

# Malý diskotékový stroboskop

Alexandra Svobodová

**Tento malý stroboskop vznikl pro potřeby diskotéky na dětském táboře. Můžeme se dlouze bavit o tom, jestli na tábor vůbec diskotéka patří, ale několikaletá zkušenost praví, že děcka se na diskotéku těší už od začátku tábora a je to již taková tradice. Takže proč jim neudělat radost, že ano?**

Zapojení vzniklo většinou ze součástek typu „co skříň dala, šuplík pomohl“, ale zase to nejsou moc veliké archaismy. Spíše taková klasika. Na tábor jsem postavila jednu verzi, po zkušenosti s ní vznikla tato druhá, kterou vám dneska chci představit. Od varianty první se liší jen v drobnostech, ale na ty jsem přišla až po zkušenostech s variantou první.

## Popis zapojení

Schéma zapojení je na prvním obrázku a jak vidíte, je to vlastně klasické zapojení několika součástek, byť pár vtipů tam také najdete.

Napájecí zdroj je tvořen transformátorem, můstkovým usměrňovačem a stabilizátorem s IO3. Zapojení je vlastně katalogové, včetně ochranné diody, na kterou se často zapomíná, ale ve stroboskopu má svoje důležité místo. Všimněte si totiž kondenzátoru s relativně hodně velkou kapacitou na výstupu stabilizátoru. Je tam proto, že kryje špičkové odběry LED při záblesku a tím odlehčuje stabilizátoru. Tento kondenzátor však může ohrozit stabilizátor v případě, že zastavený stroboskop vypnete. A je lhos-

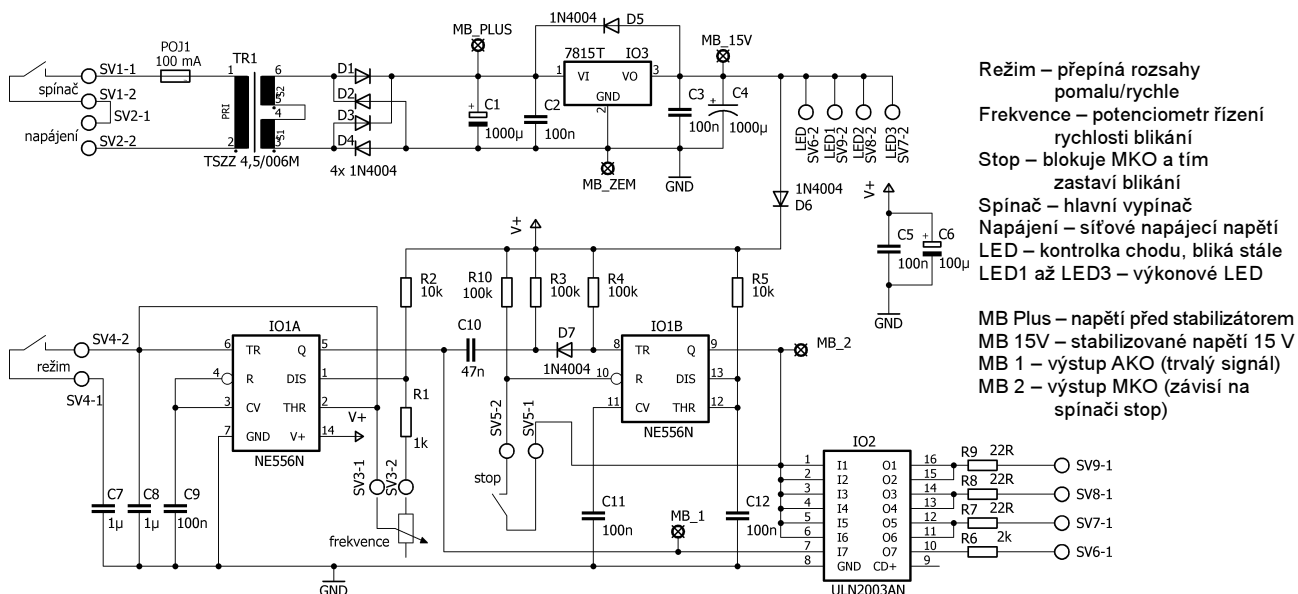
tejnou, zda úmyslně, nebo vypadne napájení. Napětí na výstupu stabilizátoru může být větší než na jeho vstupu a to jej může zničit. Dioda D5 stabilizátor chrání a ochrání. Dioda D6 odděluje napájení výkonové a řídicí části a tím zajišťuje klopným obvodům stabilní napájení.

Transformátor je použit malý v provedení do plošného spoje. Jeho nevýhodou je značná „měkkost“ jeho napětí, se kterou je potřeba počítat. Nejvhodnější napětí je přibližně 1x 15 V nebo 2x 7,5 V. V prototypu jsem použila transformátor s napětím 2x 9 V a řeklo by se, že to je tak akorát, protože napětí na filtračním kondenzátoru by mělo být asi 26 V. Ve skutečnosti se ale napětí na filtračním kondenzátoru v nezátíženém stavu vyšplhá až na 36 V. A to je vlastně už přes maximální povolené napětí stabilizátoru. Většina katalogových listů totiž připouští maximální vstupní napětí jen 35 V. Mám ověřeno, že mnou použitý kus to v pohodě vydrží a dobře funguje, ale tuto cestu nelze doporučit k následování, protože je prostě překročeno maximální vstupní napětí, a to by se dít nemělo. V druhém stroboskopu jsem již použila vhodnější



transformátor se stejným výkonem, ale napětím 2x 7,5 V. Na filtračním kondenzátoru je naprázdno napětí přibližně 26 V a povolené vstupní napětí stabilizátoru tak již není překročeno.

Obvod IO1A je zapojen jako astabilní klopný obvod (AKO), který generuje základní kmitočty. Kmitočty je určen kapacitou kondenzátorů C7 a C8 a odporem potenciometru P1. Kmitočty, určující frekvenci záblesků, je nastavitelný přibližně od 0,5 do 110 Hz. Není však problém úpravou součástek tento rozsah posunout jedním i druhým směrem tak, jak bude potřeba. Kondenzátor C7 je připojen trvale, C8 se připojuje spínačem „režim“ v případě, že chceme kmitočty snížit. Výstupní signál z AKO jde na kontrolku chodu a současně na vstup druhého klopného obvodu tvořeného IO1B, tentokrát monostabilního (MKO). Ten je zapojen tak, že produkuje impulsy dlouhé 1 ms nezávisle na tom, jak rychle a jak dlouhé jsou impulsy na jeho vstupu. Byť to tak nevypadá, je zapojení dvou klopných obvodů jednodušší než zapojení jednoho AKO s proměnlivou frekvencí a pevnou délkou impulsu. Zapojení obou klopných obvodů je vlastně klasické, podle katalogového listu výrobců.



Obr. 1. Celkové schéma zapojení stroboskopu

Vazební obvod je tvořen součástkami C10, R3, R4 a D7. Kondenzátor C10 tvoří s R3 derivační člunek a dovolí průchod jen krátkému impulsu. R4 zajišťuje klidovou úroveň na spouštěcím vstupu MKO a dioda D7 zabráňuje průniku napětí nesprávné polarizace v době vyrovnávání náboje na C10 po skončení impulsu z IO1A. Délku výstupního impulsu určují R5 a C12 a je to, jak již bylo zmíněno, přibližně jedna milisekunda. Pokud by bylo potřeba délku upravit, stačí změnit jednu, druhou nebo obě součástky. MKO se spojuje sestupnou hranou, takže kontrolka a výkonové LED blikají v protifázi. Pokud by to někomu vadilo, může mezi výstup AKO a vstup MKO zařadit jednoduchý invertor složený například z jednoho tranzistoru a dvou rezistorů.

Přestože je zapojení obou klopných obvodů téměř katalogové, pár zajímavostí se najde. Jednou z nich je zapojení obou resetovacích vstupů. IO1A je ošetřen podle „Finty s resetem 555“ z PE-AR 7/2017. IO1B je zapojen jinak. Původně jsem jej zapojila stejně, protože zastavování AKO jsem řešila prostým odpojením potenciometru. Nakonec se ukázalo, že tento způsob není ideální, takže ve druhé verzi jsem použila zapojení trochu jiné. Zastavení AKO odpojením potenciometru je jednoduché a funkční, ale ono je někdy dobré vidět rychlost blikání i bez zapnutých hlavních LED. Toto zapojení není z mé hlavy, našla jsem ho náhodou při procházení Elektrobastlírny, když tam řešili velmi podobné zapojení. Pokud je přepínač „stop“ / „chod“ v poloze „chod“, je rozepnut

a na vstup R (reset) je přes R10 přivedena logická jednička a MKO normálně funguje. Pokud se přepínač přepne do polohy „stop“, jsou dvě možnosti:

- v případě, že je výstup na hodnotě logické nuly, přivede se tato úroveň na vstup RESET a MKO se tím zablokuje.

- V případě, že je výstup zrovna na hodnotě logické jedničky, přivede se tato na vstup MKO a tento dokončí svůj kv. Teprve po přechodu výstupu do úrovně logické nuly se MKO zablokuje a již nejde znovu spustit.

Výhoda tohoto na první pohled ne-logického zapojení je v tom, že MKO vždy dokončí impuls a tento je vždy stejně dlouhý, nezkrátí se ani neprodlouží. V případě stroboskopu je to vlastně jedno, ale možná se tato finta bude někdy hodit na něco jiného.

Výstup IO1B je spojen se vstupem IO2, což je sedm výkonových tranzistorových spínačů v obvodu ULN2003. Jsou pospojovány po dvou paralelně a spínají celkem tři výkonové LED. Poslední spínač spíná malou LED, použitou jako kontrolku. Ta by se sice dala zapojit i přímo na výstup IO1A, ale spínač by zůstal nevyužit a navíc by kontrolka mohla ovlivňovat vazební obvod mezi AKO a MKO a takto je zajištěno, že se nic ovlivňovat nebude.

Proud výkonovými LED určují odpory rezistorů R7, R8 a R9 a tento proud je nastaven na přibližně 500 mA. Vypadá to jako mohutný proud, který musí diody okamžitě zničit, ale všechno je v pořádku. Proud diodami teče jen jednu milisekundu a na to jsou diody stavěné.

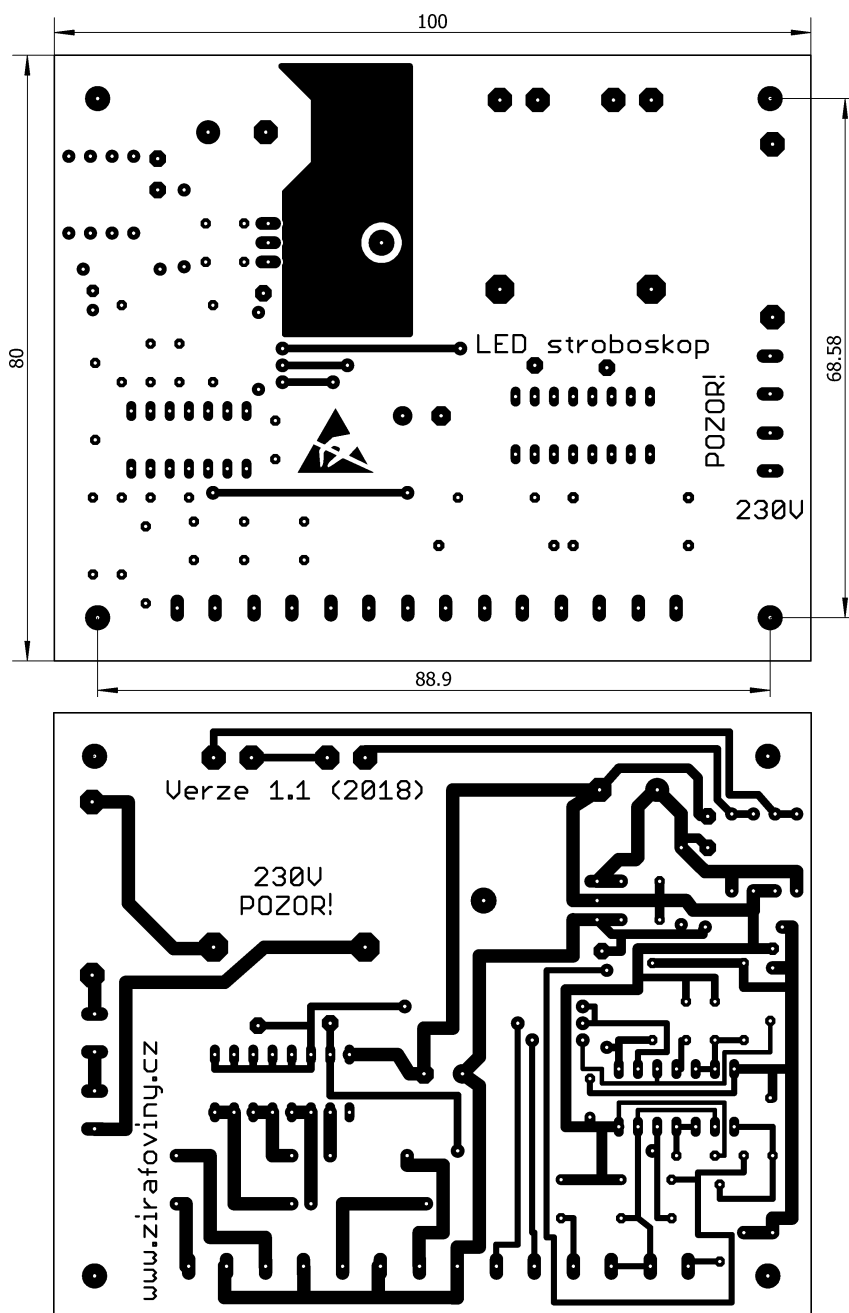
Při použití jiných LED nebo jiného proudu je vhodné si v katalogovém listu ověřit, jak velký proud a po jakou dobu jimi může téct.

Pokud někomu připadá divné použití transformátoru s maximálním povoleným proudem 300 mA a proudem přes výkonové LED dohromady skoro 2 A, tak je potřeba si uvědomit, že proud teče jen jednu milisekundu a tuto krátkou proudovou špičku kryje kapacita C1 a C4.

## Konstrukce

Stroboskop jsem postavila na desce s plošnými spoji podle obr. 2 a 3.

Deska je navržena jako oboustranná, ale není problém ji udělat jen jednostrannou a použít čtyři drátové propojky. Oboustrannou desku jsem použila proto, že jsem chtěla vyzkoušet jednu firmu vyrábějící plošné spoje a ověřit si, jak dobře fungují a vyrábějí. Na oboustranné desce je v okolí stabilizátoru IO3 vytvořená měděná plocha, která slouží jako malý chladič. Na prvním prototypu, bez této chladičové plochy, jsem si ověřila, že se stabilizátor uchládí i bez přidavného



Obr. 2 a 3. Deska s plošnými spoji, pohled na stranu součástek (nahore) a pohled na stranu spojů

chladiče, ale zlepšení chlazení nic nestálo a je vždy lepší mít stabilizátor chladnější než teplejší. Ono se to nezdá, ale i když je průměrný proud ze zdroje relativně malý, přibližně 40 mA, tak proudové špičky dosahují přes 1,5 A a to už je přeci jenom nějaký výkon, který je potřeba uchládit.

Celkovou konstrukci prvního prototypu vidíte na fotografiích.

Ve stroboskopu se vyskytuje životu nebezpečné napětí a je potřeba s ním při konstrukci počítat. Stroboskop lze konstruovat jako spotřebič třídy ochrany I s trojpramennou šňůrou a vodičem PE, nebo jako spotřebič třídy ochrany II s dvoupramennou šňůrou. To je o dost praktičtější, ale je potřeba pamatovat na několik zásad:

- Všechny součástky na primární straně musí být dimenzované pro provoz se síťovým napětím (což však platí vždy).

- Všechny spoje a vodiče, na kterých je síťové napětí, musí být pod dvojitou nebo zesílenou izolací.
- Dvojitá izolace nemůže být provedena lakem, smaltem, barvou či oxidem. Musí to být například bužírka či vhodná a k tomu určená izolační páska.
- Všechny součástky, které jsou normálně přístupné dotyku, musí být buď z izolantu, nebo musí být bezpečně oddělené od síťového napětí. Potenciometr z plastu nebo alespoň s plastovou hřídelí je dobrá volba.
- Krabice musí být vhodná pro napětí 230 V, což není vždy snadné dodržet, protože výrobci krabiček se často „sichrují“ a povolují pro své krabíčky napětí maximálně 50 V.
- Provedení zařízení musí být takové, aby jedna porucha neohrozila obsluhu.

- Při práci je třeba myslet na to, že jako výrobci zodpovídáme za bezpečné provedení a případné nehody, škody a úrazy naším zařízením způsobené.

Elegantním řešením je síťový transformátor vynechat, místo něj osadit propojky a pro napájení použít hotový tovární zdroj (adaptér), čímž se dostáváme z oblasti napětí nízkého do oblasti napětí malého a případné bezpečnostní potíže jdou na vrub výrobce zdroje. Nicméně si myslím, že dobře provedený amatérský zdroj je násobně bezpečnější než různé zdroje koupené na tržnici či někde v Číně za dolar a půl.

Svůj stroboskop jsem postavila do krabíčky typu KP-06. Tato krabice je docela hezká, má vhodné rozměry a dobře se opracovává. Dá se koupit vyrobená z materiálu ABS nebo z polystyrénu. ABS je vhodnější, protože je pevnější a také vydrží vyšší teploty. Zařízení, určené pro provoz na pódiu, na táboře nebo na obojím, je nutné stavět značně odolně, protože bude vystaveno drsnému zacházení. Ať chceme nebo nechceme, bude tomu tak.

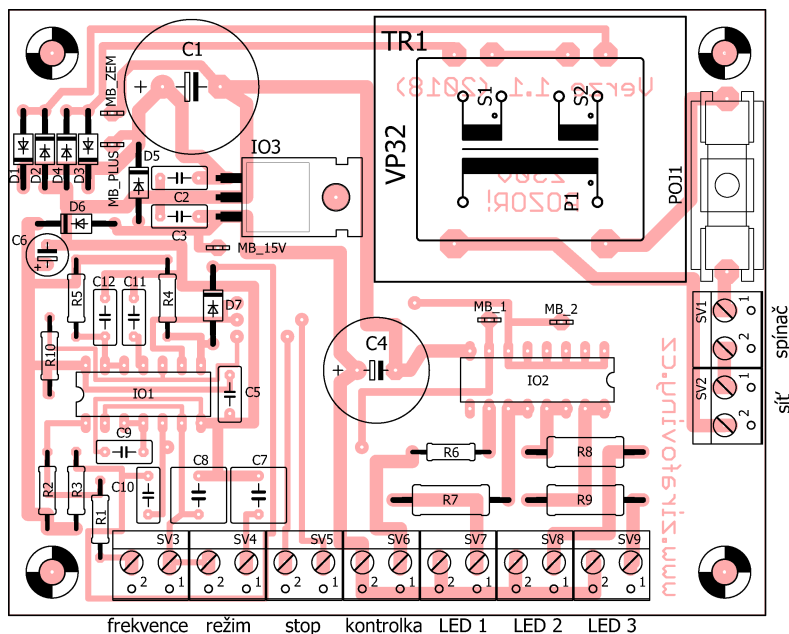
Napájecí napětí lze přivést buď přes vhodný konektor, nebo pevně připojenou šňůrou. Každé z řešení má svoje klady i zápory, já jsem se nakonec rozhodla pro pevně připojenou šňůru. Pokud to uděláte stejně, je důležité nezapomenout na upevnění šňůry a její odlehčení od tahu, aby se nedala z přístroje vytrhnout.

Pokud se rozhodnete postavit stroboskop jako spotřebič třídy I, tak se ochranný vodič připojí na kovovou krabíčku, pokud je použita, a na záporný pól filtračního kondenzátoru C1. Člověka to sice svádí připojit jej na jeden z výstupů sekundárního vinutí, ale to není správně, protože ve vodiči PE by pak byly zapojené diody usměrňovacího můstku.

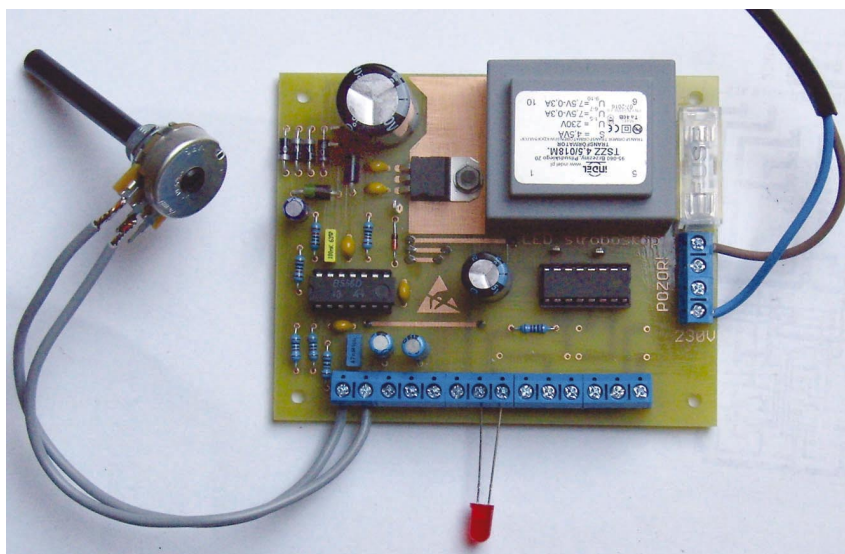
Pro výkonové LED je potřeba vyvrtat vhodné díry v předním panelu. To lze udělat buď velkým vrtákem, což nese nebezpečí vzniku nekruhové díry, nebo lze vyvrtat řadu malých děr a velký otvor vypilovat. Nejlepším řešením je však použít stupňovitý vrták. Nejlepší řešení je to proto, že celá díra se dá vyvrtat jedním pracovním postupem a díra je krásně čistá a kruhová. Nevěřila jsem tomu do okamžiku, než jsem to poprvé zkusila. Nechápu, jak jsem do té doby mohla bez stupňovitého vrtáku žít ☺

## Oživení

Zapojení je dosti jednoduché a nezáludné, a pokud jsou použity dobré součástky a během stavby se nezměnily za jiné či nepoškodily, bude stroboskop fungovat na první pokus. Před vložením integrovaných obvodů



Obr. 4. Rozmístění součástek na desce s plošnými spoji



Obr. 5. Deska druhého prototypu stroboskopu. Funkční, ale ještě jí chybí rezistory pro výkonové LED

do objímek doporučuji změřit napětí v bodě MB PLUS a MB 15, přičemž v prvním měřicím bodě bude napětí asi 30 V a v tom druhém by mělo být stabilizovaných 15 V (v rámci tolerance stabilizátoru).

Pokud je všechno v pořádku, vypneme napájení, počkáme, až se vybijí kondenzátory a do objímek vložíme integrované obvody. Zapneme napájení a na měřicí body MB1 a MB2 připojíme osciloskop nebo čítač a změříme, v jakém rozsahu lze měnit kmitočet AKO, a hlavně ověříme, že na výstupu MKO jsou impulsy dlouhé asi 1 ms a ne výrazně více. Pokud tomu tak skutečně je, můžeme připojit výkonové LED, stroboskop definitivně sestavit a těšit se z dobře odvedené práce.

### Výpočty

Pokud se rozhodnete změnit kmitočty, dobu trvání impulsu nebo proud procházející LED, mohou se hodit následující vzorce.

Předřadný odpor:

$$R = \frac{(U_{nap} - U_{LED})}{I} \quad [\Omega; V, A]$$

Délka kyvu MKO:

$$T \approx 1,1 \cdot R \cdot C \quad [s; \Omega, F]$$

Kmitočet AKO:

$$f = \frac{1,44}{(R_2 + 2(R_1 + P_1)) \cdot C} \quad [Hz; \Omega, F]$$

### Použité součástky a možné obměny zapojení

R1	1 k $\Omega$ /0,6 W (určuje maximální frekvenci blikání)
R2, R5	10 k $\Omega$ /0,6 W
R3, R4, R10	100 k $\Omega$ /0,6 W
R6	2 k $\Omega$ /0,6W (určuje proud kontrolkou)
R7, R8, R9	22 $\Omega$ / 2 W (určují proud výkonovými LED)
P1	1 M $\Omega$ , lineární
C1	1000 $\mu$ F/50 V, elektrolyt.
C2, C3, C5, C9, C11, C12	100 nF, keramický
C4	1000 $\mu$ F/25 V, elektrolyt.
C6	100 $\mu$ F/25 V, elektrolyt.
C7, C8	1 $\mu$ F, fóliový nebo elektrolytický
C10	47 nF, keramický
D1 až D6	1N4004 (1N4007)
D7	1N4148
IO1	NE555
IO2	ULN2003
IO3	LM78S15
LED1 až LED3	Luxeonstar LXHL-NL94
TR1	transformátor do plošných spojů o výkonu 4,5 VA a napětí 2x 7,5 V, například TSZZ 4,5/006M (Indel)

Po1  
pojistka 100 mA/250 V spolu s pouzdem do plošných spojů  
Dále pak: síťový vypínač, přepínače režimů, knoflík pro potenciometr, kra-

bička, síťová šňůra, svorkovnice (CZM5/2BU a CZM5/3BU), pojistkové pouzdro.

U R1, R2, R3, R4, R5, R7, C2, C3, C5, C9, C10 a C11 na přesné hodnotě nezáleží. Maximální odpor potenciometru také není kritický, dobře vyhoví potenciometr od 250 k $\Omega$  do 2 M $\Omega$ . Případně lze i změnit kapacitu časovacích kondenzátorů.

Místo 15V stabilizátoru lze použít stabilizátor na 12 V, jen je potřeba počítat s tím, že se bude více zahřívát, jelikož je na něm větší úbytek napětí. V prvním prototypu je právě LM7812 a mohu říci, že se uchládí také dobře, byť je za provozu docela teplý.

Jako výkonové LED jsem použila opravdu již poněkud obstarožní oranžové LED typu LXHL-NL94 (z GM). Dneska se již nevyrábějí. Do druhého prototypu jsem použila výrazně menší a přitom jasnější bílé LED typu PM2B-1LVE-R7 (z GES).

### Závěr

Stroboskop jsem odzkoušela na našich dětech na táboře v Jeseníkách a sklídl docela úspěch. Ukázalo se, že na příští rok bude potřeba postavit silnější variantu, protože v té ratejně, kde se diskotéka odehrávala, byly tři 1W LED na hranici použitelnosti.

Závěrem jedno drobné upozornění: Krátké intenzivní záblesky světla mohou u fotosenzitivního člověka spustit epileptický záchvat, a proto je potřeba dávat pozor, pokud někoho takového máte ve svém okolí, případně mezi ně patříte sami. Stroboskop má přinášet radost a potěšení, ne ubližovat.

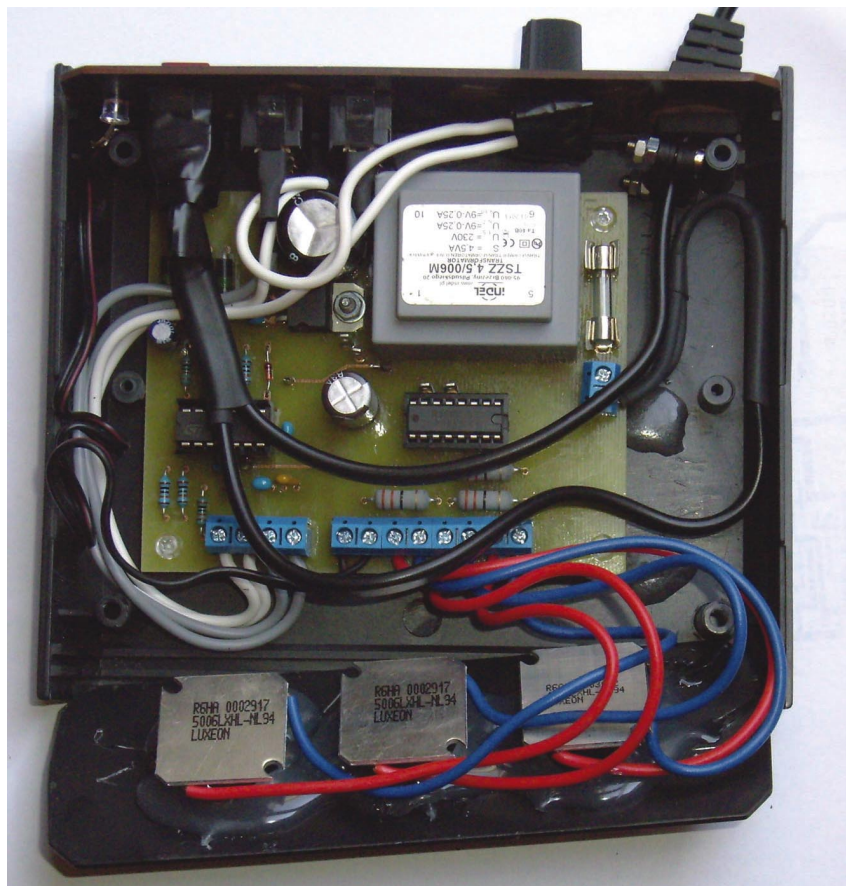
Na fotografiích je vidět provedení prvního prototypu, protože v době psaní článku jsem druhý prototyp ještě neměla v krabici. A to proto, že se stále nemohu rozhodnout, jakou použít, možností je více.

### Literatura

- [1] Hájek, J.: Časovač 555 Praktická zapojení. BEN a AA roku 1998, ISBN 80-901984-1-4.
- [2] Elektrobastlárna, <http://www.ebastlirna.cz>.
- [3] Wikipedia, <https://cs.wikipedia.org/wiki/NE555>.



Obr. 7. Pohled na zadní panel a ovládací prvky. Zleva: potenciometr na řízení rychlosti blikání, přepínač chod/stop, přepínač režimů, hlavní vypínač a kontrolka chodu



Obr. 6. Pohled dovnitř prvního prototypu strobovského přístroje