzdálenosti čočky a přímo úměrná velikosti svítivé plochy diody.

Přijímač

Základem přijímače u našeho zařízení je fotodioda, v níž díky fotoelektrickému jevu vzniká proud vlivem dopadajícího světla. Velikost vzniklého proudu je přímo úměrná osvětlení, takže se zde světelný signál opět převádí na elektrický. Vzniklé proudy jsou zesilovány pomocí operačního zesilovače.



Obrázek 3: Schéma zapojení přijímače

Střídavá složka proudu vzniklého na fotodiodě je propouštěna kondenzátorem C1 na vstup zesilovače. Po cca 250násobném zesílení má již signál dostatečný výkon, aby mohl být přiveden na sluchátka.

4 Praktické provedení

Pro účely našeho pokusu jsme napojili vysílač na linku, která vychází z aktivního reproduktoru připojeného k počítači. Využili jsme tak zesilovače zabudovaného v reproduktoru, jen jsme se omezili na jeden kanál. Zdroj stejnosměrného napětí jsme nastavili tak, aby dioda svítila polovinou svého maximálního jasů. Z počítače jsme přehrávali hudbu a při bližším zkoumání šlo zaznamenat, že dioda obzvláště při basových tónech poblikávala. Poté jsme nastavili pozici kolimační čočky tak, aby se svazek co nejméně rozbíhal. Připravený vysílač jsme umístili na školní chodbu.

Na druhém konci chodby, vzdáleném od vysílače přibližně 20 m, jsme nainstalovali přijímač. Pomocí čočky jsme našli pozici svazku a zaostřili jej na malou plochu fotodiody. Příjem jsme poté kontrolovali pomocí připojených sluchátek.

5 Diskuze

Kvalitu přenosu signálu ovlivňuje mnoho různých faktorů:

- optické rušení od okolního světla,
- elektromagnetické vlnění v okolí,
- vlastní šum elektronických součástek,

- přerušování signálu procházejícími osobami.

Příčiny optického rušení jsou dvojí: bílý šum plynoucí z nahodilého pohybu fotonů a kolísání intenzity zdrojů osvětlení (blikání žárovek a zářivek na frekvenci 100 Hz). Toto lze ošetřit přesným směrováním, použitím barevného filtru a dobrým optickým odstíněním fotodiody. Elektromagnetické rušení pochází z rádii, mobilních telefonů, elektrických rozvodů apod. Lze jej výrazně potlačit elektromagnetickým stíněním vodičů.

Subjektivním posouzením kvality při provádění pokusu jsme doznali, že je naše zařízení použitelné pro přenos hlasu. Hlasitost zvuku byla dostatečná; nejvýraznějšími problémy byly brum o frekvenci 50 Hz a zkreslení zvuku. Při použití stínění a vhodnějších součástek by bylo pravděpodobně možné dosáhnout vyšší kvality. Stejně tak by bylo možné přidat stejné zařízení v opačném směru (a získat tak plnohodnotný telefon) i ve stejném směru (a dosáhnout tak stereo zvuku).

6 Shrnutí

Jak ukázal náš pokus, optická komunikace volným prostorem je uskutečnitelná i za pomoci snadno dostupných prostředků a je také prakticky použitelná. Naše zařízení bylo schopné přenášet zvuk v kvalitě dostatečné pro telefonii na smysluplnou vzdálenost, a tak splnilo svůj účel.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali panu Mgr. Pavlu Bažantovi, že nás uvedl do problematiky a pomohl nám při provádění pokusu, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, že nám poskytla k této činnosti zázemí, a našim vyučujícím fyziky za možnost účasti.

Reference

- [1] http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/O/P/A/6/OPA604AP.shtml
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Free-space_optical_communication