

Ladička

Ladička funguje na princípe porovnávania frekvencií, resp. porovnávania dĺžky impulzov generovaných dvomi zdrojmi. Jeden z nich pochádza z hudobného nástroja, no v tomto prípade stačí sínusový signál z generátora a druhý zdroj je obvod NE 555, ktorý vytvára referenčnú frekvenciu.

Sledujme schému zapojenia na obr. 1. Vidíme, že signál z generátora (na obr. 1 označené „f“) najprv prechádza obvodom LM393. Je to nutné, pretože potrebujeme porovnávať impulzy a tento obvod dokáže pretransformovať sínusový signál na impulzy.

Referenčnú frekvenciu generuje obvod NE555. Jeho zapojenie vidíme tiež na obr. 1. Impulzy generuje s frekvenciou, ktorá je daná vzťahom

$$f = \frac{1,44}{(R_1 + 2(R_2 + R_3))C_1}. \quad (1)$$

Zo schémy v obr. 1 a tiež zo vzťahu (1) vidíme, že referenčnú frekvenciu môžeme nastaviť kombináciou odporov (dajú sa doladiť potenciometrom, na obr. 1 označené „R₄“) a kondenzátora (pin 6) v závislosti od toho, aký tón chceme naladiť. U nás sa nástroje ladia, na základe noriem z roku 1939, podľa frekvencie komorného A, čo je 440 Hz, a preto sme za referenčnú zvolili práve túto frekvenciu.

Frekvencie sú privedené na vstupy obvodu 74HC74D. Premenná frekvencia z obvodu LM393 je privedená na pin 11 a referenčná frekvencia z obvodu NE555 je privedená na pin 3. Zo zapojenia obvodu 74HC74D vidíme, že impulzy premennej frekvencie sú porovnávané s impulzmi referenčnej frekvencie.

Pre jednoduché porovnanie dĺžky impulzov sú na výstupy obvodu 74HC74D (pin 5 a 9) zapojené LED diódy. Ak do obvodu privádzame impulzy kratšie ako referenčné, reaguje výstup na pine 9. Vysielame vyššiu frekvenciu a bliká červená dióda (v schéme označené D2), čo demonštruje obr. 2, na ktorom vidíme vysielanú frekvenciu a vzadu osciloskop znázorňujúci impulzy na výstupe LM393. Strunu na hudobnom nástroji musíme povoliť. Naopak, keď privádzame dlhšie impulzy, reaguje výstup na pine 5. V obvode 74HC74D máme teda nižšiu frekvenciu ako referenčnú a bliká zelená dióda (v schéme označené D1), vid' obr. 3 (rovnaký popis ako obr. 2). Strunu na hudobnom nástroji musíme viac napnúť. V treťom prípade sa vysielaná frekvencia zhoduje s referenčnou. V takom prípade nesvieti žiadna dióda a strunu máme správne naladenú. Tento prípad znázorňuje obr. 4 (rovnaký popis ako obr. 2).

Obvod 74HC00D slúži len ako reset obvodu 74HC74D.

Ak do nášho obvodu vysielame veľmi vysoké frekvencie, červená dióda svieti (samozrejme, bliká, len naše oči tak vysokú frekvenciu nedokážu rozlišovať). Keď sa postupne približujeme k referenčnej frekvencii, dióda bliká, pričom frekvencia blikania sa postupne znižuje, až dióda úplne zhasne. Vtedy sme dosiahli referenčnú frekvenciu. Ak vysielanú frekvenciu ďalej znižujeme, rozsvieti sa zelená dióda. Jej frekvencia blikania sa zvyšuje čím ďalej sme od referenčnej frekvencie.

S akými frekvenciami diódy blikajú? Výsledná frekvencia blikania diódy je daná rozdielovou frekvenciou, tzn. rozdiel referenčnej a vysielanej frekvencie.

Ak chceme ladiť rôzne tóny (napr. pri gitare), musíme zmeniť referenčnú frekvenciu. U nás je ladenie nástrojov založené na tom, že pomer frekvencií poltónov, tj. dvoch najbližších pražcov (kláves...) je

$$\Delta f = 2^{-\frac{1}{12}}. \quad (2)$$

Rozdiel n poltónov zodpovedá pomeru frekvencií

$$\Delta f_n = 2^{-\frac{n}{12}}, \quad (3)$$

tj. jedna októva (12 poltónov) zodpovedá pomeru frekvencií 1:2, čo je aj vysvetlenie, prečo také dva súčasne znejúce tóny môžu znieť čistejšie než iné.

Ak vezmeme do úvahy vzťah (3), ľahko odvodíme, že pre iné tóny oproti nášmu nastavenému komornému $A = 440$ Hz, napr. pre akustickú gitaru, platí vzťah

$$f_{nA} = 440 \times 2^{\frac{n-30}{12}}, \quad (4)$$

kde $n = 1, 2, 3 \dots$ označuje pražec, pričom $n = 1$ je struna E s frekvenciou cca 82,4 Hz.

Použité súčiastky:

$$R_1 = 82 \text{ k}\Omega$$

$$R_6 = 470 \text{ }\Omega$$

$$C_1 = 10 \text{ nF}$$

$$R_2 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_7 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$C_2 = 10 \text{ nF}$$

$$R_3 = 8,2 \text{ k}\Omega$$

$$R_8 = 680 \text{ }\Omega$$

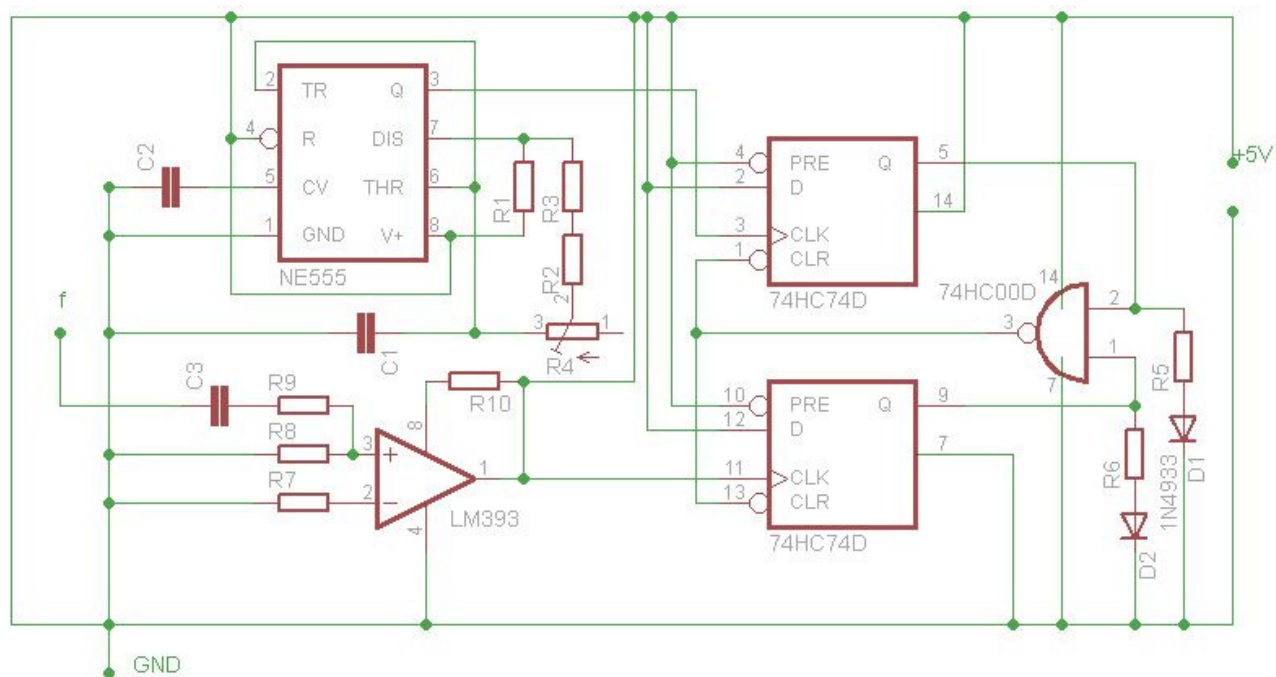
$$C_3 = 1 \text{ }\mu\text{F}$$

$$R_4 = 4,7 \text{ k}\Omega$$

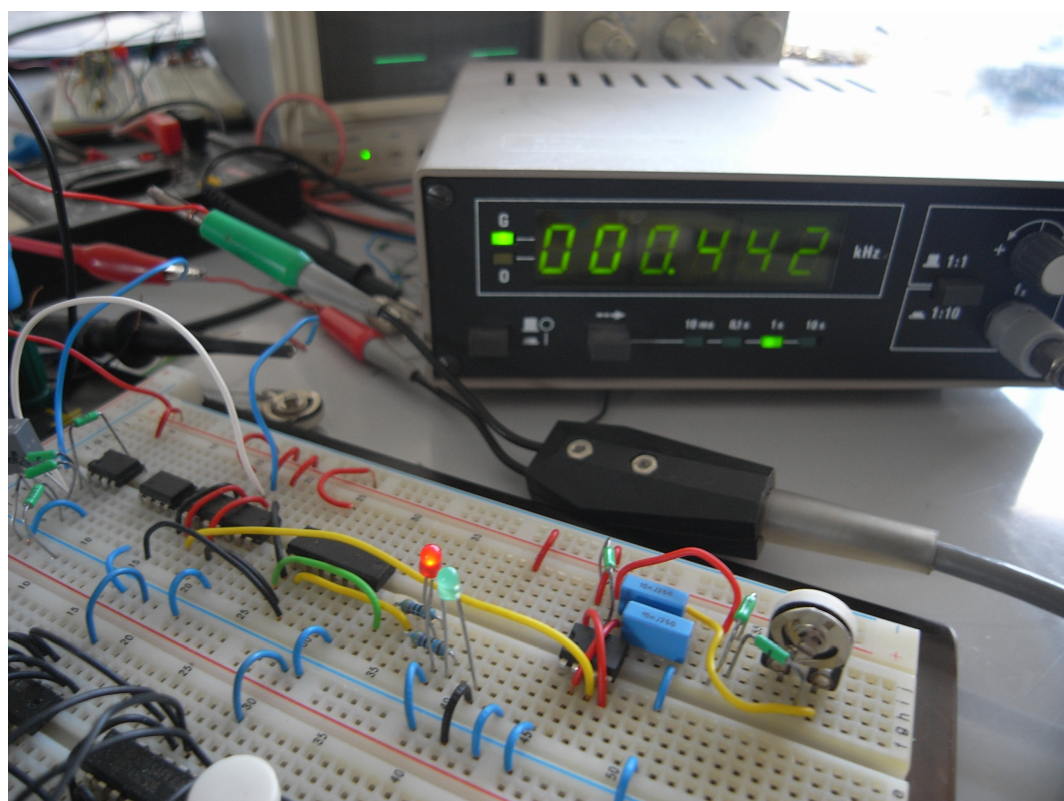
$$R_9 = 680 \text{ k}\Omega$$

$$R_5 = 470 \text{ }\Omega$$

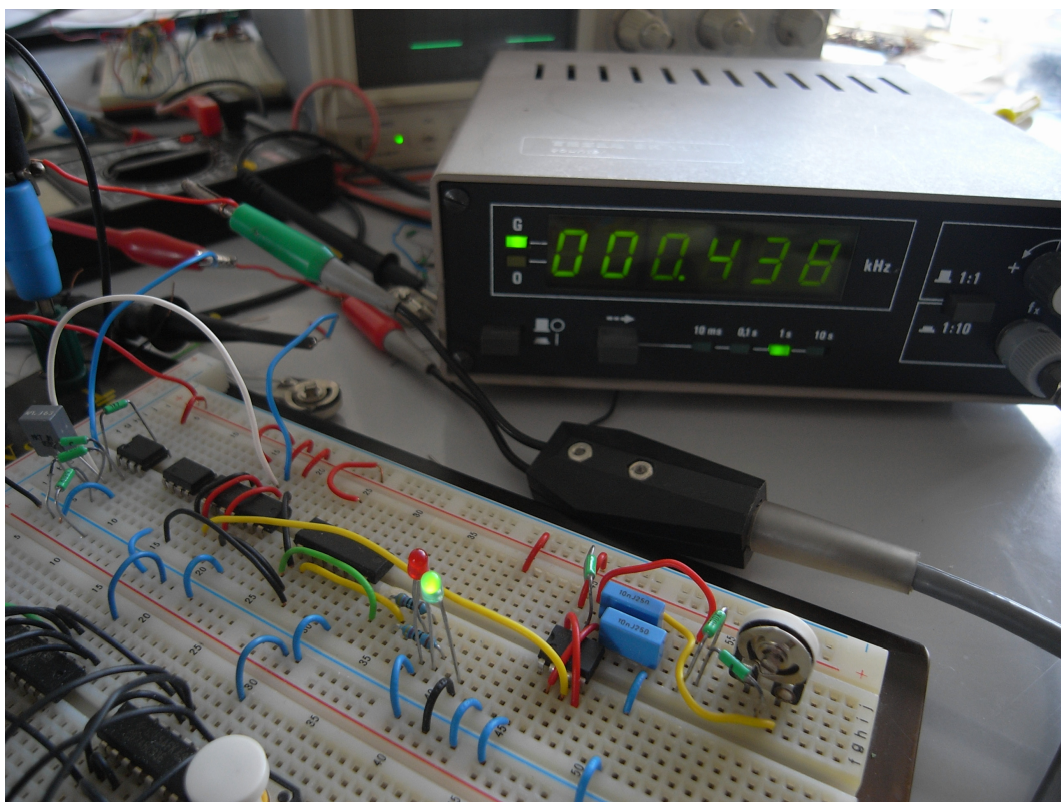
$$R_{10} = 1,2 \text{ k}\Omega$$



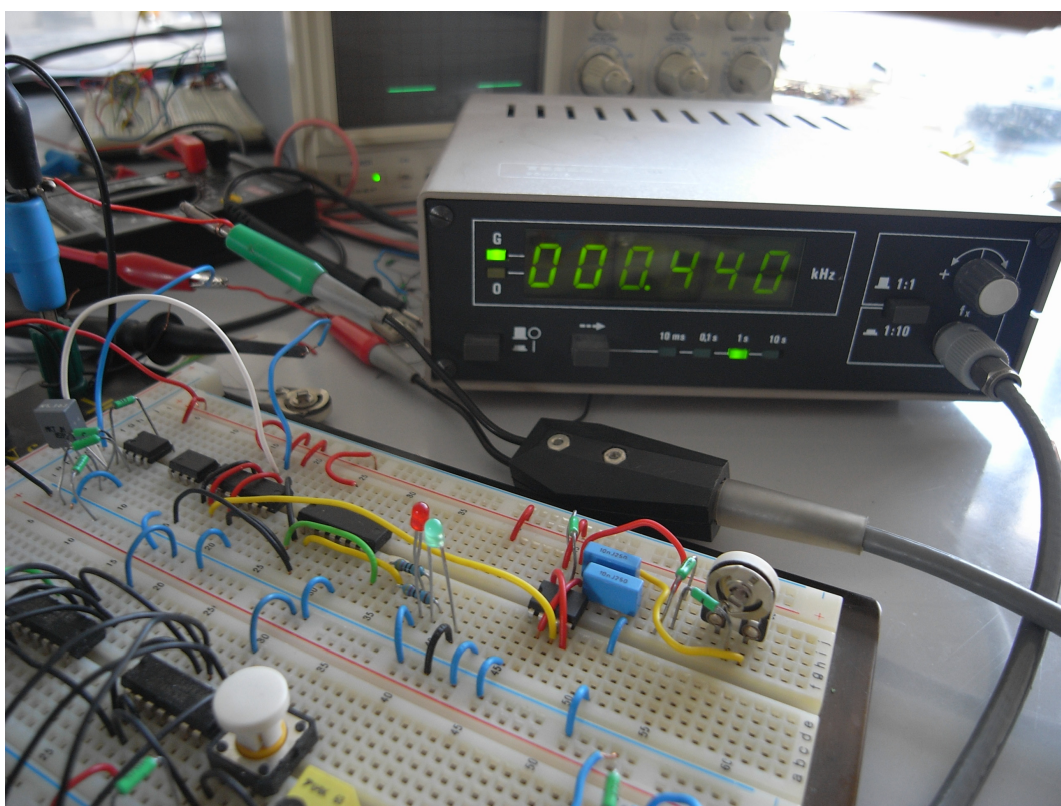
Obr. 1 – Schéma zapojenia



Obr. 2 – Vyššia frekvencia



Obr. 3 – Nižšia frekvencia



Obr. 4 – Zhodná frekvencia