

Lucrarea de laborator 7

Realizarea și măsurarea unui oscilator audio; recapitulare

rev. 1.1

Scop: Experimente cu un oscilator audio realizat pe o placă de test. Măsurarea semnalului de ieșire cu diferite aparate. Recapitulare: măsurarea amplitudinilor, frecvențelor și altor parametri ai semnalelor prin diferite metode. Realizarea și măsurarea unui divizor rezistiv.

Breviar teoretic

1. Circuitul integrat 555

Circuitul 555 (cu diferite prefixe: NE555, LM555, etc) este un circuit integrat (C.I.) extrem de popular și versatil cu utilizări în diferite aplicații de tip *astabil* (oscilator, generator de semnal dreptunghiular) și *monostabil* (generarea unui impuls de durată dată). Circuitul are 8 pini, cu semnificația din fig. 1. Ca la orice circuit integrat, numerotarea se face în sens antiorar, începând cu pinul 1 marcat cu o țesitură (*notch*) pe capsula piesei.

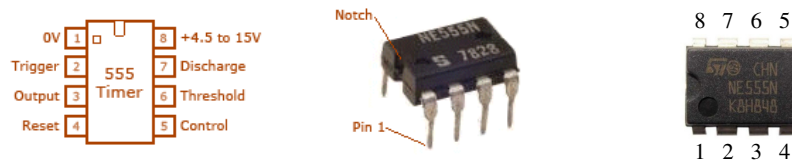


Figura 1: Circuitul 555 – capsulă, numerotarea pinilor

Schema de conectare a circuitului în regim de *astabil* este dată în figura 2. La bornele Vcc și masă (GND = *Ground*) se aplică tensiunea de alimentare de la o sursă de curent continuu.

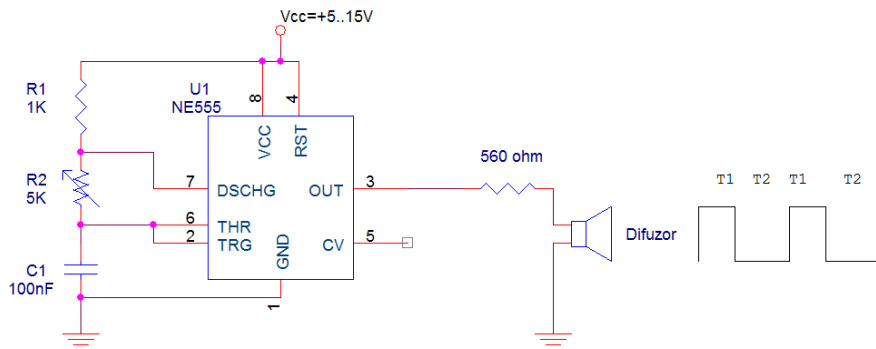


Figura 2: Circuitul 555 – schemă pentru configurația de astabil

La pinul 3 al C.I. este generat un semnal dreptunghiular cu duratele T_1 , T_2 de valori:

$$T_1 = 0.7(R_1 + R_2)C \quad T_2 = 0.7R_2C \quad (1)$$

Observație: ca la majoritatea circuitelor integrate cu funcții dedicate, modul de conectare a fiecărui pin, precum și formulele care descriu funcționarea se dau în foaia de catalog (*datasheet*) a circuitului, se bazează pe schema sa internă, și nu sînt destinate spre a fi învățate pe dinafară.

Din (1) rezultă că perioada și frecvența semnalului sînt:

$$T = T_1 + T_2 = 0.7(R_1 + 2R_2)C \quad f = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C} \quad (2)$$

iar factorul de umplere este:

$$\eta = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} \quad (3)$$

Semnalul dreptunghiular alternează între 2 stări „0 logic” și „1 logic”, de duratele T_1 și T_2 , nici una din stări nefiind stabilă (o stare stabilă este o stare în care circuitul ar rămîne un timp nelimitat), de aceea circuitul obținut se numește *astabil*. Dacă frecvența semnalului produs (oscilației) este în spectrul audibil (zeci de Hz... KHz), circuitul are rolul unui oscilator audio.

Desfășurarea lucrării

1. Realizarea montajului pe placa de test

a) Se măsoară cu voltmetrul de c.c. tensiunea sursei de alimentare, reglată pe 6V (valoarea inscripționată pe comutatorul sursei este aproximativă).

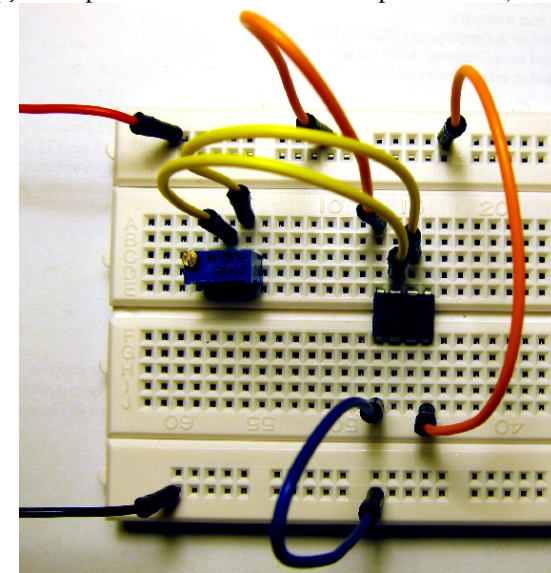


Figura 3: 555 pe placa de test

b) Se identifică rezistența de $1K\Omega$ și condensatorul de $100nF$ și se măsoară valorile lor exacte folosind, la alegere, multimetrul numeric sau LCR-metrul.

c) Se realizează montajul pe placa de test, conform schemei din fig. 2. Alimentarea C.I. se face între pinii 8 (V_{cc} – borna pozitivă a sursei de c.c.) și 1 (masă). Se observă că pinul 4 trebuie conectat, de asemenea, la V_{cc} . În fig. 3 este dată o sugestie de *începere* a circuitului, în care firele de alimentare de la sursă (V_{cc} și masă) vor fi conectate la rîndul orizontal superior, respectiv inferior al plăcii.

Pe figura 3, doar pinii 1,4 și 8 au fost conectați la GND și V_{cc} , precum și semireglabilul R_2 la pinii 6, 7 (reamintim că se vor conecta 2 pini din 3 ai semireglabilului). *Conectați și restul de componente cf. schemei!*

Observație: șanțul izolator de pe mijlocul plăcii este dimensionat special pentru circuite integrate; astfel, fiecare pin al C.I. vine conectat la un grup vertical de 5 găuri, rămînînd cîte 4 găuri libere pentru conectare altor componente la fiecare pin;

d) pentru a verifica funcționarea, se conectează un difuzor înseriat cu o rezistență de $400.. 800\Omega$ între pinul 3 și masă, cf. schemei din fig. 2; variînd cu șurubelnița semireglabilul R_2 , trebuie să varieze frecvența (înălțimea) sunetului auzit în difuzor.

Conectați osciloscopul la pinul 3 și setați C_X pentru a vedea 2-4 perioade pe ecran; se citește frecvența semnalului de trigger pe ecran (dreapta jos, poziția 17 cf. anexei A). Se reglează R_2 a.î. frecvența să fie în jurul valorii de $1000-2000Hz$ (semnal audibil la intensitate maximă în difuzor). Dacă nu se poate citi frecvența în mod stabil, se rotește manual butonul TRIGGER LEVEL pînă cînd nivelul de trigger este aproximativ la mijlocul semnalului.

Observație: un semnal dreptunghiular de frecvență f conține fundamentala pe frecvența f și *armonici* pe frecvențe multiple de f , de aceea sunetul auzit va fi mai „strident” decît dacă s-ar aplica un semnal sinusoidal de frecvență f (care nu conține armonici). Forma semnalului vizualizat pe osciloscop se abate de la cea ideală, în principal din cauza caracterului inductiv al difuzorului. Rezistența înseriată cu acesta are rolul de a reduce influența caracterului inductiv, crescînd caracterul rezistiv; în plus, prin efectul de divizare, se reduce amplitudinea pe difuzor și deci și intensitatea sunetului. Urechea umană are sensibilitate maximă în jurul valorii de $1-2KHz$, valoarea exactă depinzînd de individ și de vîrstă; în plus difuzorul folosit favorizează anumite frecvențe în detrimentul altora.

Pentru restul lucrării, *se va deconecta difuzorul de la ieșire*, lăsînd doar osciloscopul conectat. În prezența difuzorului, amplitudinea vizualizată la pinul 3 va scădea, datorită rezistenței interne nenule.

Se modifică forma de undă de pe osciloscop la deconectarea difuzorului? În ce fel? dar amplitudinea?

2. Măsurarea semnalelor produse de oscilatorul cu 555

a) Se reglează C_X pt. a observa între 2 și 4 perioade pe ecran. Se măsoară cu osciloscopul perioada T a semnalului de la pinul 3, precum și T_1 și T_2 , folosind 3 metode:

- citirea pe ecran (folosind diviziunile)
- folosind cursorii de timp ai osciloscopului
- folosind meniul MEASURE (doar perioada T)

Argumentați: care metodă de măsurare a T e mai precisă și de ce?

b) Se măsoară folosind meniul MEASURE al osciloscopului frecvența $f_{m\grave{a}s}$ a semnalului de la pinul 3. Se calculează frecvența f_{calc} pe baza perioadei de la punctul a (măsurată folosind cursorii de timp – **CURSORS** → **type TIME**). Se măsoară valoarea la care a fost reglat R_2 folosind ohmetrul din multimetrul numeric, fără a-l scoate de pe placă.

Indicație: la măsurarea semireglabilului, *lăsați semireglabilul pe placă* și conectați la crocodilii ohmetrului celelalte capete ale firelor de legătură care merg la acesta; țineți minte care dintre pinii (1-2 sau 2-3) ai acestuia au fost folosiți în circuit, pentru a măsura corect rezistența între perechea respectivă. Mufa de alimentare de c.c. trebuie scoasă cît timp se fac măsurătorile.

Se calculează cu formula (2) frecvența $f_{teoretic}$ folosind valorile măsurate ale pieselor.

Se determină erorile relative ale $f_{m\grave{a}s}$, f_{calc} față de $f_{teoretic}$, în procente.

Pe baza valorii $f_{teoretic}$ determinați a cîta armonică din semnal este mai sus de frecvența maximă audibilă din spectrul semnalului ($16KHz$)!

c) Se reglează semireglabilul R_2 astfel încît factorul de umplere η al semnalului de la pinul 3 să fie 66% (citind valorile T_1 și T_2 pe ecranul osciloscopului). Se observă că, pentru acest circuit, nu este posibilă modificarea η fără a modifica și frecvența. Comparați cu situația de la generatorul de semnal, unde η și f sînt reglaje diferite, independente (pentru aceasta se folosesc scheme mai complexe).

- scriînd formula de definiție a lui η în funcție de T_1 , T_2 , se determină raportul teoretic între T_1 și T_2 (figura 2) pentru a avea $\eta = 66\%$
- se reglează R_2 urmărind modificarea T_1 și T_2 pe ecran (în diviziuni) pînă cînd se obțin valori în raportul dorit.
- se măsoară la ohmetru (deconectîndu-l temporar din circuit, dar fără a-l scoate de pe placă) valoarea la care s-a reglat R_2
- se calculează $\eta_{(3)}$ pe baza formulei (3)

Se calculează $T=T_1+T_2$ și pe baza sa, se calculează f .

d) Se măsoară timpul de *cădere* al semnalului dreptunghiular, prin metoda cunoscută de la lucrarea 2: se detaliază imaginea unui front căzător – **SLOPE → FALLING** - pe ecran, prin trecere la valori mult mai mici ale C_x , se măsoară timpul în care semnalul „coboară” de la 90% la 10% din amplitudine; cum amplitudinea nu este reglabilă, se aduce semnalul pe verticală între limitele dorite de 0 și 100% folosind reglajul **CH1 MENU → Volts/Div → FINE** în loc de **Coarse**. Se ignoră supracreșterile și celelalte abateri ale formei semnalului de la forma ideală.

Explicați cum trebuie reglat **HORIZONTAL POSITION** (săgeata din partea de sus a ecranului) pentru măsurarea optimă a t_c !

3. Măsurarea și modificarea tensiunii de ieșire

a) Se vizualizează și se măsoară folosind cele 2 canale ale osciloscopului valorile vîrf-la-vîrf ale semnalului de la pinul 3 al C.I. (semnal dreptunghiular) și pinul 2 (semnalul de pe condensatorul care se încarcă/descarcă). Frecvența rămîne cea de la punctul precedent. Se setează din nou **CH1 MENU → Volts/Div → Coarse**, pentru a avea valori calibrate. Se desenează aceste semnale, reglînd C_x pt. a observa între 2 și 4 perioade, iar C_{y1} , C_{y2} a.î. valorile vîrf-la-vîrf să ocupe între 2 și 3 diviziuni fiecare.

Se citesc valorile vîrf-la-vîrf în diviziuni, apoi în V, pt. semnalul de la pini 3 și 2 ai C.I. Nivelele de zero se poziționează a.î. semnalele să nu se suprapună și să nu iasă din ecran.

b) se măsoară componenta continuă a semnalului de la pinul 3, prin 2 metode: folosind osciloscopul (comutare de pe AC pe DC) și folosind multimetrul numeric pe modul voltmetru de cc (tasta DCV).

Calculați eroarea **absolută** și **relativă** la măsurarea componentei continue prin citirea directă pe ecranul osciloscopului folosind diviziunile! (*Indicație: care este cea mai mică subdiviziune marcată pe ecran? Converteți această valoare în V*)

c) se realizează un divizor rezistiv din 2 rezistențe, a.î. valoarea vîrf-la-vîrf de la pinul 3 al C.I., aplicată la intrarea divizorului, să fie redusă de 2..4 ori (între 50%... 25% din valoarea măsurată la punctul a).

- se aleg 2 rezistențe R_A , R_B (în domeniul sute de Ω - $K\Omega$) a.î. raportul de divizare $K = U_{ieșire}/U_{intrare}$ să fie între 1/2.. 1/4 (la alegere, dintre valorile disponibile la masă)
- se măsoară valorile celor 2 rezistențe și se calculează $K_{teoretic}$ pe baza lor:

$$K_{teoretic} = R_B / (R_A + R_B)$$

- se realizează divizorul pe placa de test; desenați schema.
- se măsoară (folosind **cursorii de tensiune** ai osciloscopului) valoarea vîrf-la-vîrf a semnalului de la intrarea și ieșirea divizorului (U_i și U_o)
- pe baza celor 2 tensiuni se calculează raportul de divizare real:

$$K_{măs} = U_o / U_i$$

- se calculează eroarea lui $K_{măs}$ față de $K_{teoretic}$ (în procente)

La terminarea lucrării se demontează componentele de pe placă, *cu excepția circuitului integrat și a semireglabilului, care se lasă înfipte pe placă !*

Întrebări pregătitoare pentru laborator

1) Ce semnificație are un circuit astabil ?

2) Calculați R_2 a.î. circuitul 555 să producă un semnal dreptunghiular cu $\eta=75\%$, știind că $R_1=1K\Omega$

3) Calculați C_x necesar pentru a afișa exact 2 perioade ale unui semnal de $f=4.5KHz$ pe ecran. Calculați C_x *calibrat* cel mai apropiat (valorile calibrate sînt de forma $\{1, 2.5, 5\} \cdot 10^k \text{ sec/div}$). Desenați imaginea pentru C_x calibrat ales.

4) Calculați C_y necesar pentru a afișa pe tot ecranul, pe verticală, un semnal de amplitudine $A=4.5V$. Calculați C_y calibrat cel mai apropiat (valorile calibrate sînt de forma $\{1, 2, 5\} \cdot 10^k \text{ V/div}$) a.î. semnalul să nu iasă din ecran. Desenați imaginea pentru C_y calibrat ales.

5) Proiectați un divizor rezistiv cu factor de divizare $K=1/7$, alegînd valorile rezistențelor.

6) Calculați eroarea relativă datorată impreciziei de citire pe ecran (știind că o valoare poate fi citită cu rezoluția de 0.2 div) a unei tensiuni de $7V_{VV}$, știind $C_y = 2V/div$, și a unei perioade de 4.5ms, știind $C_x=1ms/div$.

7) Calculați componenta continuă a unui semnal de valoare vîrf-la-vîrf $3V_{VV}$ știind că, la comutarea de pe AC pe DC, acesta se deplasează în sus pe ecran cu 2/3 din valoarea amplitudinii sale.

8) între ce limite (pe verticală) se măsoară timpul de creștere ale unui semnal dreptunghiular ?

9) Care este spectrul de frecvențe audibile de către urechea umană ? la ce frecvențe sensibilitatea urechii este maximă ?

10) (opțional) Proiectați un oscilator cu 555 care să genereze o frecvență de 20..25KHz, inaudibilă de către om, care să poată fi folosit la izgonirea fîntarilor sau a cîinilor agresivi, știind că aceștia au un spectru de frecvențe audibile mai înalt decît al omului.