

Optické diody v pokusech z fyziky

MILAN BARÁNEK

VOŠ a SPŠ elektrotechnická, Olomouc

V praxi se žáci často setkávají při nejrozličnějších příležitostech s optickými diodami LED převážně ve funkci indikátoru činnosti elektronických zařízení. Snadná dostupnost těchto součástek nabízí řadu možností použít je v experimentech, jimiž nejen objasňujeme nové poznatky, ale které poslouží i jako prostředek motivace žáků. V tomto příspěvku jsou shrnuty praktické zkušenosti s diodami LED a jednotlivé pokusy jsou doplněny návrhy otázek a problémů, které můžeme se žáky řešit.

1. Alternátor pro bicykl

Alternátor použitý v následujících ukázkách (obr. 1) slouží cyklistům pod názvem „dynamo“ jako zdroj pro napájení svítilen. Lze ho použít k řadě demonstračních experimentů (viz např. [2]). Z nich nejdůležitější je charakteristika indukovaného napětí, které je střídavé a napětí nezátíženého dynama má přibližně sinusový průběh s amplitudou kolem 6 V. K indikaci napětí slouží několik zapojení s diodami LED. Při demonstraci zkusíme různou rychlost otáčení (alternátor snadno roztočíme na předloktí chráněném oděvem nebo na gumové podložce) a sledujeme, jak svítí jedna připojená LED. Potom zkusíme dvě v sérii, dvě paralelně a dvě antiparalelně. Můžeme zkoušet různé sestavy a pozorovat světelné efekty. Je vidět, že diody blikají. Ochranný odpor není třeba použít, jelikož krátkodobé přetížení diody nezničí.

V dalším pokusu zapojíme alternátor dle obr. 2 a získáme stejnosměrné napětí. Zkusíme opět různá zapojení s LED. Diody opět blikají. Teprve připojením filtračního kondenzátoru zajistíme neblikavý svit. Pro zajímavý

indikační efekt doporučujeme použít samovybuzující piezosírénku, kterou musíme k filtru připojit se správnou polaritou.

Otázky

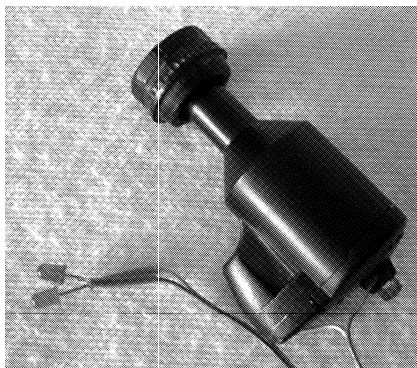
Proč není název „dynamo“ správný?

V čem je nevýhoda možnosti zapojit na bicyklu více alternátorů pro získání větší energie?

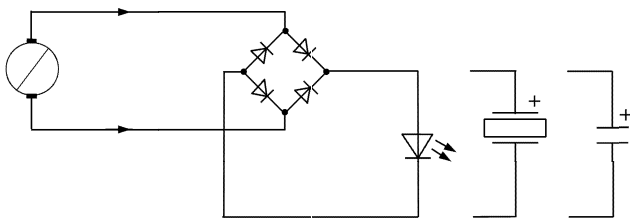
Problémy

Navrhněte použití LED místo žárovek pro svítilny na bicyklu.

Navrhněte způsob, kterým by se elektrické napětí na bicyklu získalo bez tření. Na jakém principu fungují na bicyklu ukazatel rychlosti, otáček a ujetých metrů?



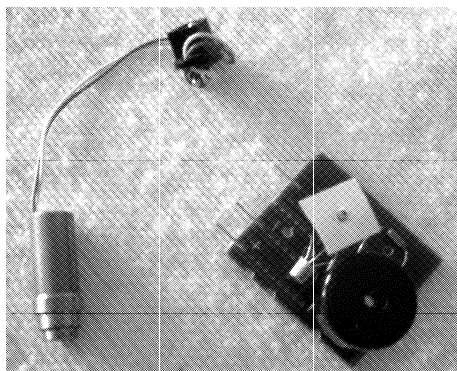
Obr. 1 Alternátor pro bicykl



Obr. 2 Zapojení pro indikaci napětí z alternátoru

2. Laserová závora

Pro následující demonstraci je využita polovodičová laserová dioda s vestavěnou optikou. Můžete ji získat např. rozebráním laserového ukazovátka. Laser má výkon asi 1 mW, barvu červenou, napájecí napětí 3,5 V až 5 V. Modul nemá zabudovaný omezovač proudu, při vyšším napětí hrozí nebezpečí přehřátí a zničení laserové diody. Omezovač proudu má modul, který je možné koupit v obchodní síti. Tento modul je využit v ukázce. Na červený vodič je zapojen kladný pól zdroje. Na obr. 3 je vidět, že vodiče pro napájení laserové diody jsou zakončeny běžným konektorem pro napájení ze síťového adaptéru.



Obr. 3 Laserová dioda a čidlo laserového paprsku s akustickou signalizací

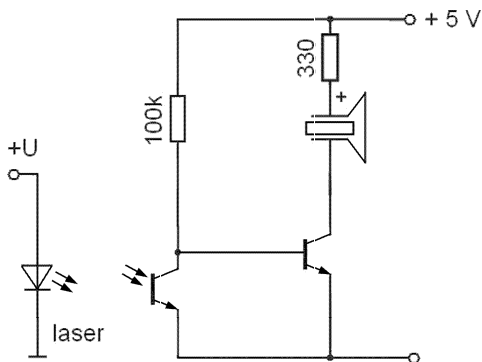
Čidlo pro příjem laserového paprsku obsahuje fototranzistor (např. KP 101, KP 102), nízkofrekvenční tranzistor NPN (např. KC237), piezosírenku a omezovací rezistory. Je možno připojit i LED. Po zapojení napětí siréna píská, jelikož tranzistor je otevřený (obr. 4). Běžné světlo nestačí otevřít přechod mírně zastíněného fototranzistoru, který tak vykazuje velký odpor. Až po osvětlení laserovým paprskem fototranzistor způsobí zavření tranzistoru. Závora tedy akusticky indikuje přerušování paprsku.

Pro snadné zamíření laserového paprsku při sestavování je na fototranzistoru nasazen kousek papíru (viz obr. 3). Laserový paprsek má dalekou působnost, a proto jej můžeme pomocí hranolů a zrcátek odrážet a tím prodloužit. Hlídaný prostor se tak pomyslně zvětší.

Otázky

Proč je nutno dbát na opatrnost při práci s laserem, byť i malého výkonu 1 mW?

Kde v praxi se používá laserový paprsek?



Obr. 4 Laserová závora signalizací

Problémy

Hledejte největší délku paprsku a sledujte účinnost detekce. Užijte všechny dostupné pomůcky pro odraz laserového paprsku. Které jevy nejvíce limitují toto snažení?

3. Samoblikající LED

Samoblikající dioda LED vzhledem k základnímu typu obsahuje navíc klopný obvod na čipu integrovaný spolu s přechodem PN. Frekvence blikání je přibližně 1 Hz. V následujících zapojeních je tato dioda využita jako přerušovač. Tyto úlohy je vhodné realizovat v rámci laboratorních prací na téma Optika nebo Elektronika. Pokusy doplníme diskusí o bezpečnosti v dopravě.

Přerušovaná siréna při couvání auta

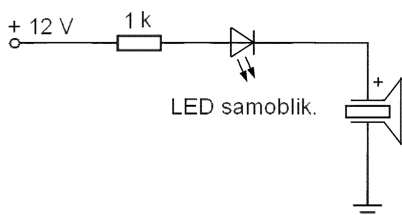
Následující jednoduchý obvod využívá samovybuzující piezosirénu a samoblikající LED. Po zapojení vydává siréna přerušovaný tón, což s výhodou může využít každý motorista, který nemá vozidlo vybavené zvukovým znamením zařazení zpátečky. Takové vybavení určitě zvýší bezpečnost osob v blízkosti couvajícího auta. Velikost rezistoru je třeba zkusit tak,

aby vyhovovala hlasitost sirény a zároveň byl dodržen maximální proud diodou (dle typu až 20 mA). Je nutno připomenout, že ve schématu na obr. 5 je napájecí napětí uvedeno 12 V, ovšem napětí autobaterie dosahuje asi 14 V. V automobilu získáme toto napětí z kontaktů žárovky, která signalizuje zařazení zpátečky.

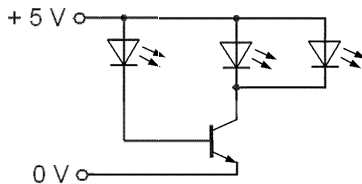
Pokud bude uvedené zapojení jen ukázkou v hodině fyziky, je možné použít napájecí napětí 5 V a rezistor vynechat.

Otázka

Uveďte další příklady elektronických zařízení v autě zvyšující bezpečnost provozu.



Obr. 5 Siréna pro indikaci couvání auta



Obr. 6 Blikač ke kolu se samoblikající LED

Blikač s vysokosvítivými diodami ke kolu

Elektrické zapojení (obr. 6) předvede v činnosti jednoduchý blikač, kde funkci přerušovače má samoblikající LED v obvodu báze tranzistoru. Diody v kolektorovém obvodu jsou vysokosvítivé, aby vynikl efekt blikače a tím jej předurčil pro bezpečnostní světlo k bicyklu (dle barvy dopředu či dozadu). Studenti si u tohoto zapojení upevní představu o funkci tranzistoru. Je nutno podotknout, že nejvýhodnější je použít typ s darlingtonovým vnitřním zapojením opatřeným diodou (např. výkonové BU806, BU807, TIP122). Důvodem je proud tekoucí samoblikající LED při jejím zhasnutí.

Otázky

Lze diody v kolektoru zapojit sériově?

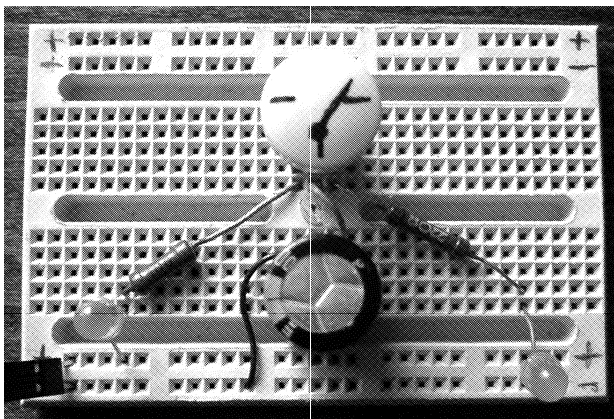
Lze zapojit větší počet LED?

Problém

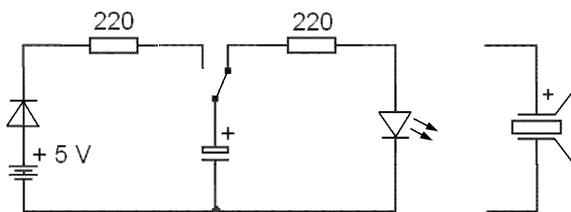
Navrhněte obvod, který využije tento efekt pro 12 LED s napájením 12 V.

4. Nabíjení a vybíjení kondenzátoru

V této demonstraci jsem využil informací z dokumentu Veletrh nápadů [3]. Znamé zapojení pro demonstraci nabíjení a vybíjení kondenzátoru s velkou kapacitou je v mé ukázce provedeno na kontaktním poli (obr. 7). Schéma je na obr. 8. Napětí 5 V je možné přivádět z rozhraní USB libovolného PC pomocí speciálně upraveného kabelu. Je výhodné využít přepínací tlačítko bez aretace. Tím je zajištěno klidové rozpojení nabíjecí části obvodu.



Obr. 7 Zapojení obvodu na kontaktním poli



Obr. 8 Nabíjení a vybíjení kondenzátoru

Pro indikaci nabíjení i vybíjení je také možné použít samovybuzující sirénu (je třeba se vyvarovat přepólování – hrozí zničení součástky). Pomocí doby trvání jejího zvuku můžeme demonstrovat různé velikosti kapacity kondenzátorů. U kapacity 8,2 mF je zvuk slyšet několik desítek sekund. Doba se zkrátí, připojíme-li paralelně diodu s omezovacím odporem.

Otázky

Jakou největší kapacitu mají dnes již běžně vyráběné kondenzátory?

Uveďte matematické funkce, podle kterých probíhají uvedené přechodné děje.

Problémy

V praxi se používají různé typy kondenzátorů.

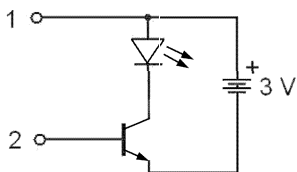
Navrhněte způsoby a metody pro měření jejich kapacit.

5. Demonstrace funkce tranzistoru

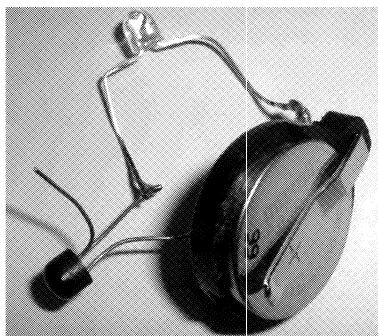
Dotykový spínač

Velmi jednoduché zapojení s tranzistorem typu NPN, vysokosvitivou LED a lithiovým článkem 3 V (obr. 9) ukazuje zajímavou formou funkci tranzistoru. Ten se otevře, spojíme-li body 1 a 2 pomocí prstů. Měly by být mírně vlhké, aby se projevil odpor lidského těla. Jeho velikost jednotek megaohmů stačí k otevřicímu proudu báze tranzistoru a LED se rozsvítí.

Celá pomůcka je zhotovena na držáku pro 3 V článek (obr. 10). Tento držák lze mimo jiné získat ze starší či nefunkční základní desky počítače. Výhodná je především velká plocha kladného pólu článku (svorka 1) pro snadný dotek prstem. Lze samozřejmě použít libovolné bateriové zdroje od 3 V do 6 V a držáky pro jejich uchycení.



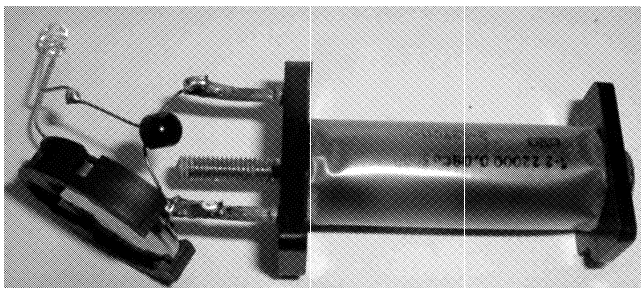
Obr. 9 Senzor s tranzistorem



Obr. 10 Senzor připájený na držák pro lithiový článek 3 V

Indikace nestacionárního magnetického pole

Další jednoduchá pomůcka s tranzistorem umožňuje indikovat nestacionární magnetické pole svítivou diodou LED nebo piezosířenkou (obr. 11). Zapojení je v podstatě stejné jako senzorový spínač. Do bodů 1 a 2 připojíme cívku z železným jádrem pocházející např. z relé. Vyzkoušené její hodnoty jsou: počet závitů 3000, odpor vinutí 22 k Ω . Klidový proud z baterie je potom asi 0,12 mA.



Obr. 11 Indikátor magnetického pole s tranzistorem a LED

Otázky

Jak se změní uvedená zapojení, použijeme-li tranzistory typu PNP?

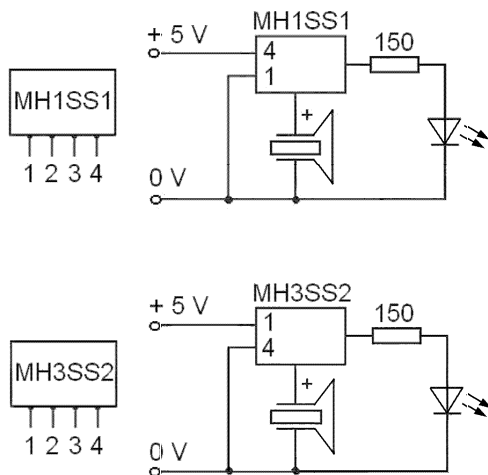
Jakým způsobem se dá zjistit typ PNP či NPN, známe-li u tranzistoru polohu vývodů C, B a E?

Problémy

Odpor lidského těla je závislý na různých faktorech. Navrhněte způsoby a metody pro jeho měření. Vysvětlete podstatu úrazu stejnosměrným proudem. Navrhněte spolehlivé metody a ochrany proti úrazu elektrickým proudem.

6. Hallova sonda v integrovaném obvodu

Integrované obvody pro bezkontaktní spínače ovládané magnetickým polem se nejčastěji používaly ve starších typech klávesnic. V moderních zařízeních je najdeme především v podobě malých snímačů otáček motorků. Tyto obvody obsahují Hallovu sondu. Pro demonstraci Hallova jevu stačí sestavit zapojení podle obr. 12. Je použit typ MH1SS1 nebo MH3SS2. Pozor na odlišné zapojení vývodů u těchto dvou typů použitých IO.



Obr. 12 Zapojení IO s Hallovou sondou

Indikaci sepnutí provedeme buď pomocí LED či samovybuzující sirénky, nebo zapojíme indikaci obojí. Výstupy 2 a 3 jsou rovnocenné, dodávají v sepnutém stavu kladné napětí přibližně velikosti 4 V a nejsou chráněny proti zkratu. Maximální proud by celkově neměl překročit 20 mA. Velikost napájecího napětí IO je v katalogu uvedena 5 V s tolerancí 0,5 V.

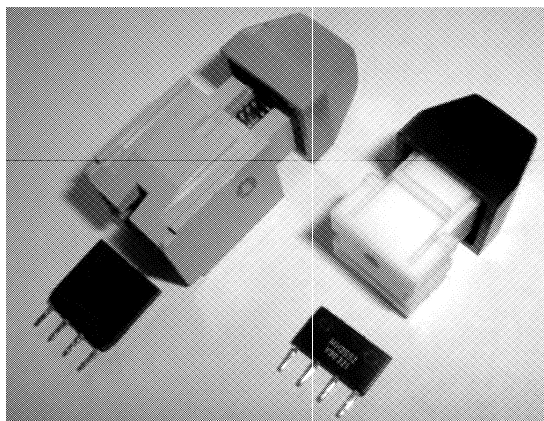
Magnetické pole přikládáme buď pomocí malého permanentního magnetu s dostatečnou magnetickou indukcí nebo použijeme původní klávesy, které v sobě magnety obsahují – viz obr. 13.

Otázky

Uveďte principy spínání kláves u moderních klávesnic u PC. Které nevýhody kláves s Hallovy sondami nové klávesnice již nemají?

Problémy

Navrhněte jiné zajímavé zapojení a použití IO s Hallovou sondou. Kterou hlavní výhodu tyto spínače stále mají? Vyrábí se i obvody, které reagují na magnetické pole pouze vysláním impulsu šířky asi 1 ms. Jak se dá využít této možnosti?

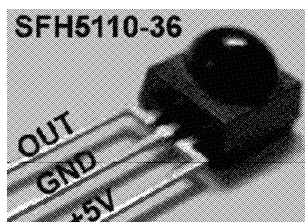


Obr. 13 Klávesy s Hallovými sondami

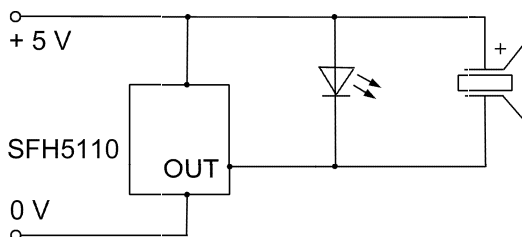
7. Pokusy s infračerveným zářením

Integrovaný infračervený přijímač

K uvedenému zapojení a pokusům s vysílačem a přijímačem infračerveného záření mě inspirovaly články z časopisu MFI [4] a [5]. V mém zapojení je použit infračervený přijímač SFH5110-36, v němž je integrován i zesilovač a demodulátor (obr. 14). Je běžně k dostání v ceně asi 30 Kč. Pro vysílání záření použijeme libovolný dálkový ovladač z domácnosti. Pro indikaci příjmu je zapojena vysokosvitivá LED a piezosírénka. Čím větší je svit LED a hlasitost sirény, tím je infračervený signál intenzivnější. Schéma zapojení je na obr. 15. Na vývodu OUT je aktivní signál formou 0 V.



Obr. 14 Zapojení vývodů infrapřijímače



Obr. 15 Zapojení pro příjem infrazáření

Pro stejné účely lze použít i vymontovaný přijímač infrazáření z vyřazeného televizoru či jiného přístroje na dálkové ovládání. Zjištění typu a zapojení vývodů vyžaduje zkušenosti.

Během pokusu můžeme demonstrovat některé vlastnosti záření (odraz, lom, rozptyl) a propustnost materiálů v infračerveném oboru. Vyzkoušíme běžné látky jako sklo, papír, dřevo, umělou hmotu, vodu. Pro rozptyl využijeme pauzovací papír, vodu s mlékem nebo matnou fólii. Zapojení může v domácnosti a ve škole sloužit také k testování funkčnosti používaných dálkových ovladačů.

Lze infrazáření vidět? Kladnou odpověď dokáže libovolná kamera. Působivou ukázkou umožní zobrazení vysílajícího dálkového ovladače malou webovou kamerou na obrazovce počítače. CCD prvek v kaměře nereaguje přesně pouze na viditelné záření. Detekuje i infračervené vlny a elektronika kamery přiřadí těmto vlnám téměř bílou barvu (jako by nás šidila). Rovněž u tohoto pokusu je vhodné ověřit propustnost záření některými materiály. Můžeme ukázat i zvětšení či zmenšení vyzařovací diody (nebo dvou diod – podle typu ovladače) pomocí čočky. Vhodné je vše demonstrovat přes datový projektor.

Infračervená závořa

Z vyřazených počítačových zařízení lze získat zajímavý obvod, který obsahuje infradiodu a infratranzistor. Infrazávořa s vlastní clonkou slouží pro snímání polohy (obr. 16). Pro demonstraci činnosti zapojíme schéma dle obr. 17. Společný pól je kladný, zvlášť je vyvedena katoda infradiody a emitor infratranzistoru. Opět ověříme, že tenký bílý papír závořu téměř neovlivní, naopak černý předmět závořu aktivuje.

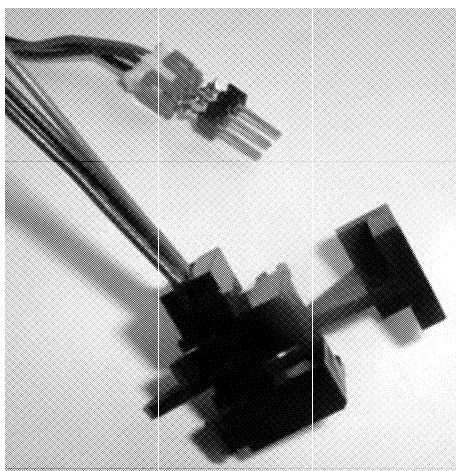
Otázky

V čem tkví výhoda užívat v závořách infračervené diody oproti LED? Uveďte další využití infrazáření a popište jeho chování a účinky. Jakým

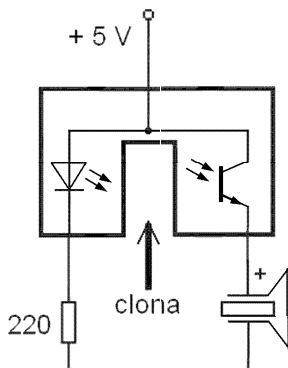
způsobem se na jednom ovladači zajistí schopnost vysílat až několik desítek různých povelů? Proč se pro podobné účely nevyužívají vlnové délky ultrafialového záření?

Problémy

Navrhněte způsob, jakým by infračervené dálkové ovládání mohlo ovládat zařízení ve větší vzdálenosti, kde přímý paprsek již nemá dostatečnou intenzitu a čidlo by reagovalo nespolehlivě.



Obr. 16 Infrazávora s pohyblivou clonkou k indikaci polohy



Obr. 17 Zapojení infrazávory

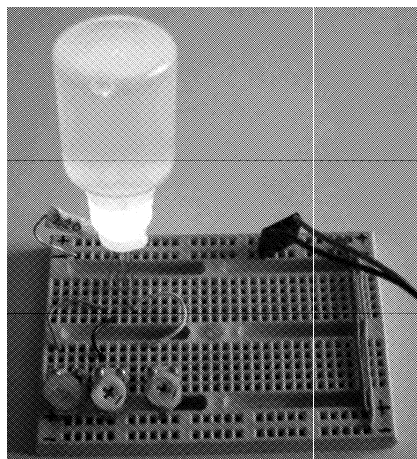
8. Skládání barev s trojbarevnou LED

Zapojení vývodů a základní charakteristiky diody L5R3G6B2 jsou na obr. 18. Písmenem „k“ je označena společná katoda. Má nejdelší vývod.



Obr. 18 Tříbarevná LED

Proud každé barvy by neměl překročit 20 mA. Podle uvedených údajů je zřejmé, že nejjasněji svítí barva zelená a nejméně modrá (pokud testujeme jas vyvolaný stejným proudem). Pro skládání barev zapojíme do obvodu katody ochranný odpor 220 ohmů a u každé barvy proměnný rezistor. Tím docílíme plynulého nastavení jasů. Poutavé zobrazování různých jasů a skládání barev předvedeme podle obr. 19, nejlépe v zatemněné místnosti. Nádobka pochází od léku ve formě kapek a je téměř průhledná. Je naplněna vodou s kapkou mléka a způsobuje tak dostatečný rozptyl světla. Pouzdro diody je vodotěsně zasazeno do víčka nádoby.



Obr. 19 Tříbarevná LED a skládání barev

Otázky

Popište rozdíl mezi substraktivním a aditivním skládáním barev.

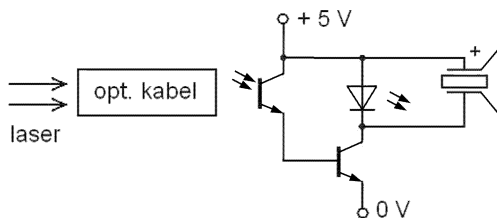
Prohlédněte lupou vnitřní strukturu LED. Co je na vnitřním uspořádání zajímavé?

Problém

V obchodní síti se dá pořídit lampa, která plynule automaticky mění barvy a její součásti jsou výkonné barevné LED. Vysvětlete její princip. Jaké vlastnosti by mělo mít osvětlovací sklo?

9. Kabel pro optický přenos

Pro demonstraci přenosu informace pomocí optického kabelu (vlnovodu) použijeme libovolný typ s délkou od 1 do 50 m. V rámci možností upravíme konce kabelu tak, aby byl zajištěn stín a optický přenos mezi součástí a koncem kabelu. Vhodné jsou např. různé kousky tmavé izolace z drátů a bužírky. Jako vysílač světla použijeme laserové ukazovátko nebo vysokosvitivou LED. Na přijímací straně je obvod s fototranzistorem (např. KP101). Zesílení signálu pro indikaci LED a piezosírenkou zajistí tranzistor BC517 (darlington). Schéma zapojení je na obr. 20. Pokud BC517 není k dispozici, zapojíme dva běžné tranzistory NPN v darlingtonově zapojení.



Obr. 20

Můžeme rovněž ukázat, že úhel naklonění vysílacího laserového paprsku má svou mez. Musí být menší než je mezní úhel pro úplný odraz v trubici z optického média. Názorně je tato situace řešena v příkladu č. 25 sbírky [6].

Otázky

Které informace lze šířit po optickém kabelu? Je optický kabel obousměrný? Existují infračervené či ultrafialové kabely?

Problémy

Délka kabelu ovlivňuje kvalitu přenášené informace. Jak se v praxi řeší tento problém s tzv. útlumem? Navrhněte zapojení, které „zesílí optickou informaci“.

Závěr

Ve většině těchto ukázek s velkými výhodami používám kontaktní pole pro snadné a rychlé spojování elektronických součástek. Lze je zakoupit s různými rozměry a přídatnými doplňky. Studenti je využívají v laboratoři fyziky. Nemalou výhodu mají ve snadném odzkoušení nových a složitějších zapojení. Naprostá většina součástek respektuje standardní rozteče vývodů, takže není problém je na desku kontaktů umístit. Pokud využijete napájení z PC (např. 5 V z konektoru USB), máte k dispozici zkušební pracoviště s informacemi přímo z obrazovky počítače.

Pokud Vám některá ukázka nebude fungovat na první zapojení, neztrácejte chuť a experimentujte. Tento postup často vede k zajímavým objevům a vlastnostem zkoumaného jevu či objektu. Jsem ochoten kdykoliv poradit a předat zkušenosti. Email: brnk@post.cz

Literatura

- [1] *Hubeňák, J.*: Aplikovaná fyzika a moderní elektronika. Sborník projektu „Učíme fyziku moderně“, Repronis, Ostrava 2007.
- [2] *Lepil, O.*: Fyzika okolo dynama na kolo, MFI, roč. 7 (1997), č. 3, s. 158.
- [3] *Lepil, O.*: Pokusy s piezoměničem, MFI, roč. 6 (1996), č. 2, s. 91.
- [4] *Drozd, Z. – Brockmeyerová, J.*: Pokusy z volné ruky, Prometheus, Praha 2003.
- [5] *Goldová, K.*: Pokusy s infračerveným zářením, MFI, roč. 11 (2002), č. 8, s. 484.
- [6] *Bartuška, K.*: Sbírka řešených úloh z fyziky IV, Prometheus, Praha 1997.

Užití systému PASCO ve výuce fyziky

JIŘÍ MAZUREK – DAVID KUNČICKÝ – ROMAN KRPEC

Gymnázium a SOŠ Orlová

Úvod

Současný nástup informačních a komunikačních technologií (ICT) ve společnosti se odráží i ve vzdělávání. Jednou z možností zařazení ICT do výuky fyziky na školách je využití systému PASCO. Tento systém byl v uplynulém školním roce zkoušen na Gymnáziu a SOŠ Orlová jako první střední škole v České republice.

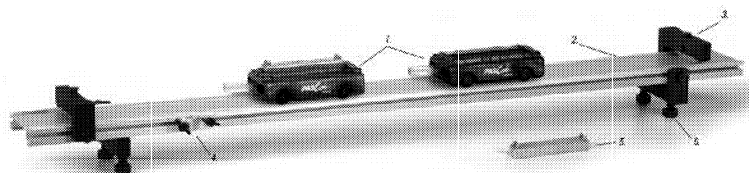
Americká firma PASCO je již 40 let dodavatelem měřicích kompletů určených pro výuku přírodních věd. Její soupravy se mimo jiné používají i na nejprestižnějších amerických univerzitách, např. na Harvardu (podrobnosti viz [1]).



Obr. 1 Systém PASCO. Některé vybrané prvky: 1b – datalogger, 2 – čidlo vzdálenosti, 3 – čidlo síly, 18 – čidlo teploty (zdroj [2])

Systém PASCO zahrnuje software DataStudio, bezdrátové rozhraní pro připojení senzorů PASPORT, USB propojení mezi dataloggerem a počítačem, sadu více než 60 snímačů fyzikálních veličin a stovky dalších doplňků

(od nejmenších detailů až po vybavení celých laboratoří), například dráhu PASTrack s vozíky PAScar určenou pro výuku mechaniky (viz obr. 1 a 2). Součástí systému je i ruční PC datalog *Xplorer GLX* určený pro měření v terénu. Datalogger je programově vybaven podobně jako DataStudio (viz [2]).



Obr. 2 Souprava PASTrack a PAScar (zdroj [2])

Využití ve fyzice

PASCO dodává tato čidla využitelná ve středoškolské fyzice: čidlo vzdálenosti, síly, integrované čidlo „obecné vědy“ zahrnující 6 snímačů (mimo jiné intenzity zvuku a pH), čidlo hustoty magnetického toku, elektrického náboje, proudu, napětí, intenzity světla, tlaku a teploty.

Z hlediska výuky je možné využití soupravy v následujících partiích fyziky:

Mechanika

- měření polohy, rychlosti a zrychlení těles
- měření smykového tření
- měření velikosti síly
- demonstrace pružných a nepružných srážek (se soupravou PAScar a PASTrack)
- demonstrace Hookeova zákona

Kmitání a vlnění

- demonstrace kmitání a vlnění
- znázornění závislosti polohy, rychlosti a zrychlení mechanického oscilátoru
- znázornění skládání kmitů
- měření intenzity zvuku
- snímání zvuku

Termika a molekulová fyzika

- měření teploty a tlaku

Elektřina a magnetismus

- měření intenzity magnetického pole permanentních magnetů a cívek s proudem
- měření proudu a napětí

Optika

- měření intenzity osvětlení

Možnosti DataStudio

K zobrazení, uložení a zpracování dat slouží DataStudio (obr. 3). DataStudio umožňuje:

- zobrazit data v grafu, proložit je křivkou (obr. 4), vypočítat obsah plochy pod křivkou (integrál)
- z měřených dat provádět výpočty hodnot dalších veličin a výsledky zobrazovat v reálném čase
- exportovat data do tabulky
- zobrazovat hodnoty aktuálního měření digitálně nebo jako analogové měřidlo
- generovat jednoduché tóny, měnit jejich frekvenci a amplitudu, a skládat více tónů
- snímat zvuk
- měnit frekvenci měření podle potřeby
- zobrazovat data v jednodušším (zábavnějším) režimu EZscreen (obr. 5)
- navrhopvat laboratorní práce a vytvářet z nich prezentace

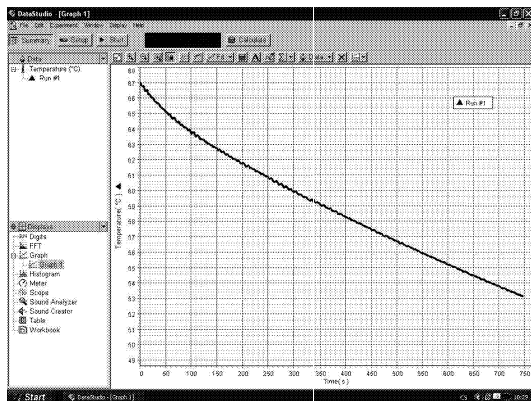
Ukázka měření

Pro jednoduchou demonstraci měření se systémem PASCO bylo vybráno chladnutí horké vody ve sklenici, měření teploty bylo provedeno snímačem teploty (čidlo č. 18 na obr. 1).

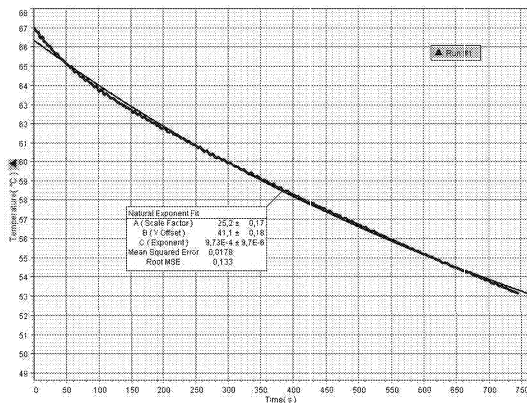
Teplota vody ve sklenici se po určitém čase vyrovná s pokojovou teplotou, průběh teploty lze podle Newtonova zákona ochlazování vyjádřit klesající exponenciální křivkou ve tvaru: $T = C e^{-kt} + T_0$, kde C a k jsou konstanty, t je čas a T_0 pokojová teplota.

Naměřenou závislost teploty na čase ukazuje obr. 3 (měření trvalo asi 12 minut). Touto závislostí byla v DataStudiu proložena exponenciální křivka

(obr. 4). V rámečku pak lze odečíst koeficienty exponenciální závislosti i s příslušným odhadem chyby.



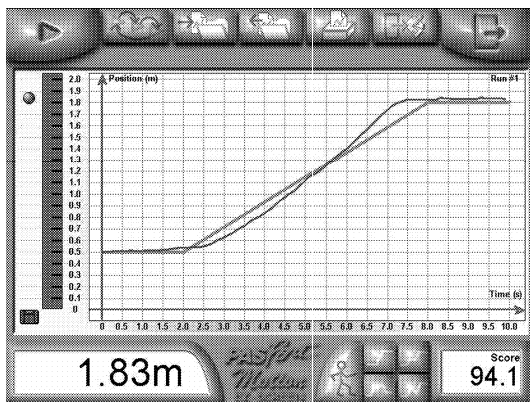
Obr. 3 Chladnutí vody, demonstrace Newtonova zákona ochlazování



Obr. 4 Newtonův zákon ochlazování – aproximace dat exponenciální křivkou (tmavě)

Závěr

Souprava PASCO představuje moderní názornou pomůcku ve výuce fyziky. Reakce našich žáků při demonstračních pokusech se soupravou



Obr. 5 Ukázka měření polohy tělesa v režimu EZscreen (zdroj: [2])

byly velmi pozitivní. Práce se soupravou dokázala upoutat jejich pozornost a probudit zájem o měření, žáci na pokusech aktivně spolupracovali. Pro učitele je podstatné, že ovládání čidel, ručního PC datalogu i DataStudio je jednoduché a intuitivní. Systém sám rozpoznává jednotlivé snímače a v okamžiku jejich připojení automaticky startuje DataStudio. DataStudio poskytuje komfortní zpracování naměřených údaj, jejich analýzu i zobrazení, ať už v grafech nebo v tabulkách.

Jedinou nevýhodou tohoto systému je jeho vysoká cena, ceny čidel se pohybují kolem tří tisíc korun. Proto tato souprava může sloužit k frontálním demonstračním pokusům učitele, ale zřejmě ani v blízké budoucnosti nebude možné vybavit těmito soupravami žáky k provádění tradičních laboratorních prací ve skupinách.

Užití systému PASCO je podle nás vhodnou inovací výuky a vítaným zpestřením hodin fyziky.

Literatura

- [1] PASCO [online]. USA: Sacramento [cit. 2008-10-31]. Dostupné na WWW: <http://www.pasco.com>
- [2] ACTIVPORTAL – INTERAKTIVNÍ VÝUKA [online]. Opava [cit. 2008-10-31]. Dostupné na WWW: http://www.activboard.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=64&Itemid=54