

## Nebojte se pájet – a postavte si jednoduchou zkoušečku

Leoš Dvořák

KDF MFF UK Praha

Abstrakt:

*Jednoduchá zkoušečka z několika součástek je konstrukcí, na niž se mohou procvičit v pájení i žáci a studenti, kteří dosud nedrželi páječku v ruce. Navíc je užitečnou pomůckou např. při zkoušení svítivých diod i dalších součástek. Celá konstrukce je velmi názorná a může sloužit i k seznamování žáků se základy elektrických obvodů. Příspěvek popisuje tři varianty této zkoušečky a uvádí řadu pokusů, které lze s její pomocí provést.*

### Úvod

Jak už naznačuje titlek, jedním ze záměrů této dílny bylo, aby se účastníci procvičili v pájení běžnou transformátorovou („pistolovou“) páječkou. Někteří možná poprvé v životě, jiní po nemnoha předchozích zkušenostech. Aby si dokázali, že mohou páječku použít jako běžný pracovní nástroj – a s její pomocí také něco zajímavého vytvořit.

K tomu bylo potřeba, abychom jen samoúčelně nepájeli drátky k sobě. Na druhé straně by nebylo realistické očekávat, že začátečníci za hodinu a půl zvládnou vytvořit složitější konstrukci. Totéž zřejmě bude platit při seznamování žáků s elektřinou či základy elektroniky ve škole.

Při přemýšlení a zkoušení, co jednoduchého a užitečného vytvořit, přišla na svět dále popsaná jednoduchá zkoušečka. Jistě nejde o nic převratného a zcela originálního a při její tvorbě jsem byl nepochybně inspirován i řadou někde zahlédnutých návodů. Snažil jsem se však přemýšlet také o tom, jak ji využít ve školních fyzikálních experimentech – a samotného mě překvapilo, kde všude může být užitečná.

### Konstrukce: mosazné hřebíčky na prkénku

Radioamatéři občas používali výraz „konstrukce na prkénku“. V našem případě je základem konstrukce zkoušečky skutečně prkénko z měkkého dřeva, do něhož jsou ve vhodných místech zatlučeny mosazné hřebíčky. Ty slouží jako pájecí body, k nimž se pájí spojovací dráty i vývody součástek. Na prkénku je umístěna i plochá baterie sloužící jako zdroj. Baterii není potřeba pájet, její kontakty se prostě opírají o mosazné hřebíčky. Mosazné hřebíčky slouží i jako „vstupní svorky“ naší zkoušečky: lze k nim pohodlně připojovat přírodní kablíky zakončené malými krokodýlky.

Konstrukci využívající prkénka a mosazných hřebíčků mi před časem poradil Peter Žilavý [1]. Osvědčila se pro řadu různých zapojení a s nadšením jsem ji propagoval již např. v příspěvku [2] na *Veletřhu nápadů učitelů fyziky*. „Přístroje“ touto technikou vytvořené se líbily i účastníkům mezinárodních akcí programu *Physics On Stage* a konference *GIREP 2004*. Významnou předností této konstrukce je její **názornost**. Součástky mohou být na prkénku rozmístěny stejně, jako na schématu („konstrukce je svým vlastním schématem“), nic není ukryto a funkci přístroje lze dobře ukazovat, popisovat a demonstrovat.

Detaily konstrukce snad není třeba příliš podrobně popisovat; ostatně vše si lze přizpůsobit. Vyhoví prkénko o šířce asi 7 až 8 cm (vejde se na něj plochá baterie) a tloušťce asi 1,5 až 2 cm (tlustší je zbytečné, tenčí by se mohlo štípat). Délku zvolíme podle potřeby; pro naši zkoušečku stačí 15 až 20 cm. Použijte hladké prkénko z dostatečně

vyschlého měkkého dřeva. Neohoblovaná fošna by možná působila zajímavě, ale o třísky není co stát. Vlhké dřevo by mohlo působit problémy díky přílišné vodivosti (u naší zkoušečky asi ne, ale u konstrukcí s tranzistory patrně ano) a do tvrdého dřeva by se špatně zatloukaly mosazné hřebíčky (jsou měkké, ohýbaly by se).

Mosazné hřebíčky lze sehnat ve větších železářstvích. Ocelové hřebíčky nejsou vhodné; špatně se na ně pájí. Celou konstrukci lze samozřejmě modifikovat. Zdeněk Polák navrhl použít místo mosazných hřebíčků kousky tlustšího měděného drátu. Dva až tři účastníci dílny zase zkusili techniku (známou, myslím, např. od švýcarských Debrujárů), která se obejde zcela bez pájení: Do předvrtaných nebo hřebíčkem vytvořených dírek v prkénku se zasunují dráty a vývody součástek, které se pak „utěsní“ a propojí zatlučeným hřebíčkem.

Pozn.: Výhodou pájecích bodů na mosazných hřebíčcích (když si zvyknete pracovat s páječkou) je to, že vývody součástek lze lehce pájet na hlavičky hřebíčků, bez nutnosti je kolem hřebíčků předem omotávat. V zapojení tak lze součástky lehce měnit (např. rezistory s různými hodnotami odporů), což se velmi hodí při experimentování.

## **Nebojte se pájet**

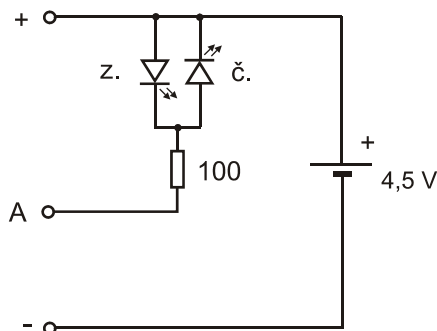
Cílem tohoto textu není dát podrobný návod, jak pájet či jak někoho učit pájet. O technice správného pájení lze najít bližší poučení např. v [3]. Zde pouze stručně připomeneme některé zásady:

- Pájená místa je třeba předem dobře očistit – například jehlovým pilníčkem, jemným smirkovým papírem, oškrábáním nožem apod. Na znečištěný či zoxidovaný povrch se prostě cín „nechytá“.
- V čištění povrchu pomáhá kalafuna. V tzv. trubičkovém cínu je přímo v cínu, jímž pájíme, jinak do ní můžeme namočit hrot páječky s cínem. (Stačí jen krátce a hrot nemusí být moc horký, kalafuna se taví při podstatně nižší teplotě než cín.) Kalafuna sama nepájí, ale pájení usnadňuje. Ale nedávejte jí na spoje příliš mnoho.
- Dráty a vývody součástek je vhodné k místu spoje předem mechanicky přichytit. Stačí drát zahrnout kolem hřebíčku a trochu stisknout kleštičkami. Přebývající kus drátu či vývodu součástky uštípněte. (Vhodné jsou k tomu kleště nazývané „boční štipky“, velkými štipačkami či kleštěmi kombinaček k hřebíčku nedostanete. Když tak si dráty a vývody zkrátte předem.) Rozhodně není vhodné kolem hřebíčku drát mnohokrát obtáčet a mít tam celý „chumel“ materiálu. Má pak zbytečně velkou tepelnou kapacitu a je obtížné ho prohřát.
- Pokud se vám spoje nedaří nebo si nejste jisti, zda cín skutečně přilnul k hřebíčku a všem drátům, pomůže hřebíček a dráty předem pocínovat. Ale jen trochou cínu – ten má povrch hřebíčku či drátu jen pokrýt, ne tam udělat např. velkou kapku. Vývody součástek (např. rezistorů) již bývají pocínované z výroby.
- Pájené místo je třeba dobře prohřát, na studený kov cín nechytá. Naneste si trochu cínu na smyčku páječky, případně ještě namočte do kalafuny (při tom klidně páječku na chvíli vypněte, cín je horký až dost a je zbytečné nechat ho dlouho „přepalovat“), přitiskněte na místo spoje (páječku zase zapněte) a prohřívejte spoj tak dlouho, až se cín na všech drátech i hřebíčku krásně rozteče.
- Se spojem nehýbejte, dokud cín neztuhne. Jinak se vám může podařit vyrobit tzv. „studený spoj“, jehož vodivost je sázkou do loterie.
- Pokud je povrch cínu nepěkný, špinavě šedý, asi jste cín „přepálili“. Přebytečný cín z takového spoje odstraňte (páječkou), přidejte nový cín, dostatek kalafuny – a pájejte znovu.

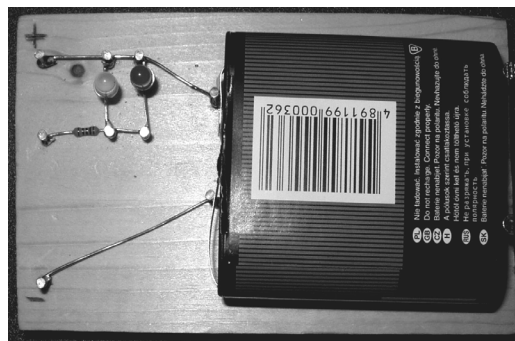
- Smyčku pistolové páječky udržujte pokud možno čistou, cín se na ní musí také dobře roztékat. Praktici hrot otírají papírovým kapesníkem, drsnější povahy smirkem či odírají nečistotu a zoxidovaná místa jehlovým pilníkem nebo nožem. (Očištěné místo pak ponořte do kalafuny a pocínujte, jinak rychle zoxiduje znovu.) Běžná smyčka se ale stejně po čase přepálí...

## Dvě verze jednoduché zkoušečky

Základní verze zkoušečky obsahuje jen baterii, dvě svítivé diody (zelenou a červenou) a jeden rezistor o odporu  $100\ \Omega$ . Schéma zapojení ukazuje obr. 1, konstrukci obr. 2.



Obr. 1 Základní verze zkoušečky



Obr. 2 Konstrukce základní verze zkoušečky

Plochá baterie se svými kontakty dotýká mosazných hřebíčků. Z druhé strany se opírá o větší hřebíky zatlučené do prkénka.

Při zapojování si dejte pozor, aby svítivé diody (LED) byly zapojeny s opačnou polaritou, tak jak je to ve schématu. LED má jeden vývod delší, ten se připojuje ke kladnému pólu. V našem zapojení je takto zapojena zelená LED. Červená je zapojena obráceně, aby ukazovala napětí s opačnou polaritou. Funkci zkoušečky ověříme tak, že drátem (kablíkem, v nouzi např. nožem) propojíme svorky – a A. Přitom se má rozsvítit zelená dioda. Přepólujeme-li baterii, rozsvítí se při spojení uvedených svorek červená dioda. Znaménka + a – je užitečné si ke vstupním „svorkám“ (hřebíčkům) na prkénko připsat; ke hřebíčkům, které tvoří kontakty ploché baterie, raději také.

K využití zkoušečky se dostaneme dále, nejprve si všimneme její **odolnosti**.

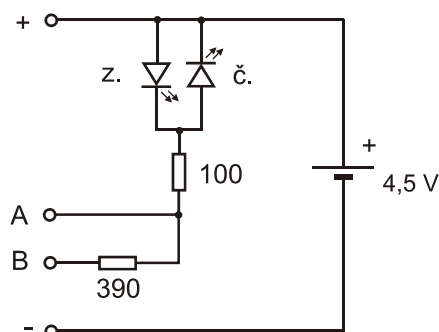
Pokud nebudete ke zkoušečce připojovat napětí vyšší než asi 6 V, nehrozí její poškození. Velmi krátkým připojením (tak, aby dioda jen blikla) můžete vyzkoušet i devítivoltovou baterii, ale s dobou připojení to nepřehánějte. Svítivou diodou totiž při tom prochází proud asi 70 mA, což už je několikanásobek katalogové hodnoty a to jí „nedělá dobře“. Navíc rezistor  $100\ \Omega$  je přitom zahříván výkonem asi 0,5 W.

Přidejme ještě důrazné, byť samozřejmé upozornění: Vzhledem k tomu, že na všechny části konstrukce zkoušečky si lze sáhnout, v žádném případě ji nesmíme připojovat např. k síťovému napětí!

Samozřejmě jsou zde další možnosti, jak zkoušečce „ublížit“. Pokud třeba žák propojí drátem svorky + a –, vybijе baterii. Také připojení těchto svorek např. k šestivoltovému akumulátoru by baterii moc neprospělo. Svítivé diody by šlo úmyslně nebo neúmyslně zničit, pokud by někdo přivedl napětí přímo na jejich vývody, bez sériového odporu  $100\ \Omega$ .

Také by šlo na celou zkoušečku šlápnout... V dalším budeme raději předpokládat, že zkoušečka je používána víceméně inteligentně a s porozuměním. :-)

Jen nepatrně vylepšenou verzi zkoušečky ukazuje obr. 3.



Obr. 3 Zkoušečka ve „verzi B“

Zapojení je doplněno o jediný rezistor 390  $\Omega$ . Ten umožňuje zkoušet vyšší napětí a provádět některé další pokusy. Zda zvolit základní či „vylepšenou“ verzi zkoušečky, záleží na vás jakožto na učitelích. Při práci s mladšími žáky je patrně vhodnější základní verze, aby „dodatečná“ vstupní svorka nekomplikovala pochopení a neztěžovala používání zkoušečky. (Víc už zkoušečka asi opravdu zjednodušit nejde.) Na druhou stranu zájemci o fyziku či elektroniku asi raději sáhnou po „verzi B“ či rovnou po variantě s tranzistorem popsané dále.

### Použité součástky

Rezistory jsou běžné uhlíkové nebo metalizované (v ceně pod 1 Kč), svítivé diody též nejlacinější, s průměrem 5 mm. (Cena červené LED je 1 Kč, cena zelené pod 1,50 Kč.) Jako spojovací vodič může sloužit běžný zvonkový drát, z něhož (minimálně na koncích :-)) stáhneme izolaci. Nejdražší na celém zařízení je plochá baterie.

Pro dále popsanou zkoušečku s tranzistorem je třeba navíc jeden rezistor 47 k $\Omega$  a běžný („univerzální“) křemíkový tranzistor NPN. Vyhoví typ BC547. (Lze jej sehnat za cenu 1 Kč.) Hodnoty rezistorů ve zkoušečce nejsou kritické: například místo 100  $\Omega$  lze užít 120  $\Omega$  apod.

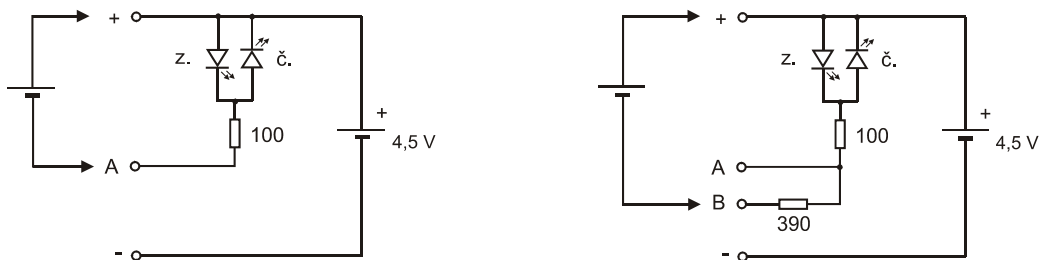
K dále popsaným pokusům se zkoušečkou se hodí ještě elektrolytický kondenzátor o kapacitě 470 nebo 1 000  $\mu\text{F}$  (stačí na napětí 10 až 15 V), případně i kondenzátor o nižší kapacitě (např. 10  $\mu\text{F}$ ), další svítivá dioda (třeba žlutá), univerzální křemíková dioda (opět co nejlacinější typ), tranzistor (např. výše uvedený BC547), případně tyristor. Vhodný je i zdroj střídavého napětí 3 až 5 V, jímž může být například zvonkový transformátor.

Ke „vstupním svorkám“ zkoušečky (tj. hřebíčkům) se další součástky dobře připojují pomocí kablíků s krokodýlky na koncích. (Různobarevné kablíky tohoto typu lze sehnat za 10 Kč.)

Všechny součástky lze sehnat ve větších (a asi i menších) obchodech s elektronickými součástkami; mnohé tyto obchody mají i zásilkové služby.

## Co vše lze zkusit

### Zkoušečka baterií



Obr. 4 a) Zkoušení zdrojů napětí do 6 V

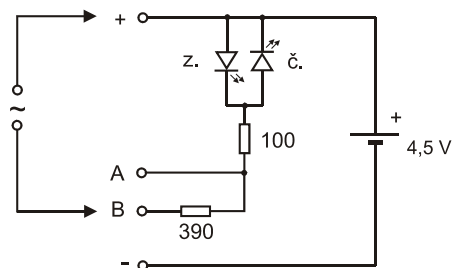
b) Zkoušení zdrojů napětí do 20 V

Zkoušení baterií (zdrojů napětí) ukazuje obr. 4. Připojíme-li kladný pól zdroje ke svorce +, svítí zelená LED, při opačné polaritě zdroje červená LED.

Tužkové baterie (obecně: zdroje o napětí 1,5 V a nižším) naší zkoušečkou zkusit nemůžeme – toto napětí nestačí k rozsvícení svítivé diody.

Poznamenejme, že naší zkoušečkou též nezjistíme, zda je baterie schopna dodávat větší proud; zkoušečka ji zatěžuje jen proudem několik desítek miliampér.

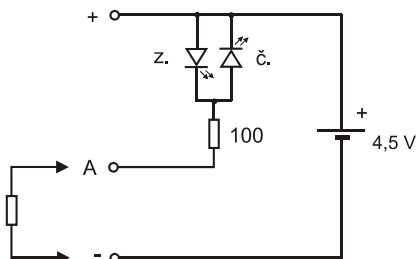
### Zkoušečka střídavého napětí



Obr. 5 Zkoušečka střídavého napětí (do 15 až 20 V)

Připojíme-li ke zkoušečce zdroj střídavého napětí, svítí obě diody. Zdroj o napětí do 5 V můžeme připojit i k jednodušší verzi zkoušečky ke svorkám + a A.

### Zkoušečka vodivého spojení a rezistorů

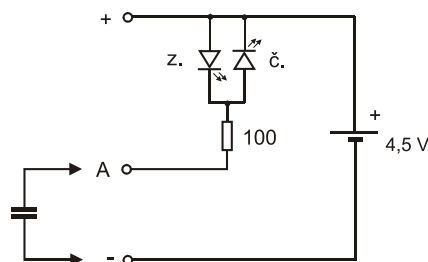


Obr. 6

Vodivé spojení a rezistory o odporu do stovek  $\Omega$  můžeme zkoušet, připojíme-li je ke svorkám – a A podle obr. 6. Svítí zelená LED indikuje vodivé spojení. (Velmi zhruba bychom

podle intenzity svitu mohli rozlišovat rezistory od odporech desítky, stovky a tisíce ohmů. Nevýhodou je skutečnost, že nerozlišíme dobré vodivé spojení od situace, kdy je mezi svorkami odpor např. 10 Ω.)

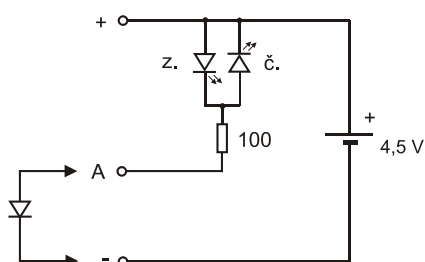
### Zkoušečka kondenzátorů



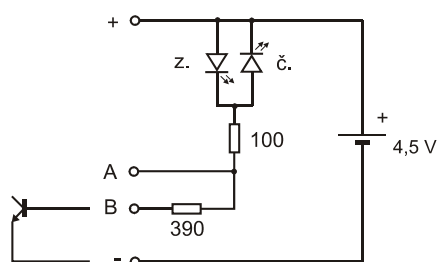
Obr. 7 Zkoušení elektrolytických kondenzátorů

Elektrolytické kondenzátory o kapacitě desítek, stovek a více mikrofaradů můžeme zkusit v zapojení podle obr. 7. Připojíme-li vybitý kondenzátor ke svorkám, dioda krátce blikne. (Indikuje, že kondenzátorem protekl nabíjecí proud.) Pro kondenzátory o kapacitě desítek  $\mu\text{F}$  je bliknutí jen velmi krátké (a v silnějším světle špatně viditelné), u kondenzátorů s kapacitou stovek  $\mu\text{F}$  je dostatečně výrazné – a je zřejmé, že pro kondenzátory o vyšší kapacitě trvá nabíjení déle. (Poznamenejme, že při delším připojení elektrolytického kondenzátoru je vhodné dodržet polaritu vyznačenou na kondenzátoru. Delší vývod obvykle znamená +, navíc bývá na obalu označen záporný pól.)

### Zkoušečka diod a přechodů tranzistorů



Obr. 8 a) Zkoušení diod



b) zkoušení přechodů tranzistorů

Zkoušení diod a přechodů tranzistorů můžeme provádět v zapojení podle obr. 8. Při zapojení diody v propustném směru svítí zelená LED, při opačné polaritě diody LED nesvítí. (Je-li dioda přerušena, nesvítí ani při jedné polaritě, je-li přechod proražen, tedy vlastně zkratován, svítí při obou polaritách.) Přechody tranzistorů je vhodné zkoušet podle obr. 8b) „složitější“ variantou zkoušečky, neboť v tom případě rezistory omezují protékající proud na přijatelných asi 5 mA.

### Zkoušečka LED

Svítivé diody můžeme zkusit jako obyčejné, tedy v zapojení podle obr. 8 a. Při zapojení ve správné polaritě navíc zkoušená LED také svítí. (Pozn.: Toto by nemuselo platit pro některé speciální diody, které by vyžadovaly vyšší napětí než asi 2,5 V. Též laserové diody se při zapojení dle obr. 8 a chovají „nestandardně“. U zkoušených kusů nestačil protékající proud k tomu, aby „naskočilo laserování“ a tyto diody svítily slabě jako obyčejné LED. K určení polarity laserové diody však i toto stačilo.)

## Využití pro jednoduché demonstrace a pokusy

Naši zkoušečku můžeme využít též k jednoduchým experimentům využitelným i ve škole:

### Střídání polarit střídavého napětí

Přivedeme-li na zkoušečku střídavé napětí o frekvenci 50 Hz (viz výše obr. 5) a pohybujeme-li dostatečně rychle zkoušečkou, je vidět, že se pravidelně střídá svit červené a zelené LED. (Díky setrvačnosti oka vidíme střídající se červené a zelené pruhy.) Ještě lépe by střídání polarit bylo vidět, pokud bychom ke zkoušečce připojili generátor nízkých frekvencí.

### Skládání napětí

Jestliže mezi svorky – a A zapojíme tužkový článek, pak se jeho napětí 1,5 V (podle toho, jak ho připojíme) sečte či odečte s napětím ploché baterie (4,5 V) a dá 6 V nebo 3 V. Rozdíl poznáme na svitu zelené LED.

### Sériové a paralelní spojování rezistorů

Dva rezistory o odporu např. 220  $\Omega$  zapojené buď paralelně nebo do série připojíme ke svorkám – a A. Rozdíl ve výsledném odporu se projeví v intenzitě svitu LED. (Porovnejte tento svit s případem, kdy mezi dané svorky připojíme jediný rezistor.) U verze B zkoušečky lze využít rezistor 390  $\Omega$ , který je součástí zkoušečky.)

### Nabíjení a vybíjení kondenzátoru

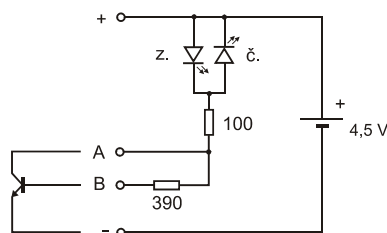
Nabíjení kondenzátoru již bylo popsáno výše. Jestliže po nabití kondenzátoru necháme připojený ke svorce A, jeho druhý konec odpojíme od svorky – a dotkneme se jím svorky +, vybije se náboj kondenzátoru přes červenou LED, která krátce blikne.

Se zkoušečkou ve variantě B můžeme demonstrovat, že přes větší odpor se kondenzátor nabíjí a vybíjí pomaleji. (Bliknutí trvá déle.)

### Střídavý proud prochází kondenzátorem

Připojíme-li střídavý zdroj o napětí 3 až 5 V ke svorkám + a A přes kondenzátor o kapacitě asi 10  $\mu\text{F}$  nebo více, budou obě diody svítit. (Při frekvenci 50 Hz má kondenzátor o kapacitě 10  $\mu\text{F}$  impedanci něco přes 300  $\Omega$ , takže přes něj prochází proud dostatečný k rozsvícení diod.) Pozor: elektrolytický kondenzátor nenechávejte ke střídavému napětí připojený dlouho, má být napojen se správnou polaritou, delší přepólování či připojení ke střídavému napětí jej může zničit!

### Demonstrace činnosti tranzistoru



Obr. 9 Demonstrace proudového zesílení tranzistoru

Se zkoušečkou ve variantě B můžeme demonstrovat činnost tranzistoru jako zesilovače proudu. Připojíme-li editor na svorku – a kolektor na svorku A, proud neprochází, tj. LED nesvítí. Připojíme-li pak bázi ke svorce B, proud tekoucí do báze „otevře“ tranzistor, takže větší proud pak může téci i kolektorem – což zelená LED indikuje jasným svitem. (Takto demonstrujeme činnost tranzistoru NPN. Pro tranzistor PNP můžeme postupovat stejně, jen ve zkoušečce otočíme polaritu baterie. Kolektorový proud pak samozřejmě bude indikovat červená LED.)

Má-li tranzistor dostatečné proudové zesílení (což je případ třeba typu BC547C, kde toto zesílení mívá hodnotu např. 500), můžeme činnost tranzistoru demonstrovat i pomocí základní verze zkoušečky. Editor připojíme ke svorce -, kolektor ke svorce A. Proud do báze budeme přivádět vlastním tělem: jedním prstem se dotkneme svorky +, druhým báze tranzistoru. (Je dobré prsty předem trochu naslinit.) Do báze teče proud o velikosti řádu desítek mikroampér; zesílený proud kolektorem indikuje svit LED. Jde nejen o efektivní pokus, ale také zřejmě o nejjednodušší zkoušečku tranzistorů...

Poznámka: Uspořádání vývodů tranzistoru (pro výše uvedený typ) při pohledu ze strany vývodů ukazuje obr. 10. Pro vlastní práci s tranzistorem (připojování krokodýlků apod.) je vhodné vývody opatrně ohnout do stran – ne těsně u pouzdra tranzistoru, aby se neulomily.



Obr. 10 Uspořádání vývodů tranzistoru BC547 při pohledu ze strany vývodů

### Demonstrace činnosti tyristoru

Podobně jako činnost tranzistoru můžeme vyzkoušet resp. demonstrovat činnost tyristoru. Katodu připojíme ke svorce –, anodu ke svorce A. Hradlo pak stačí krátce připojit ke svorce B, aby tyristor začal vést. Na rozdíl od tranzistoru tyristor vede (a zelená LED svítí), i když hradlo od svorky B odpojíme. Odpojením např. anody tyristor opět uvedeme do nevodivého stavu.

### Napětí indukované na cívce

S cívkou o dostatečném počtu závitů (vyhoví cívka s 12 tisíci závitů) a dostatečně silným magnetem můžeme demonstrovat i napětí indukované na cívce při změně magnetického toku cívkou. Cívkou připojíme ke svorkám A a +. V blízkosti cívky pak budeme rychle pohybovat magnetem. Výhodou je fakt, že diody indikují napětí i při velmi rychlých pohybech magnetu; nevýhodou skutečnost, že indukované napětí musí být alespoň 1,8 V, aby se diody rozsvítily.

### Další možnosti

Při troše přemýšlení lze přijít i na další možnosti, jak zkoušečku využít. Některé jsou serióznější, některé mohou asi sloužit spíš k pobavení.

### Zdroj 4,5 V

Ze svorek + a – lze odebírat napětí 4,5 V. (Tedy, přesněji řečeno: mezi svorkami je napětí 4,5 V; odebírat odtud lze proud. :-) Není divu, když jsou spojeny přímo s plochou baterií...



## Testování ampérmetru

Jak jednoduše vyzkoušet ampérmetr – např. proudové rozsahy v malém univerzálním multimetru, není-li spálena pojistka? Připojením přímo k ploché baterii jistě ne, to bychom právě pojistku v přístroji spálili. Připojte ampérmetr ke svorkám – a A zkoušečky. Zelená LED ukáže, zda prochází proud, a ampérmetr by měl ukázat údaj okolo 25 mA.

## Setrvačnost oka

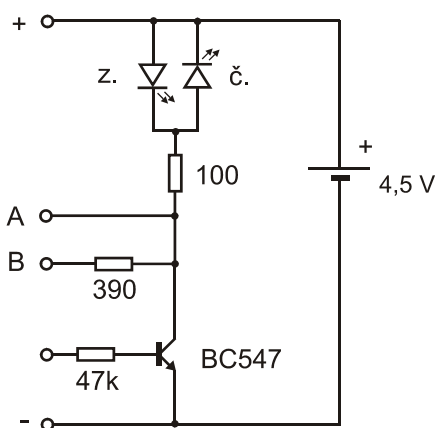
O setrvačnosti oka jsme se již zmínili výše. Připojte zkoušečku delším kabelem ke zdroji malého střídavého napětí (3 až 5 V) a točte zkoušečkou před sebou. Uvidíte střídající se zelené a červené proužky. Ostatně, pomůžeme si i bez střídavého zdroje: Spojte svorky – a A. Pak pohybně rychle zkoušečkou. Uvidíte zelenou „žíznivou čáru“ :-), i když dioda v každém okamžiku je a svítí samozřejmě jen na jediném místě.

## Nouzová svítilnička nebo stopka :-)

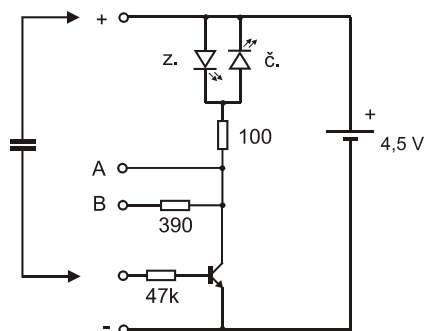
Kdyby bylo nejhůře, pak si po spojení svorek – a A můžete zelenou LED i trochu posvítit. (Pochybuji, že byste třeba v temném lese měli s sebou zrovna zkoušečku, ale jeden nikdy neví. :-) Ve tmě světlo LED stačí i ke čtení – jen byste mohli mít potíže s rozlišením textu napsaného zelenou barvou. V tom případě otočte baterii a posviťte si červenou LED. Ta může fungovat i jako hodně slabě viditelná stopka – ale zastavovat s ní vlak nebo nákladňák bych nedoporučoval...

## Zkoušečka s tranzistorem

Doplněním zkoušečky jedním tranzistorem (vyhoví typ BC547) a jedním rezistorem (47 k $\Omega$ ) podle obr. 11 získáme zkoušečku, která může indikovat malé proudy (řádu desítek  $\mu$ A), zkoušet velké odpory (desítky až stovky k $\Omega$ ), přímo demonstrovat vodivost lidského těla atd. atd. Obr. 12 ukazuje využití při testování kondenzátorů malých kapacit, resp. při demonstraci, že i těmito kondenzátory teče při nabíjení proud. LED blikne při připojování kondenzátoru o kapacitě 1  $\mu$ F i nižší. Kondenzátory o kapacitě stovek  $\mu$ F se nabíjejí dlouhé sekundy...



Obr. 11 Varianta zkoušečky s tranzistorem



Obr. 12 Využití ke zkoušení kondenzátorů o nižší kapacitě

Tato zkoušečka též může sloužit k indikaci napětí asi 0,6 až 0,7 V, lze na ní přímo demonstrovat činnost tranzistoru... a přitom zůstává stále ještě dostatečně jednoduchá a do jejího zapojení a činnosti „je vidět“.

## **Závěr**

Na příslušné dílně náchodského semináře Heuréky byla na zhotovení zkoušečky vyhrazena hodina a půl. Za tuto dobu dokázali *funkční* zkoušečku samostatně zhotovit i ti účastníci, kteří s pájením předtím neměli žádné či téměř žádné zkušenosti. Celkem danou dílnou prošlo 35 účastníků. Všichni pracovali s velkým zaujetím. Možnost vytvořit vlastníma rukama jednoduchý přístroj, který si budou moci odnést a který bude i k leccemu použitelný, jim zjevně byla velkou motivací – a bylo radostí tuto dílnu vést. Jako výhodné se ukázalo nabídnout několik variant zkoušečky, aby si na své přišli jak začátečníci, tak zkušenější účastníci, kteří se již nepotřebovali cvičit v základech pájení.

V době „elektronických černých skříněk“ může být konstrukce podobných zkoušeček jedním z námětů pro práci se žáky a studenty na různých kroužcích, ve volitelných seminářích apod. Nejde o to, vychovat ze všech radioamatéry či elektroniky, ale dát jim možnost pochopit a prakticky si vyzkoušet několik opravdu základních věcí. Jen vlastní praktická zkušenost totiž pomůže tomu, aby pro ně schémata elektrických obvodů nebyla jen abstraktními obrázky...

## **Literatura**

[1] Žilavý P.: *ústní sdělení*

[2] Dvořák L.: *Pár věcí z tábora 3 – tentokrát o čase a taky trochu o elektronice*. In: Sborník konference *Veletrh nápadů učitelů fyziky 5*. Praha, srpen 2000. ZU Plzeň 2000, s. 147-150.

[3] Malina V.: *Poznáváme elektroniku I*. Kopp, České Budějovice 1996.