



Úvod do elektroniky



Stroboskop z časovača 555

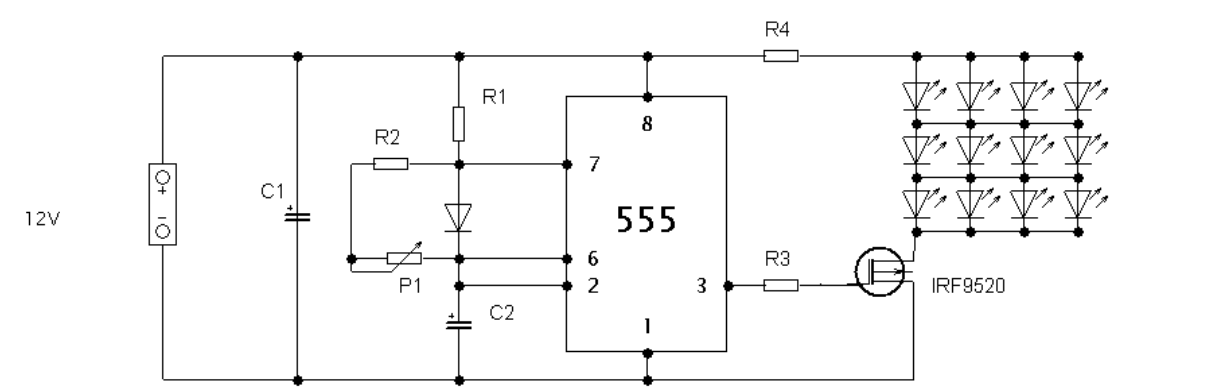
Ondrej Bogár
bugy@p-mat.sk

3f1

6. 4. 2010

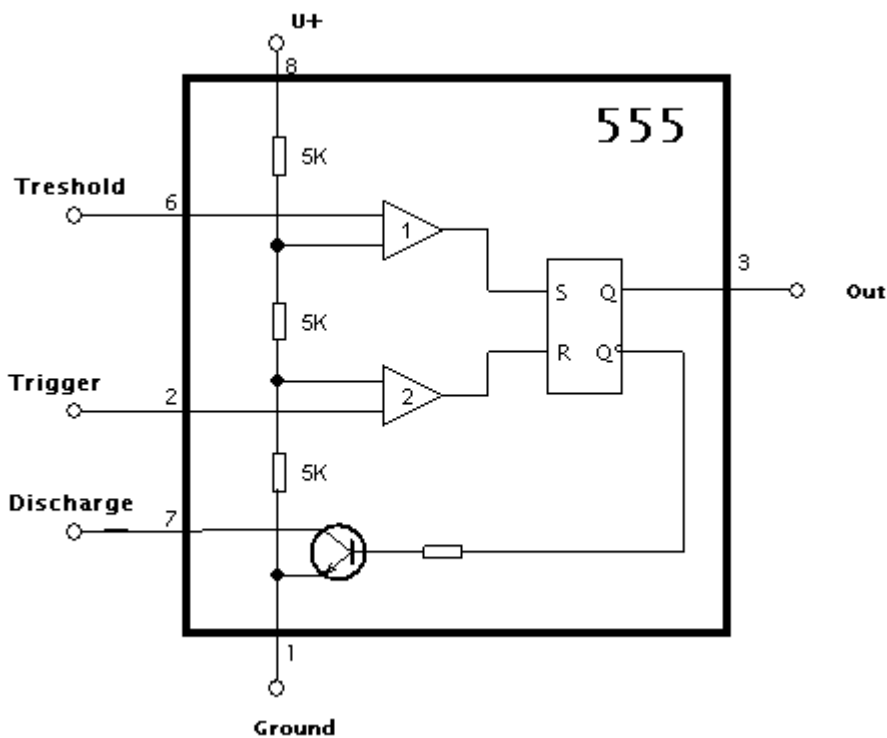
Stroboskop

Stroboskop je zariadenie, ktoré s nastaviteľnou frekvenciou zapína a vypína zdroj svetla. Dá sa vytvoriť pomocou časovača 555. Návrh schémy je na obr1.



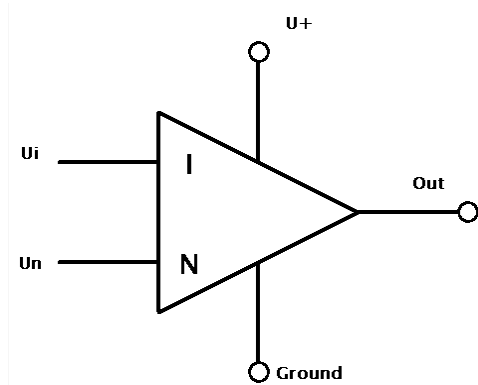
obr. 1

Jadrom celého zapojenia je časovač 555. Aby sme pochopili činnosť zapojenie pozrime sa najskôr na jeho blokovú schému.



Základná vnútorná štruktúra pozostáva z komparátorov IO1 a IO2, R-S klopného obvodu, NPN tranzistora a napäťového deliča.

Komparátor



Komparátor porovnávaním napätia na vstupe a na výstupe dáva logickú jednotku alebo nulu.

Ak $U_i \geq U_n$ na výstupe je logická jednotka a teda $U_{out} = U_+$

Ak $U_i < U_n$ na výstupe je logická nula a teda $U_{out} = U_{ground} = 0V$

R-S klopný obvod

Tento člen obvodu obsahuje logiku. Na vstupe aj výstupe má logické 0 a 1. Vstupy sú Reset (R) a Set (S) a dvojica invertovaný (Q°) a neinvertovaný výstup (Q).

Pre každú kombináciu na vstupe máme kombináciu výstupov. A pre každé prepnutie stavu vieme určiť, aké sú hodnoty sú na výstupoch.

Vstup: R=0, S=1

Výstup: Q=1, $Q^\circ=0$

- prepnem do stavu

Vstup: R=0, S=0 obvod si pamätá poslednú hodnotu Výstup: Q=1, $Q^\circ=0$

- prepnem do stavu

Vstup: R=1, S=0 Výstup: Q=0, $Q^\circ=1$

- prepnem do stavu

Vstup: R=0, S=0 obvod si pamätá poslednú hodnotu Výstup: Q=0, $Q^\circ=1$

555

Teraz sa môžeme pozrieť na princíp práce obvodu 555.

Napáťoví delič rozdeľuje napájacie napätie na tretiny ($1/3 U_+$ a $2/3 U_+$). Tie hodnoty napätia slúžia ako referenčné hodnoty pre komparátory IO1 a IO2

Pozrime sa na IO1.

Referenčná hodnota je $U_{n1} = \frac{2}{3}U_+$. Logická 1 na výstupe nastane v momente keď na vstupe

Threshold (6) bude $U_{threshold} \geq \frac{2}{3}U_+$

R-S obvod sa vtedy nastaví na hodnoty $R=1, S=0, Q=0, Q^0=1$

Na výstupe 555 sa objaví $U_{out} = 0V$ a zopne sa tranzistor, ktorý pripojí Discharge(7) na zem.

Na IO2 je referenčná hodnota $U_{n2} = \frac{1}{3}U_+$. Logická 1 na výstupe nastane v momente, keď na

vstupe Trigger(2) $U_{Trigger} \leq \frac{1}{3}U_+$.

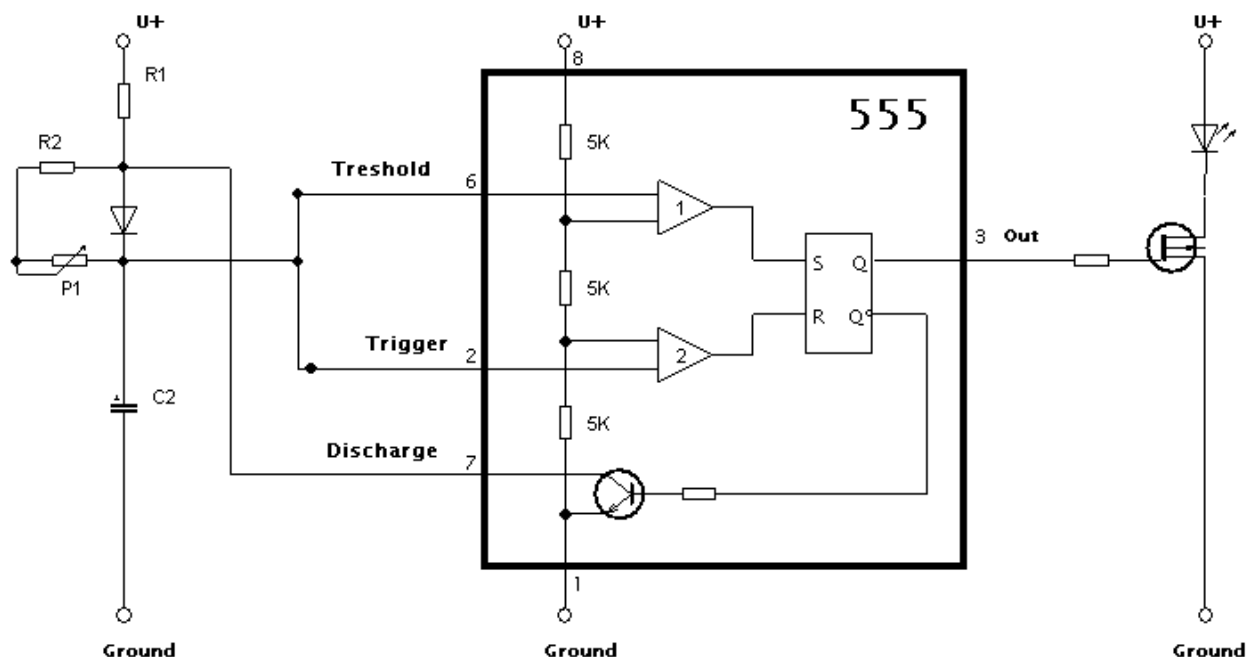
R-S obvod sa nastaví na $R=0, S=1, Q=1, Q^0=0$.

Na výstupe 555 sa objaví $U_{out} = U_+$ a rozopne sa tranzistor, ktorý odpojí Discharge(7) od zeme.

V prípade, že $U_{Trigger} \geq \frac{1}{3}U_+ \cap U_{threshold} \leq \frac{2}{3}U_+$ sa nedeje nič a logika R-S obvodu si pamätá posledný stav.

V skratke, môžeme povedať, že časovač 555 stráži hodnoty ($1/3 U_+$ a $2/3 U_+$) na vstupoch 2 a 6 a podľa toho dáva na výstup logickú 0 alebo 1.

V zapojení stroboskopu je 555 zapojená ako astabilný klopný obvod. Až toto zapojenie je kľúčové pre činnosť stroboskopu. Preto sa pozrime ako sa bude správať obvod po pripojení ďalších členov.



Threshold aj Triger sú pripojené na kondenzátor C2. Preto hodnota výstupu (3) bude závisieť od hodnoty napätia na kondenzátore. Po pripojení na zdroj sa kondenzátor začne nabíjať. Prúd

potečie cez R1 a cez diódu do kondenzátora. Keďže na začiatku je $U_{Trigger} \leq \frac{1}{3}U_+$ tak

$R=0, S=1, Q=1, Q^0=0$ a teda na výstupe (3) na logická jednotka. Tá je privedená na bázu tranzistora, zopne ho a umožní pretekanie prúdu cez LED diódu a tá svieti.

Ak napätie na kondenzátore a teda aj na Triger vzrastie na $U_{Trigger} > \frac{1}{3}U_+$. Kvôli logike R-S sa stav nezmení a LED stále svieti.

Ak napätie na kondenzátore a teda aj na Threshold vzrastie na $U_{Threshold} \geq \frac{2}{3}U_+$ Tak sa zmení nastavenie na $R=1, S=0, Q=0, Q^0=1$. Teda na výstupe (3) je logická nula, tranzistor sa rozopne a LED prestane svietiť. Zároveň sa Discharge (7) spojí vodivo so zemou. Kondenzátor C2 sa začne vybíjať cez potenciometer P1 a odpor R2 (dióda je v závernom smere).

Zmena stavu na výstupe (3) nastane až keď $U_{Trigger} \leq \frac{1}{3}U_+$. Vtedy sa vybíjanie kondenzátora zastaví a začne sa znova nabíjať. Vtedy je $Q=1$ a LED dióda svieti.

Vidíme, že doba po ktorú svieti alebo nesvieti LED je daný časom, za ktorý sa kondenzátor nabije alebo vybije cez rôzne odpory medzi napätím $\frac{1}{3}U_+$ a $\frac{2}{3}U_+$. Keď sa kondenzátor nabíja tak LED svieti a keď sa vybíja tak nesvieti.

Napätie a kondenzátore pri nabíjaní cez odpor je popísané rovnicou

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (\text{I})$$

a pre vybíjanie platí

$$U = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (\text{II})$$

Nabitia kondenzátora z $1/3 U_+$ na $2/3 U_+$ cez odpor R_1 a teda aj doba svietenia LED bude:

$$T_1 = CR_1 \ln(2) \quad (\text{III})$$

Vybíjanie kondenzátora cez odpory R_1 a P_1 a doba keď LED nesvieti:

$$T_2 = C(R_2 + P_1) \ln(2) \quad (\text{IV})$$

Potom perióda a frekvencia blikania LED diódy bude z rovníc (III) a (IV).

$$T = C(R_1 + R_2 + P_1) \ln(2) \quad (\text{V})$$

$$f = \frac{1}{C(R_1 + R_2 + P_1) \ln(2)} \quad (\text{VI})$$

Vidíme, že frekvenciu blikania môžeme meniť hodnotou odporu na potenciometri P_1 . Musíme, však mať dobre zvolenú hodnotu R_1 . Lebo pri veľkom podiele T_1 na celej perióde budeme vnímať osvetlenie ako konštantné. Bližšie sa k tomu vrátíme neskôr.

Stroboskopický efekt a niektoré jeho aplikácie

Využíva sa na sledovanie rýchlych periodických dejov alebo na ich optické spomalenie. Pri nastavení správnej frekvencie záblesky stroboskopu osvetlia rovnaké fázy deja. Tak môže prísť k zastaveniu pohybu a pri frekvencii mierne mimo dochádza k spomalenému pohybu danej fázy. Aby došlo k zastaveniu periodického deja musí byť frekvencia stroboskopu buď

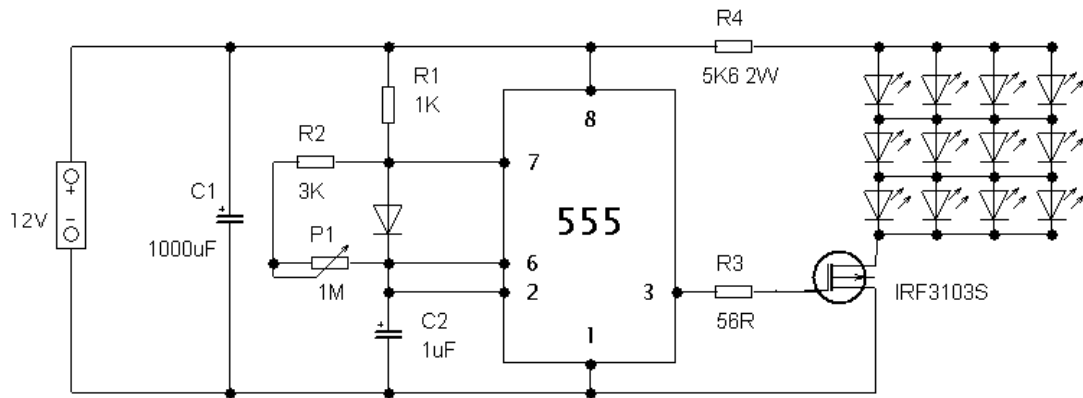
rovná alebo harmonická voči frekvencii deja $f = \frac{1}{n} f_0, \quad n \in \mathbb{Z}$

Využijeme zapojenie obr 1 a doplníme hodnoty súčiastok Odpor v riadiacej časti zvolíme nasledovne. Záblesk bude kratší ako polovica najmenej zvoliteľnej periódy $R_1 \leq 0,5R_2$. Frekvencia bude nastaviteľná približne od 1 Hz po 350 Hz

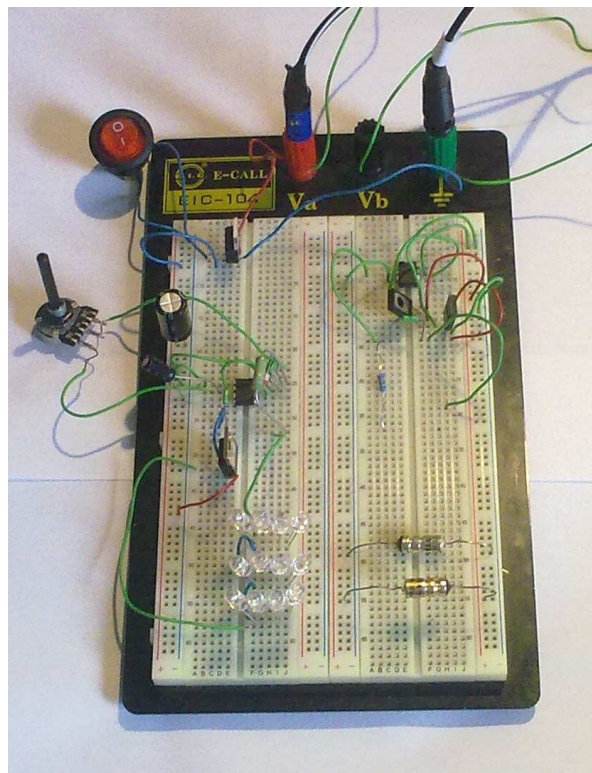
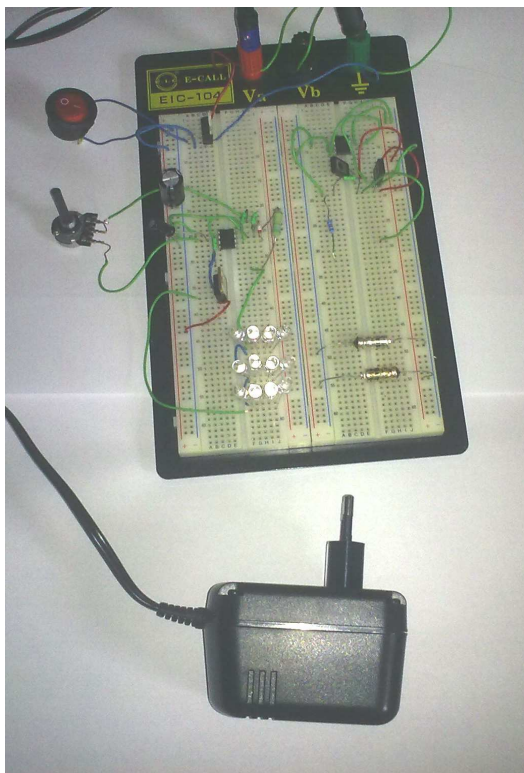
Preto podľa rovníc (III) a (VI) musia byť $R_1 = 1K\Omega$, $R_2 = 3K\Omega$, $P_1 = 1M\Omega$

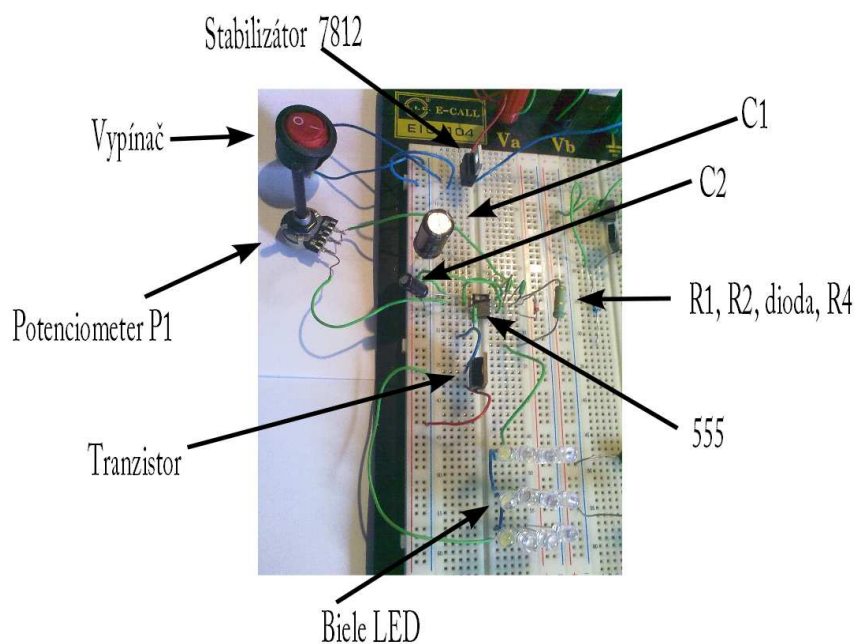
Ak by sme chceli nastaviť aj vyššiu frekvenciu dosiahli by sme to zmenšením odporu R_2 . Potom by sme ale museli skrátiť aj dobu trvania záblesku zmenením odporu R_1 .

Návrh schémy:



Napájanie, som vyriešil pomocou adaptéra 220V na 12V pri prúde 1A. Tento zdroj bol nestabilizovaný preto som pred obvod samotného stroboskopu zaradil stabilizátor. Ten som postavil pomocou IO 7812. Zdroj bez záťaže dával maximálne napätie 14V. Teda strata na stabilizátore je maximálne 2V pri maximálnom prúde 1A(čo je len teoretická hodnota). Teda 2W sa uvoľnia vo forme tepla, čo sa dokáže vyžiariť aj cez obal integráču. Preto nie je potrebný chladič.





Aplikácie

- Kmitanie struny je pohyb veľmi rýchly na to, aby ho ľudské oko zaznamenalo. Pomocou stroboskopu, môžeme pozorovať vlnenie na strune. Frekvencie gitarových strún sú postupne E=82Hz, A=110Hz, D=147 Hz, G= 196Hz, H=247Hz, E=330. Čo je v rozsahu nami navrhnutého stroboskopu.
- Kvapky vody kvapkajúce z kohútika osvetlené svetlom so správnou frekvenciou ostávajú opticky na jednom mieste. Je to vtedy, keď frekvencia kvapkania vody z kohútika je zhodná s frekvenciou stroboskopu. Pri tejto frekvencii môžeme pozorovať aj zrážanie sa kvapiek s prekážkou alebo pri rôznobežných prúdoch kvapiek aj zrážanie sa kvapiek navzájom.
Prúd kvapiek získame pomocou byrety alebo necháme nádobu vytekať z nádoby veľkým otvorom. Vtedy veľmi rýchlo príde k rozpadnutiu prúdu na jednotlivé kvapky. Ak budeme udržiavať konštantnú výtokovú rýchlosť môžeme tento improvizovaný zdroj použiť.
- Pri vhodne nastavenej frekvencii môžeme spomalene sledovať víťanie vrtákom do dreva alebo záber kotúča píly.