

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" din BUCUREȘTI**

**FACULTATEA DE ELECTRONICĂ, TELECOMUNICAȚII ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI**

## **PROIECT**

# **Oscilator sinusoidal de audiofrecvență**

**Coordonator Științific:**

Prof. Ing. Dragoș Dobrescu

**Student:**

Ciociu Stefania-Anca

AN UNIVERSITAR 2022-2023

# CUPRINS

**CAP 1. Scopul Proiectului**

**CAP 2. Rețele de Reacție**

**CAP 3. Teorie Oscilator**

**CAP 4. Schemă Electrică**

**CAP 5. Punct Static de Funcționare**

**CAP 6. Simulări**

**CAP 7. Layout**

**CAP 8. Rezultate experimentale**

**CAP 9. Foaie de catalog**

**CAP 10. Bibliografie**

## Cap 1: Scopul lucrării.

Să se proiecteze și realizeze practic un **oscilator sinusoidal de audiofrecvență** având următoarele caracteristici:

- ◆ Amplitudinea tensiunii de ieșire reglabilă în intervalul  $0 \div N/5$  [V]; **0.6**
- ◆ Tensiunea de alimentare unipolară:  $N+5$  [V]; **8**
- ◆ Impedanța de sarcină pur rezistivă având valoarea **50 [Ω]**;
- ◆ Frecvența de lucru reglabilă în intervalul  $100N \div 1000N$  [Hz]; **300Hz-3kHz**
- ◆ Pentru rețeaua de reacție pozitivă se va utiliza unul dintre circuitele: **Wien**, dublu gama, dublu T, T podit, cu 3 celule RC de defazare;
- ◆ Se vor prezenta calculele analitice și curba atenuării în funcție de frecvență pentru 3 dintre aceste variante alegându-se pentru realizarea practică una dintre ele;

- ◆ Dacă este necesar se va proiecta și realiza un etaj de amplificare pentru adaptarea la rezistența de sarcină;
- ◆ Circuitul realizat practic va fi prevăzut la ieșire cu un difuzor, buzzer sau cască pentru demonstrarea funcționării corecte.
- ◆  $N=3$ .

## Cap 2: Rețele de reacție

### Reacția pozitivă

Amplificatorul Operațional este o parte importantă a oscilatorului ce este la rândul său format din circuite cu reacție negativă și un circuit de reacție pozitivă, în funcție de care sunt amplificate semnalele cu anumite frecvențe, iar altele sunt atenuate.

Putem face remarcată existența a mai multor tipuri de circuite folosite în reacția pozitivă. Aceste circuite lasă să treacă semnale cu frecvența numai într-o anumită bandă de frecvență, de aceea se mai numesc și filtre trece bandă.

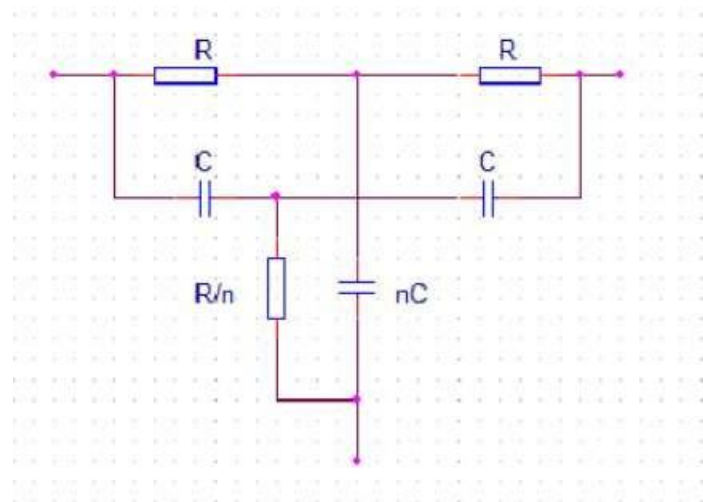
Funcția de transfer  $\beta(\omega)$  și frecvența de lucru prezintă pentru aceste circuite o importanță deosebită, pe când defazarea putem s-o considerăm nulă (deoarece inversorul nu induce defazaj).

Putem defini funcția de transfer ca raportul dintre tensiunea de la ieșirea circuitului cu tensiunea de la intrarea circuitului, în timp ce frecvența de lucru este definită, în cazul filtrelor trece bandă, drept frecvența la care funcția de transfer are un maxim global.

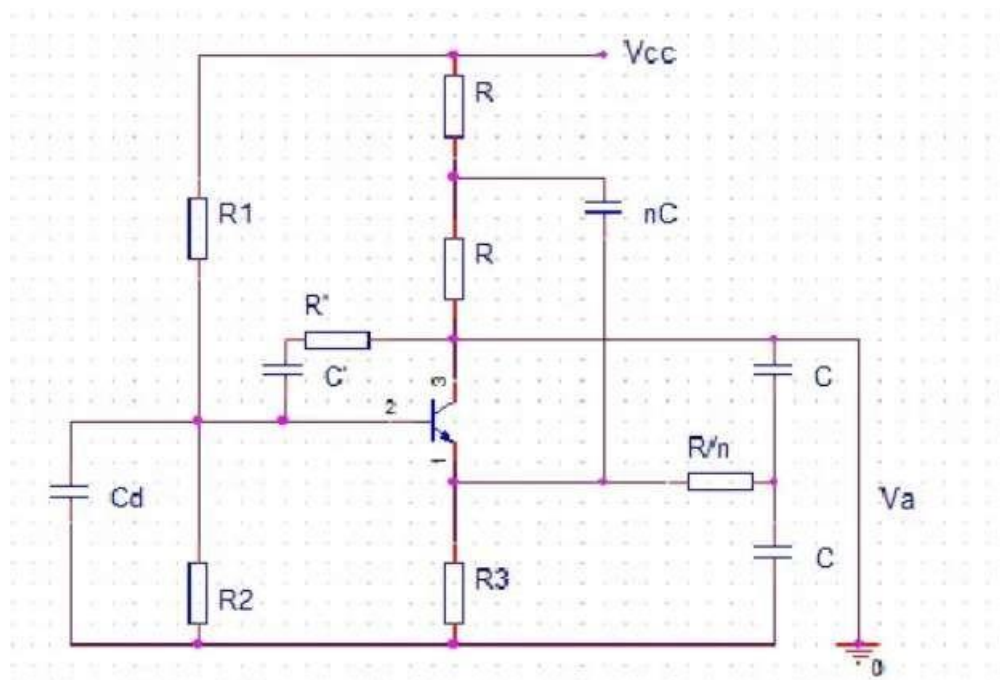
$$F_w(\omega) = \frac{U_{ies}}{U_{int}}$$

### **Rețeaua dublu T:**

Rețeaua dublu T este formată din două celule T, așa cum se poate vedea și din schemă:



### **Exemplu de oscilator cu punte dublu T:**

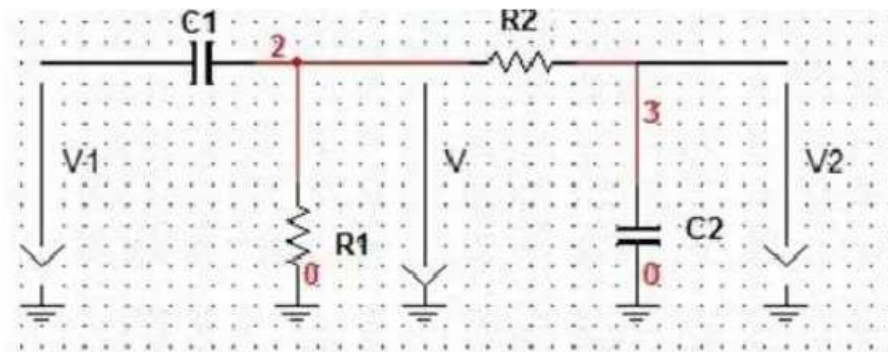


La oscilatorul din figură, reacția pozitivă se realizează prin puntea dublu T conectată într-un mod deosebit, care permite realizarea oscilatorului folosind un singur tranzistor. Astfel, un braț RC al punții este legat la colector, alt braț RC la masă (R fiind legat la masă prin sursa de alimentare) și al treilea braț  $R/n$ ,  $nC$  este legat la emitor. Semnalul cules din colector fiind în antifază cu cel de pe bază, determină un semnal de reacție pozitivă selectivă pe rezistența  $R3$  din emitor, întrucât el se sumează pe ochiul bazei în opoziție cu cel dintre baza și masă. Reacția negativă care contribuie la obținerea unor distorsiuni minime ale semnalului generat, se realizează prin  $R'C'$ .

În cazul rețelei dublu "T", frecvența utilă este:  $f = \frac{1}{2\pi RC}$

## Rețeaua dublu-gama

Schema rețelei dublu gamma este:



Funcția de transfer a acestui circuit este:

$$F_w(\omega) = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_2}{V} \cdot \frac{V}{V_1}$$

$$\frac{V_2}{V} = \frac{1}{R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}} = \frac{1}{1 + j\omega C_2 R_2}$$

$$\frac{V}{V_1} = \frac{\underline{Z}}{\underline{Z} + \frac{1}{j\omega C_1}} \text{ unde } \underline{Z} = R_1 \parallel \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}\right) \text{ astfel}$$

$$\underline{Z} = \frac{R_1 \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}\right)}{R_1 + R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}} = \frac{R_1(1 + j\omega C_2 R_2)}{1 + j\omega C_2(R_1 + R_2)}, \text{ deci}$$

$$\frac{\underline{V}}{\underline{V}_1} = \frac{j\omega C_1 \underline{Z}}{1 + j\omega C_1 \underline{Z}} = \frac{j\omega C_1 R_1 (1 + j\omega C_2 R_2)}{1 + j\omega C_2 (R_1 + R_2) + j\omega C_1 R_1 (1 + j\omega C_2 R_2)} \quad \text{și deci expresia}$$

funcției de transfer este:  $\underline{\beta}(\omega) = \frac{1}{1 + \frac{C_2}{C_1} + \frac{C_2 R_2}{C_1 R_1} + j(\omega C_2 R_2 + \frac{1}{\omega C_1 R_1})}$ .

Modulul funcției de transfer este dat de relația:

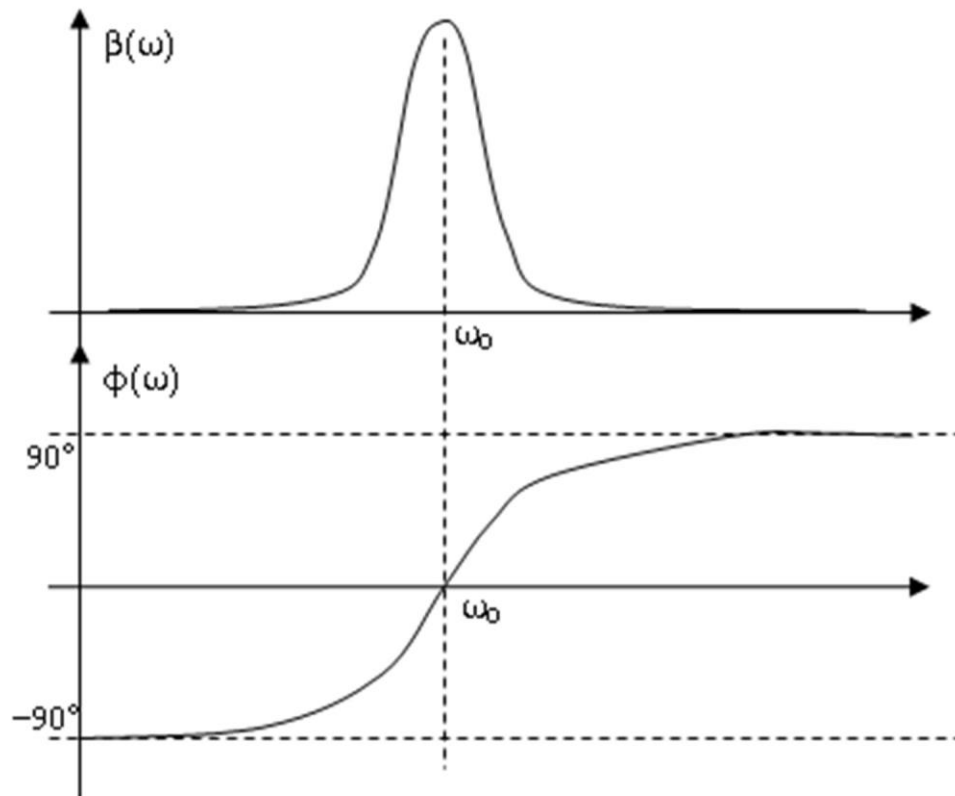
$$|F_w(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{(1 + \frac{C_2}{C_1} + \frac{C_2 R_2}{C_1 R_1})^2 + (\omega C_2 R_2 + \frac{1}{\omega C_1 R_1})^2}}.$$

Maximul funcției se obține când a doua paranteză se anulează de sub radical se anulează, adică pentru  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$ , de unde  $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$ .

În cazul particular  $R_1 = R_2 = R$  și  $C_1 = C_2 = C$  relațiile devin:

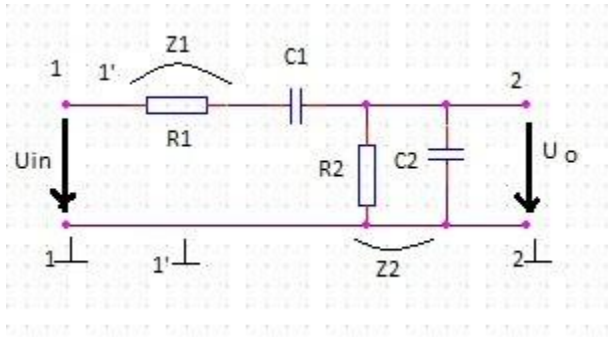
$$\omega_0 = \frac{1}{RC}, \quad f_0 = \frac{1}{2\pi RC}, \quad |\underline{\beta}(\omega_0)| = \frac{1}{3}$$





## Rețeaua Wien

Rețeaua Wien este cel mai folosit circuit de reacție pozitivă din oscilatoarele RC. Comportarea în frecvență a circuitului poate fi intuită ținând cont că la frecvențe joase condensatorul C1 reprezintă o întrerupere, iar la frecvențe înalte C2 scurtcircuitază la masă semnalul de la ieșire. Astfel la frecvențe extreme circuitul are caracteristica de transfer nulă în sensul că la aceste frecvențe circuitul nu lasă să treacă nimic.



Funcția de transfer a rețelei Wien are expresia:

$$F_w(\omega) = \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2 \parallel \frac{1}{j\omega C_2}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} + R_2 \parallel \frac{1}{j\omega C_2}} = \frac{\frac{R_2}{1 + j\omega C_2 R_2}}{R_2 + \frac{1}{j\omega C_1} + \frac{R_2}{1 + j\omega C_2 R_2}} \quad [?]$$

$$F_w(\omega) = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} + j\omega R_1 C_2} \cdot \frac{1}{\omega R_2 C_1} \quad \text{modulul acesteia fiind:}$$

$$|F_w(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}\right)^2 + \left(\omega R_1 C_2\right)^2}} \cdot \frac{1}{\omega R_2 C_1} \quad \text{care prezintă un maxim}$$

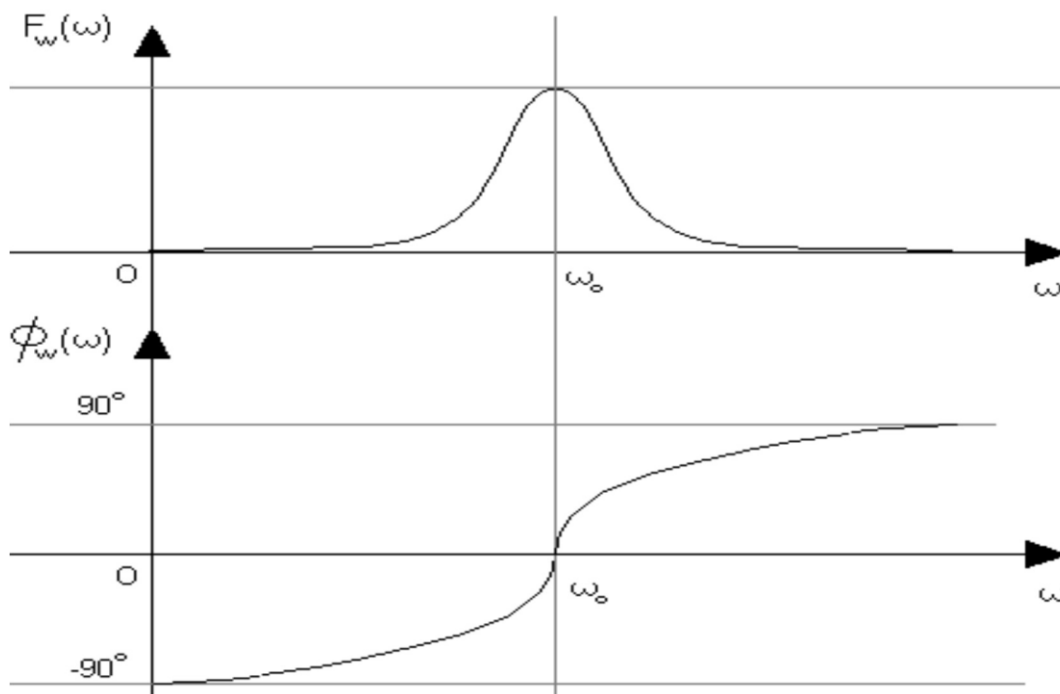
de valoare  $\frac{1}{R_2 C_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}}}$  pentru  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$

În cazul particular în care  $R_1 = R_2 = R$  și  $C_1 = C_2 = C$  relațiile devin:

$$F_w(\omega_0) = \frac{1}{3}, \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}, \quad f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

În proiectarea oscilatorului vom folosi acest caz particular deoarece rapoartele

$\frac{R_1}{R_2}$  și  $\frac{C_2}{C_1}$  trebuie să fie constante și asta ar face acordul oscilatorului mai dificil.



În practică se aleg cele doua rezistențe respectiv cele două condensatoare de valori egale astfel incat  $R_1=R_2=R$  iar  $C_1=C_2=C$ . In acest caz se obtine pentru caracteristica de transfer a amplificatorului, la frecventa  $f_0 = \omega_0/2\pi$ , valoarea  $1/3$  adica atenuarea minima a rețelei Wien este de 3 ori. Rezulta ca, pentru a indeplini conditia lui Barkhausen, care este in cazul nostru:  $F_w(\omega_0) A_v = 1$  trebuie realizat un amplificator cu amplificarea  $A_v=3$ .

De o importanță deosebită sunt și aspectele legate de impedanțele de intrare și ieșire ale rețelei Wien, care trebuie să satisfacă anumite relații împreună cu impedanțele de intrare, respectiv de ieșire ale amplificatorului. Aceste relații sunt legate de condițiile de idealitate în care a fost dedusă analitic caracteristica de transfer a rețelei. În aceste condiții de idealitate, impedanța de ieșire a amplificatorului (considerat ca generatorul care atacă rețeaua) a fost considerată nulă, iar impedanța de intrare la borna neinversoare a amplificatorului (considerată ca sarcină a rețelei Wien) a fost considerată infinit de mare (rețeaua în gol). Cum aceste valori nu pot fi obținute practic, se va căuta ca rezistentele de intrare, respectiv ieșire ale amplificatorului să satisfacă condițiile de idealitate prin inegalitățile:

$$R_{\text{amplificator, ieșire}} \ll R_{\text{Wien, intrare}}$$

$$R_{\text{amplificator, intrare}} \gg R_{\text{Wien, ieșire}}$$

Se calculează analitic impedanțele de intrare ale rețelei Wien la  $\omega_0$ :

$$R^{\text{Wien}}_{\text{intrare}} = 3R$$

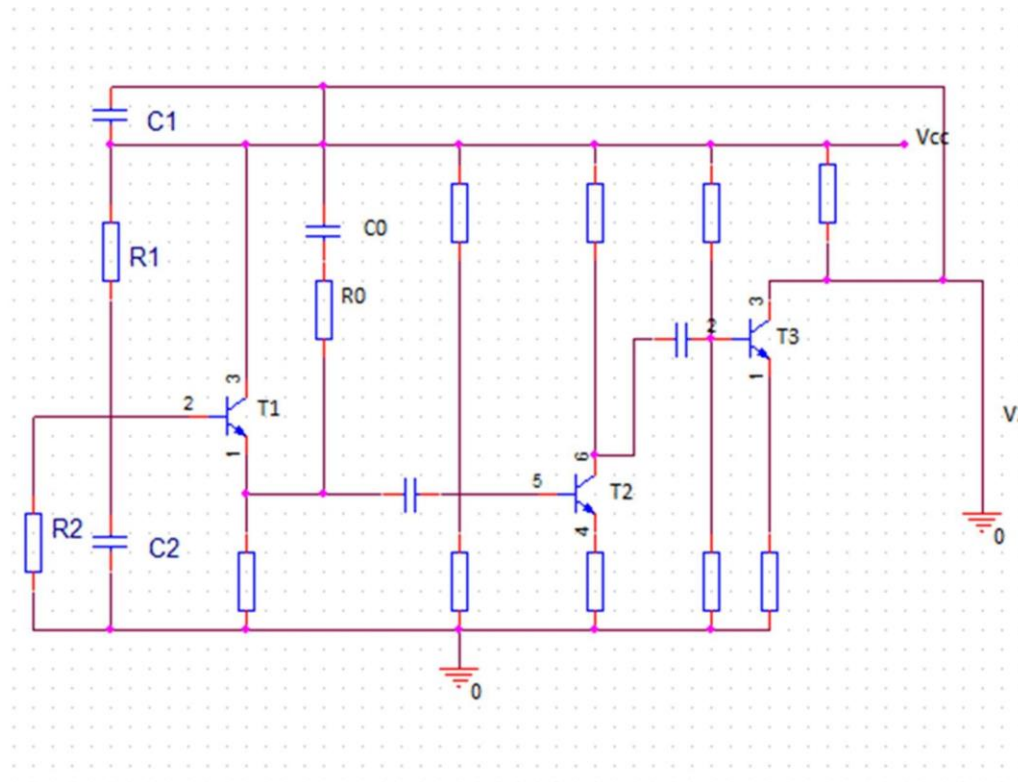
$$R_{\text{Wien}}^{\text{iesire}} = \frac{3R}{2}$$

Astfel se va proiecta oscilatorul, astfel încât condițiile de mai sus să fie îndeplinite. Realizarea unei rețele Wien a cărei frecvențe  $f_0$  să poată fi reglată în cazul nostru pe aproape trei decade (30Hz-28kHz) se va face prin introducerea , în locul rezistentelor din rețea a unor rezistente variabile între  $R_{min}$  și  $R_{max}$  astfel încât

$$f_{\min} > \frac{1}{2R_{\max}C} \quad \text{si } f_{\max} < \frac{1}{2R_{\min}C}.$$

Cum introducerea doar a rezistentelor variabile nu este eficace in cazul gamei largi de frecvente , se vor folosi 3 condensatoare pe fiecare decada.

### Exemplu de oscilator cu rețea wien:

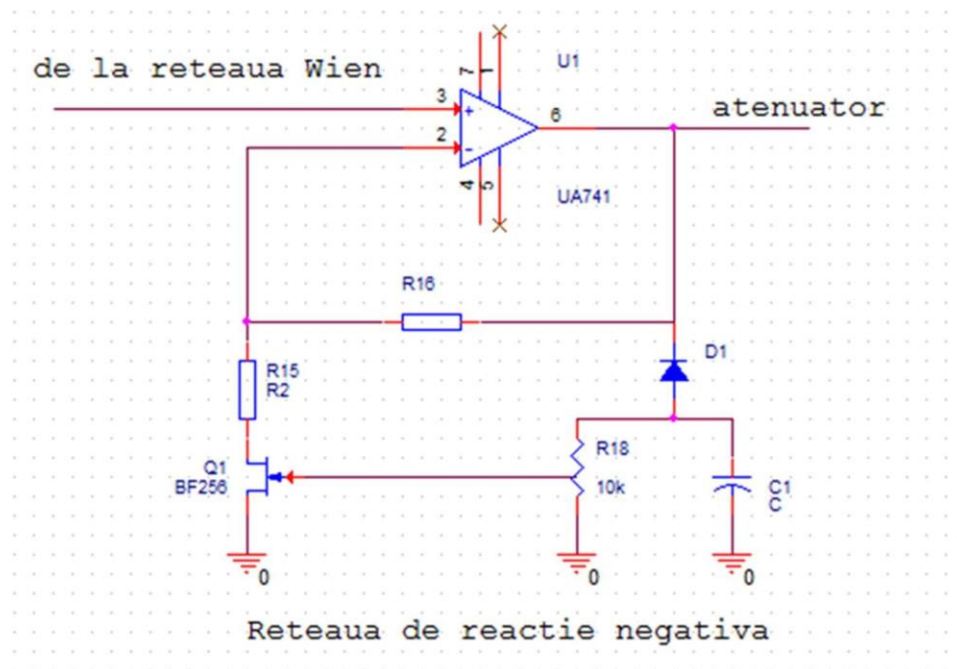


## Reacția negativă

### INTRODUCERE

Reacția negativă în amplificatoare reprezintă un mecanism de reglare al amplificării în sensul scăderii, în vederea eliminării influenței variației parametrilor componentelor active și pasive care formează structura etajelor de amplificare.

Se realizează astfel o stabilitate dinamică automată a sistemului de amplificare, în sensul controlului tensiunii sau al curentului debitat într-o sarcină atunci când circuitul de intrare este atacat de la sursa de semnal în tensiune sau curent.



## CAP 3: Teorie Oscilator

**Condițiile de oscilație:**

**Criteriul Barkhausen**

Oscilatorul armonic este un circuit electronic care generează un semnal sinusoidal, pe baza energiei furnizate de sursa de alimentare.

Aceasta este relația lui Barkhausen:

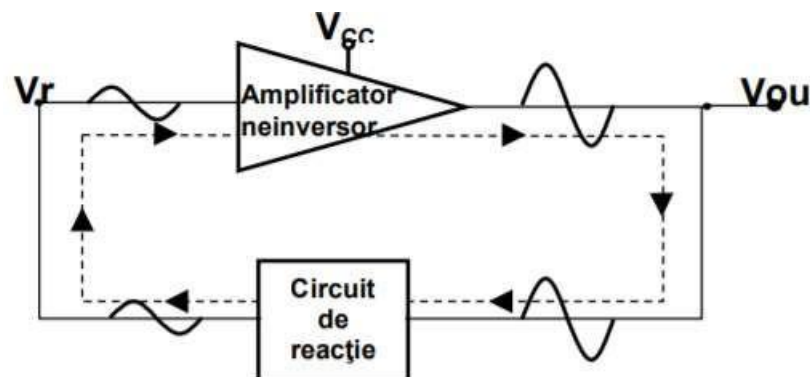
$$a\beta = 1$$

$$\varphi_a + \varphi_r = 2k\pi$$

**Parametrii unui oscilator:**

- Forma semnalului generat
- Domeniul de frecvențe în care lucrează
- Stabilitatea frecvenței și amplitudinii semnalului de ieșire

Oscilatorul sinusoidal este format dintr-un amplificator (tranzistoare sau AO) care asigură introducerea unui câștig de tensiune și un circuit de reacție pozitivă (circuite RC , LC) care introduce un defazaj și o atenuare.



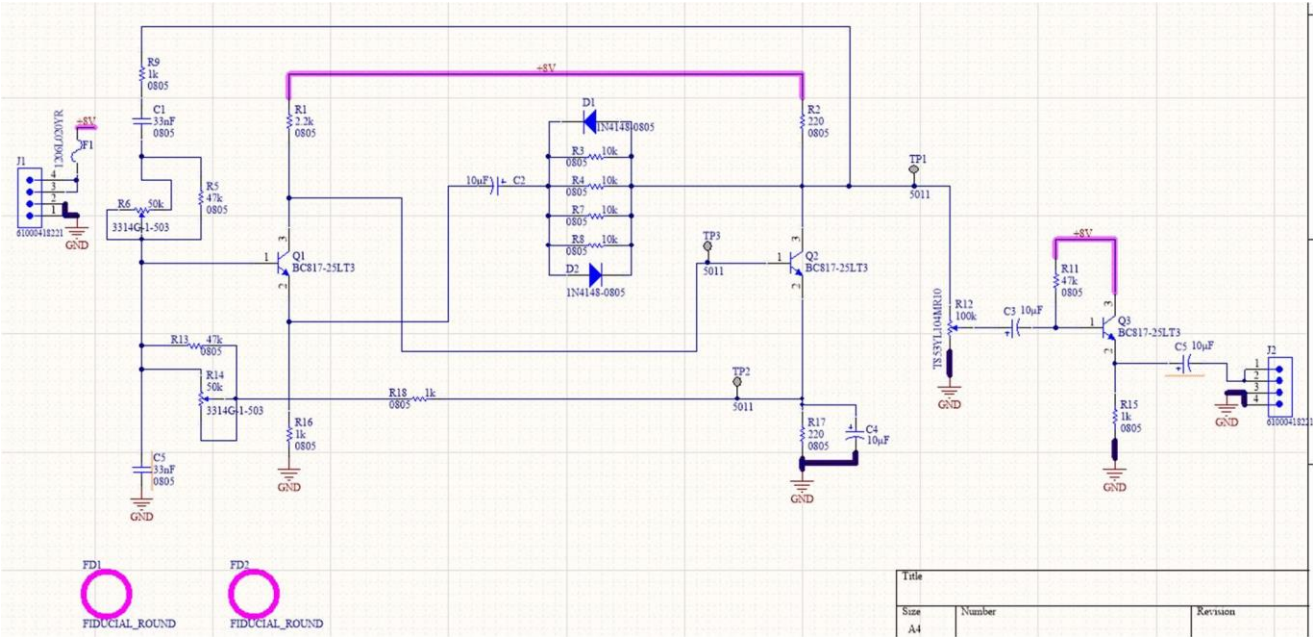
Prin intermediul circuitului de reacție pozitivă, o parte a tensiunii de ieșire ( $V_{out}$ ) din amplificator este adusă la intrare . Această tensiune numită tensiune de reacție ( $V_r$ ), este amplificată generând o tensiune de ieșire, care constituie sursa tensiunii de reacție.

Pentru susținerea stării de oscilație trebuie îndeplinite 2 condiții:

1. Defazajul de-a lungul întregii bucle de reacție să fie nul. Tensiunea de reacție ( $V_r$ ) trebuie să fie în fază cu tensiunea de ieșire ( $V_{out}$ );
2. Câștigul în tensiune de-a lungul buclei de reacție închise să fie 1. Câștigul în tensiune de-a lungul buclei ( $A_o$ ) este produsul dintre câștigul amplificatorului în buclă închisă ( $A_v$ ) și atenuarea introdusă de circuitul de reacție ( $A_r$ )

Pentru amorsarea oscilatorului câștigul în tensiune de-a lungul buclei de reacție ( $A_o$ ), în momentul alimentării cu tensiune, trebuie să fie mai mare decât 1, astfel ca amplitudinea semnalului de ieșire să crească progresiv până la nivelul dorit, apoi câștigul trebuie micșorat până la 1 pentru ca semnalul de ieșire să se mențină la acel nivel iar oscilațiile să fie întreținute.

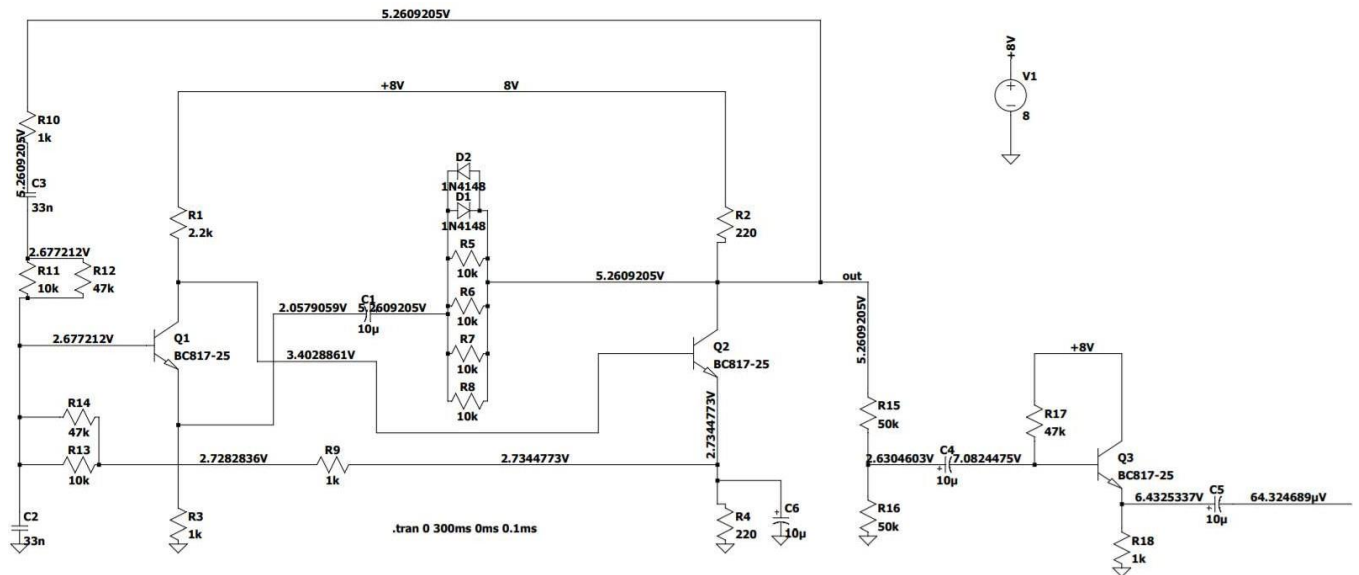
CAP 4: Schemă Electrică





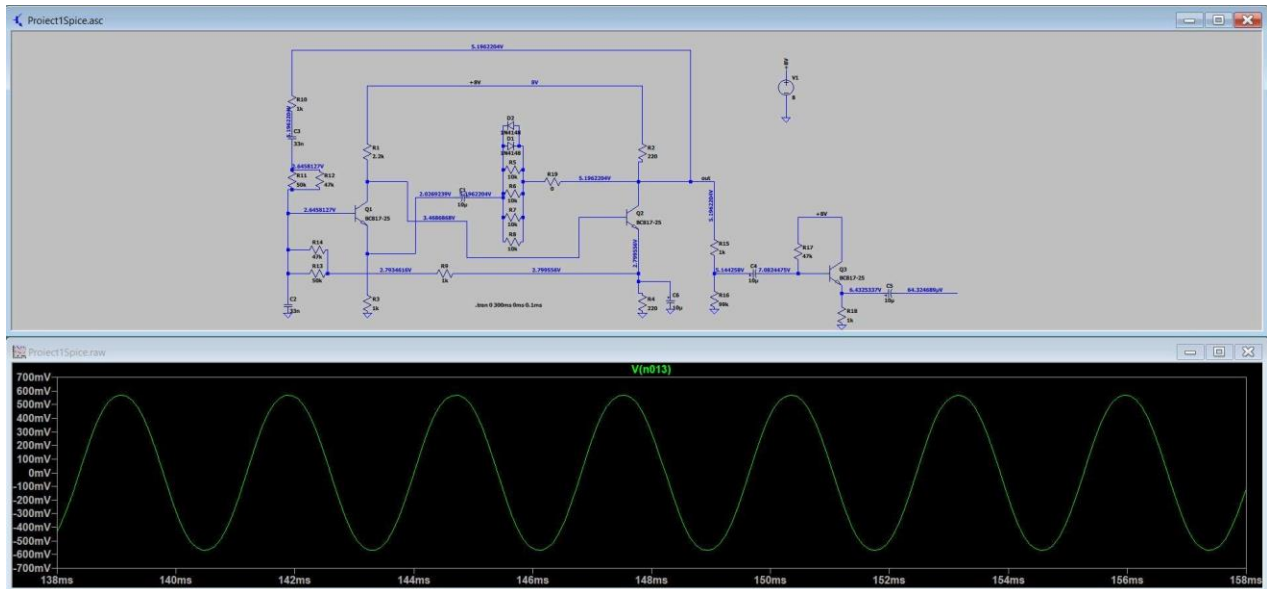
## CAP 5: Punct Static de Funcționare

### PSF Tensiune:

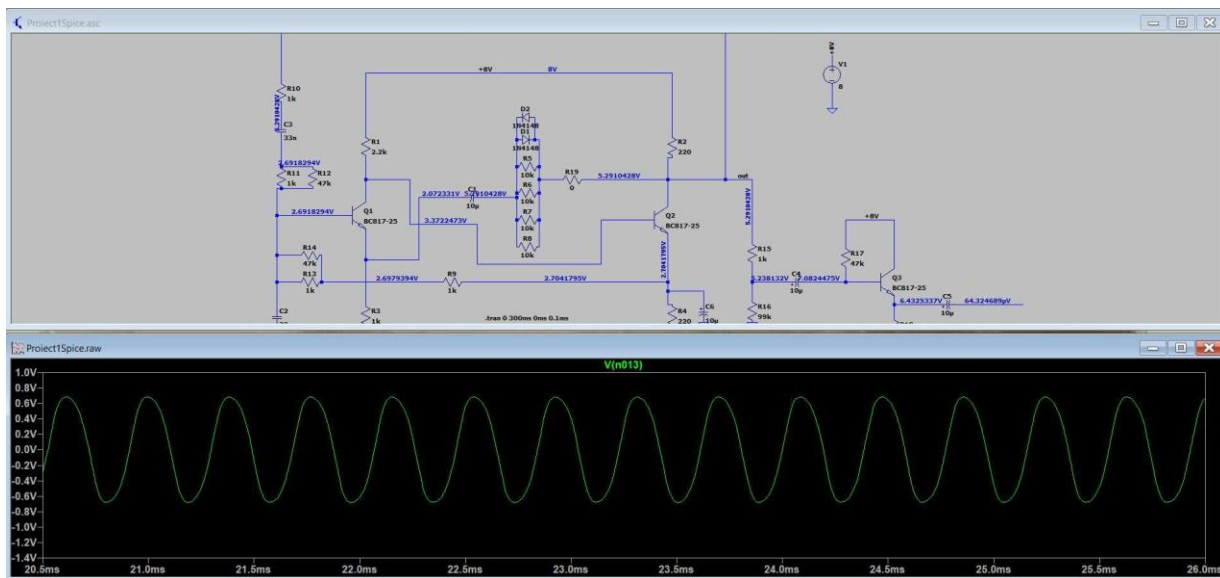


## CAP 6: Simulari

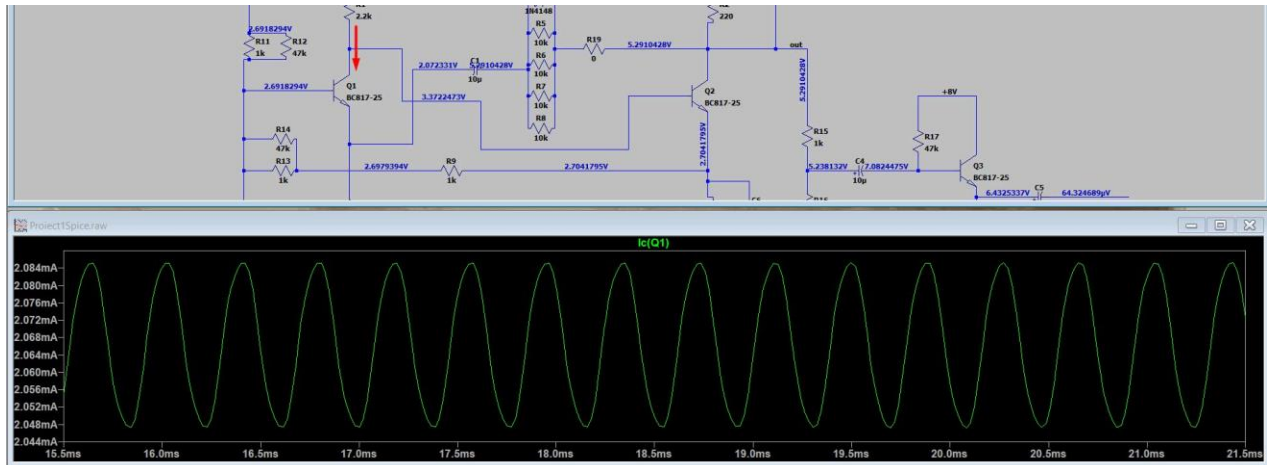
### Simulări frecvență minimă transient:



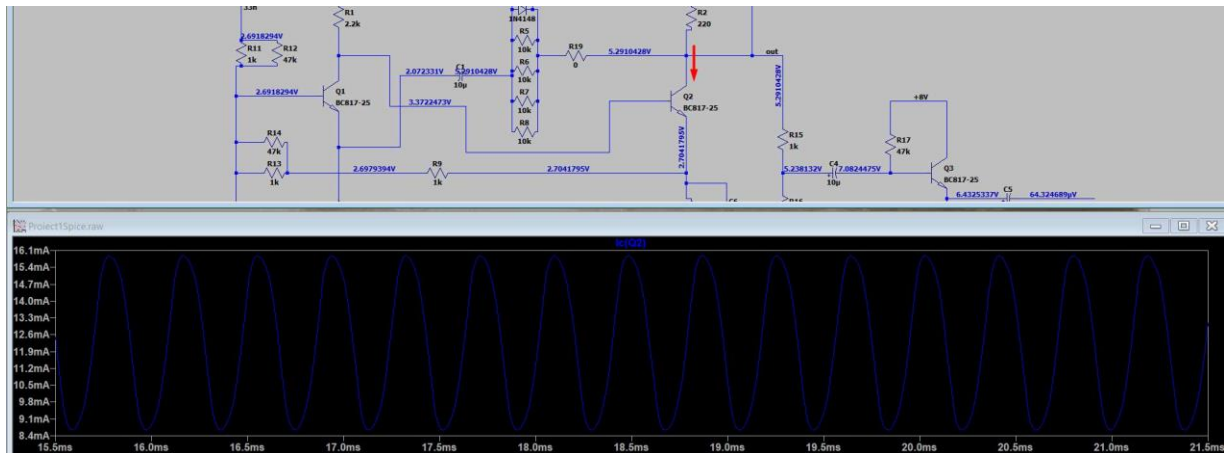
### Simulări frecvență maximă transient:



## Curentul prin tranzistorul Q1



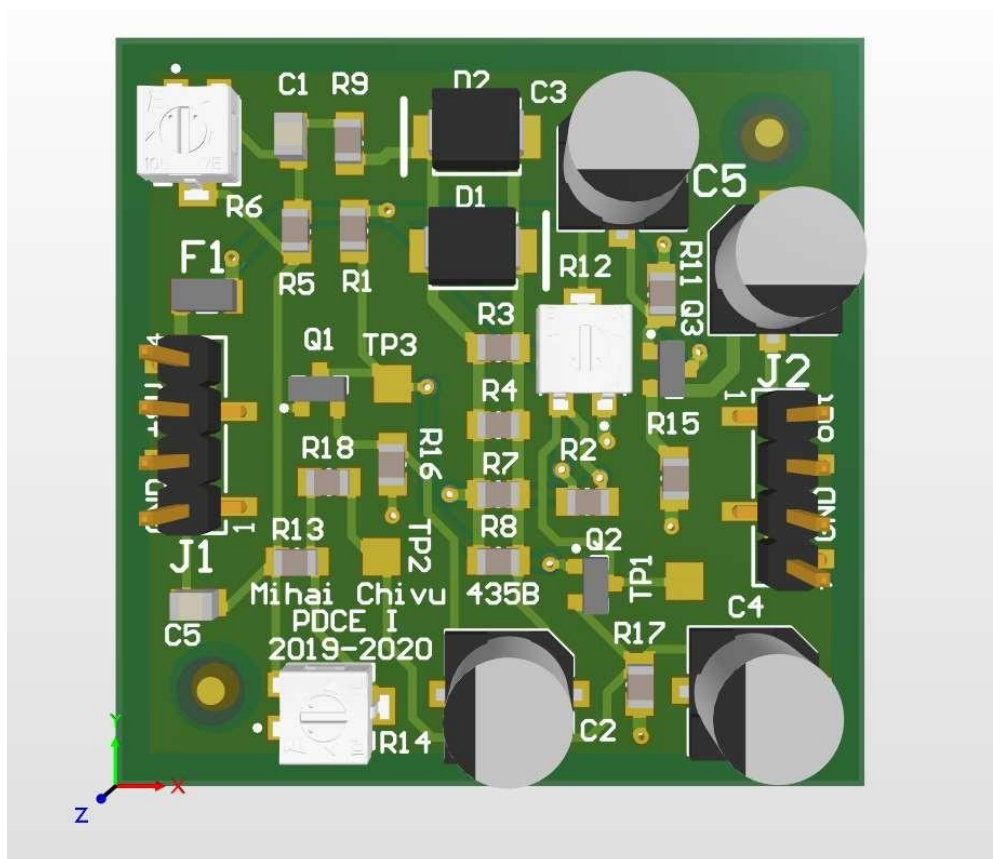
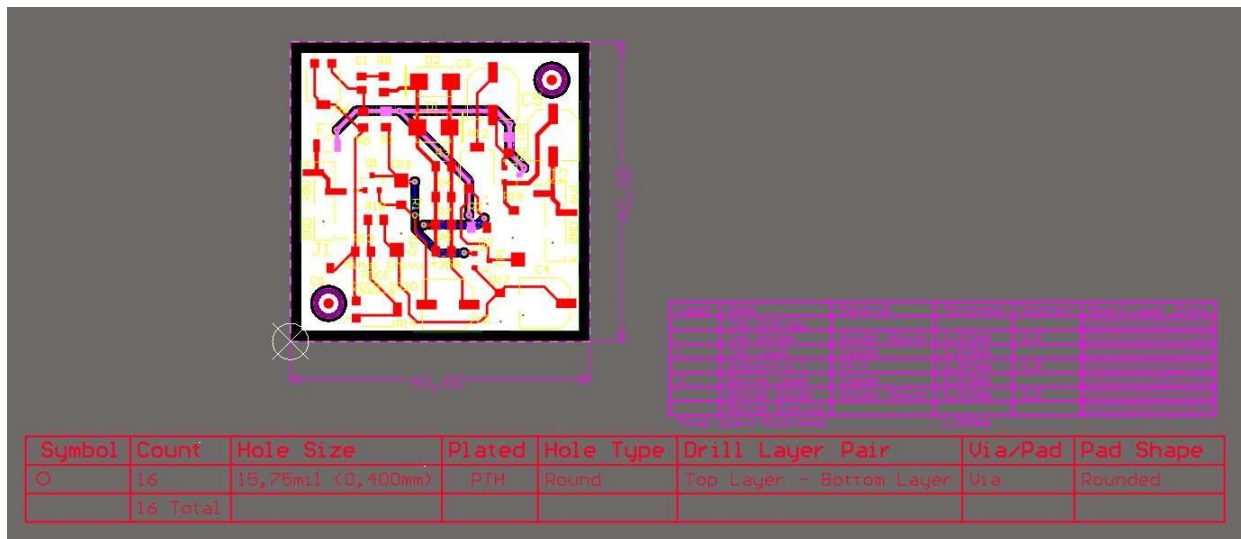
## Curentul prin tranzistorul Q2



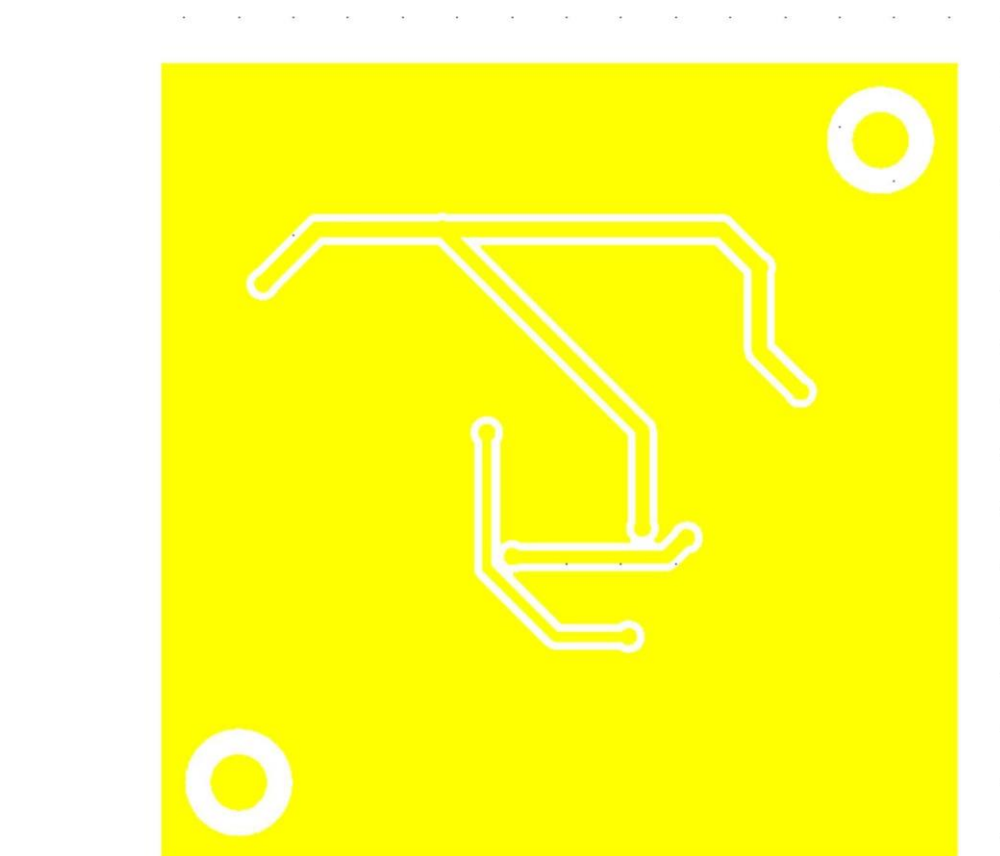
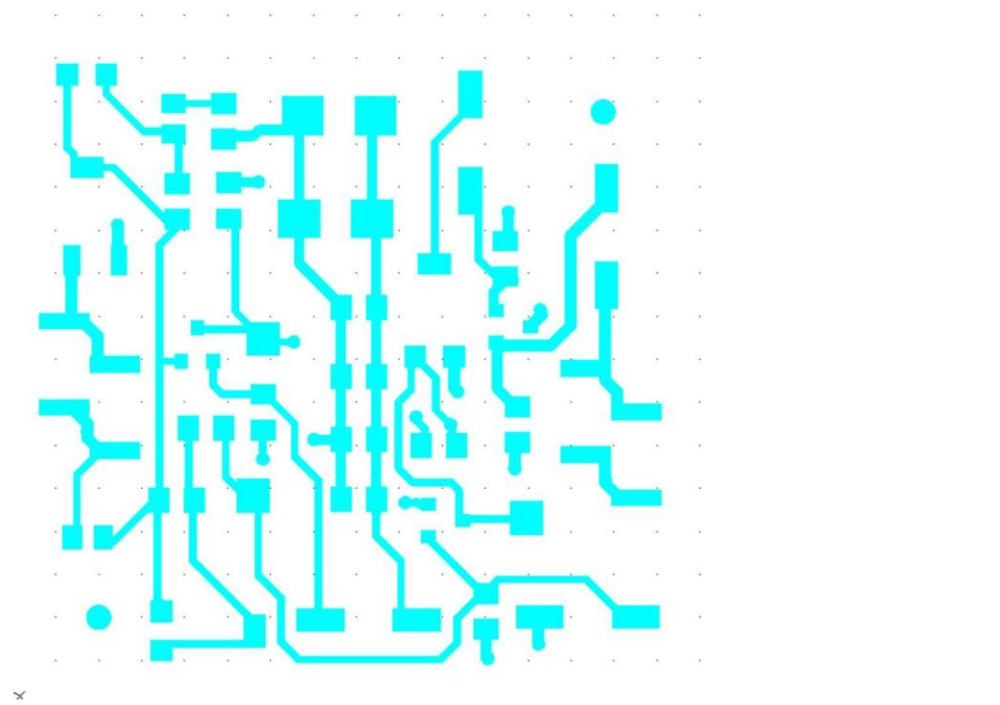
## Cap.7 Layout

<https://drive.google.com/drive/folders/1agUQadtJsKD2OVDTCs8k23NFpwjXFsl6?usp=sharing>

### PCB-ul in Altium

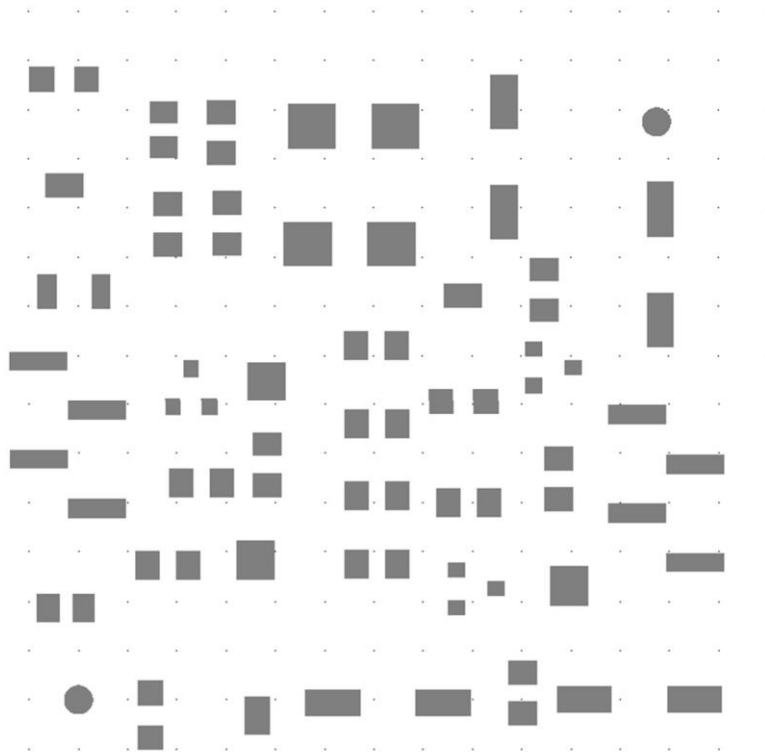
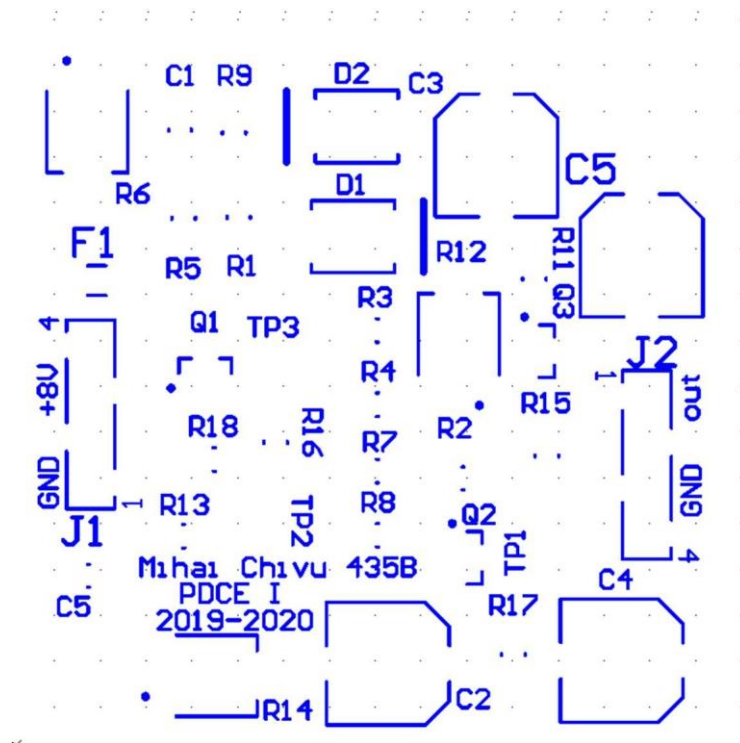


Top



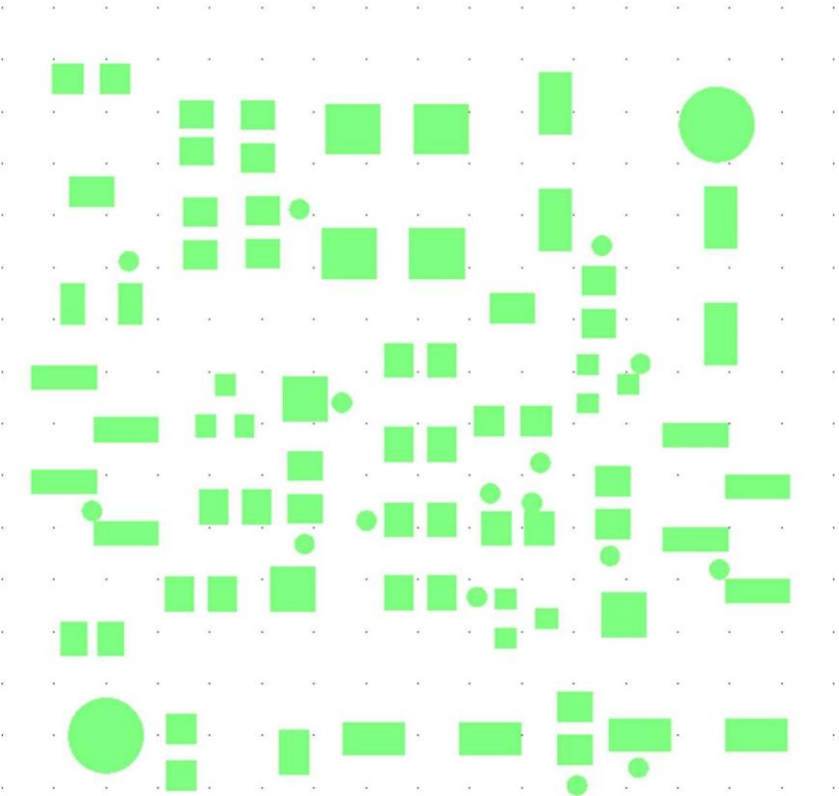
Bottom

## Silkscreen



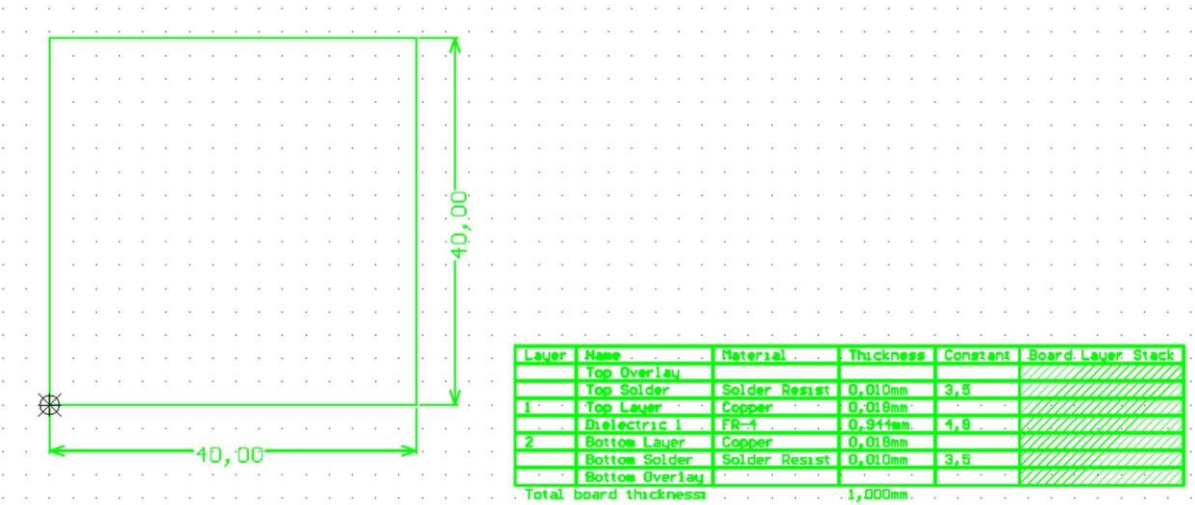
## Top Paste

Top Solder

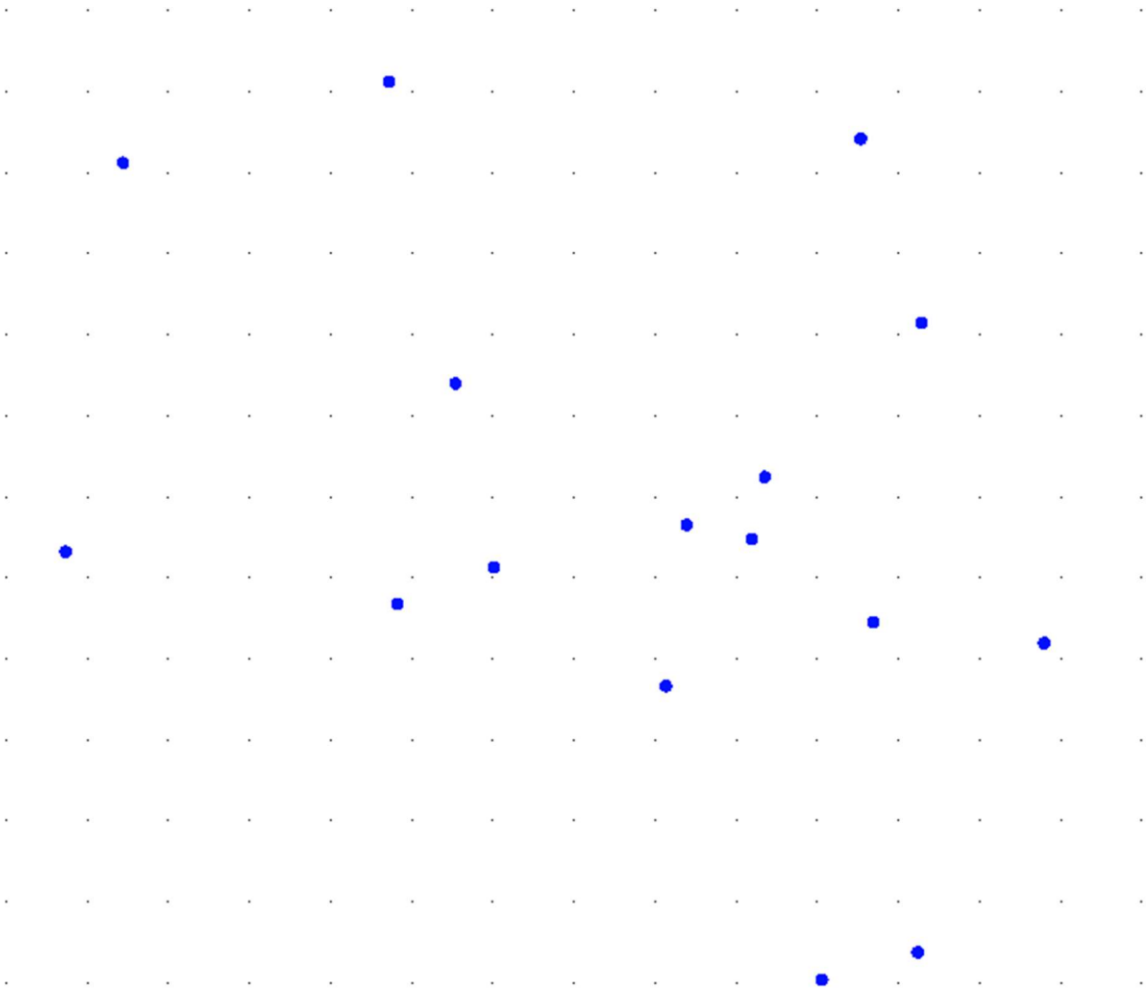


✕

Mecanical



Drill



<



## CAP 10: Bibliografie

1. Paul Gray, Robert Mayer, *Circuite Integrate Analogice, analiză și proiectare*, Ed. Tehnică, 1999;
2. P. R. Gray, P. J Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits*, J. Wiley & Sons, 2001;
3. Adrian Rusu, Gheorghe Ștefan, Gheorghe Brezeanu, *Dispozitive și circuite electronice Culegere de probleme pentru proiectare*, tipografia Institutul Politehnic București, 1988;
4. Mircea Ciugudean, *Proiectarea unor circuite electronice*, Ed. Facla, Timișoara, 1983;
5. D. Dobrescu, *Analiza circuitelor electronice de la funcție către dispozitiv*, Ed. Printech, 2004;
6. L. Dobrescu, D. Dobrescu, *Basics of the Semiconductor Devices Physics*, Printech Publishing House, 2005;
7. Andrei Vladimirescu, *Spice*, Ed.Tehnică 1999;
8. Emil Sofron (coordonator), *Spice –simularea circuitelor analogice*, Ed. Militară, 1994;
9. G. Brezeanu, F. Drăghici, *Circuite electronice fundamentale*, Ed. Niculescu, București, 2013;
10. G. Brezeanu, F. Draghici, F. Mitu, G. Dilimot, *Circuite electronice fundamentale - probleme*, Editura Rosetti Educational, Bucuresti, editia II–2008;
11. <http://www.dce.pub.ro>;
12. [http://www.cetti.ro/v2/tehnificad.;](http://www.cetti.ro/v2/tehnificad.)
13. <http://www.cetti.ro/v2/labtie.php>;
14. <http://www.elect2eat.eu>;