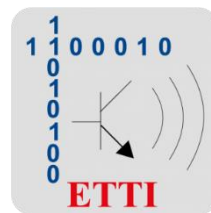




Universitatea POLITEHNICA Bucuresti

Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației



Proiect 1 - Dispozitive și circuite electronice

Generator de semnal dreptunghiular

Autor: Mures Elena Georgiana

Grupa: 434E-MON

Coordonator: Conf. Dr. Ing. Florin Drăghici

2023-2024

Cuprins

1. Tema proiectului.....	3
2. Schema bloc.....	4
3. Schema electrică.....	5
4. Componenta circuitului.....	6
5. Relațiile de dimensionare.....	11
6. Calcul analitic.....	13
7. Schema cu conectori.....	19
8. Layout.....	21
9. Instrucțiuni de utilizare.....	24

1. Tema proiectului

Tema 6 - Oscilator semnal dreptunghiular (N = 15)

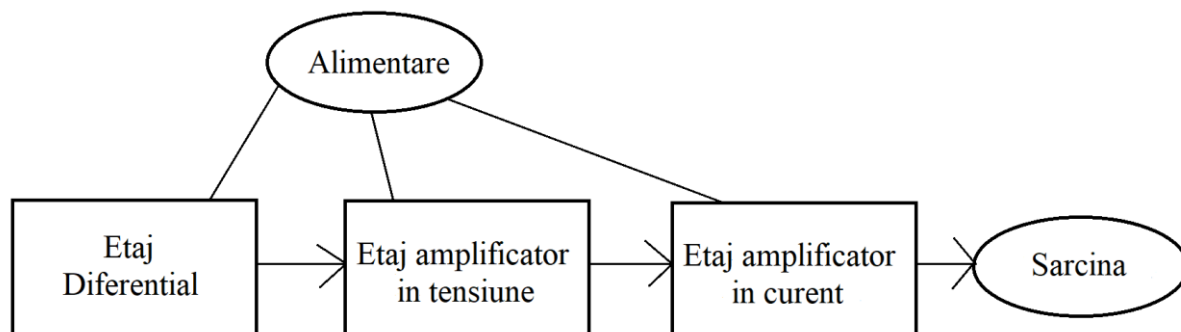
Să se proiecteze și realizeze un oscilator semnal dreptunghiular cu următoarele caracteristici:

- Frecvența de oscilație, f_o , reglabilă în intervalul: $15 \div 45$ [KHz];
- Factor de umplere: 0.5;
- Sarcina la ieșire, R_L : 15 [K Ω];
- Valoarea (vârf la vârf) a oscilației la ieșire, V_o , reglabilă în intervalul: $0 \div 3$ [V];
- Semnalul la ieșire nu are componentă continuă;
- Domeniul temperaturilor de funcționare: $0^0 - 70^0\text{C}$ (verificabil prin testare în temperatură);
- Semnalizarea prezenței tensiunilor de alimentare cu diodă de tip LED.

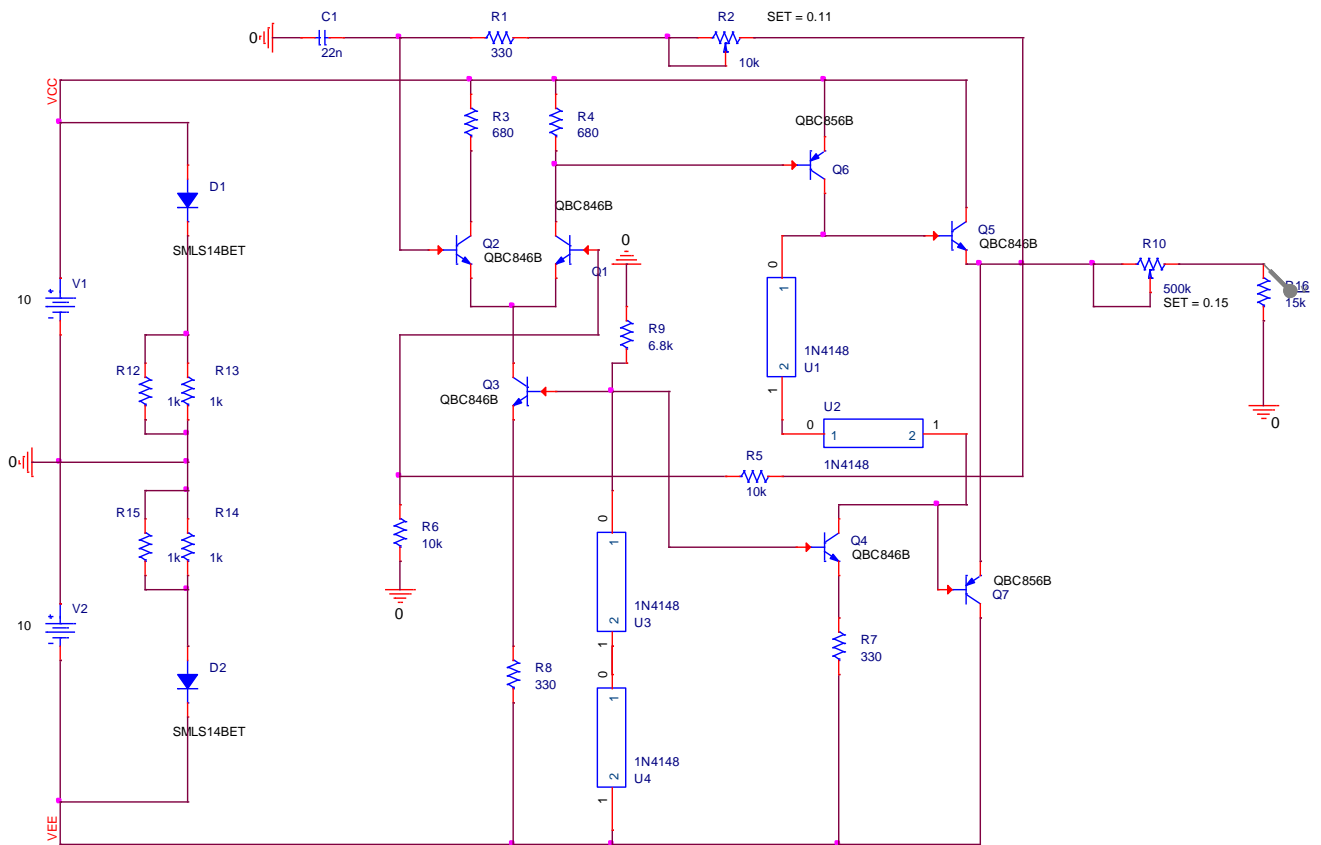
Circuitul va fi proiectat și realizat sub forma unui modul electronic a cărui structură de interconectare va fi concepută în:

Tehnologie SMT & PCB.

2.Schema bloc



3.Schema electrică



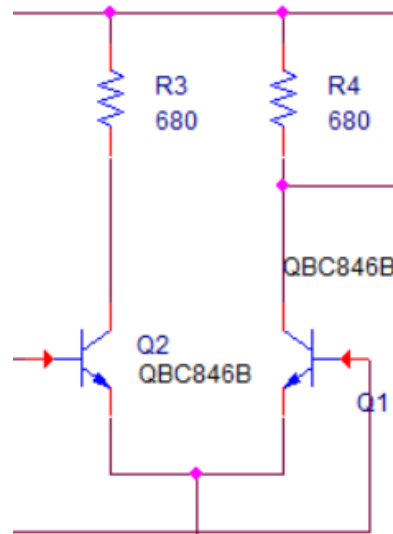
4. Componenta circuitului

4.1. Sursa de alimentare



Avand in vedere $U_{vv \max} = 3 \text{ V}$, tensiunea de saturatie a tranzistoarelor finale si tensiunea pe rezistorii din etajul final, putem alege o tensiune simetrica de $\pm 10 \text{ V}$ (o ramura cu 10 V si o ramura cu -10 V).

4.2. Etajul diferențial

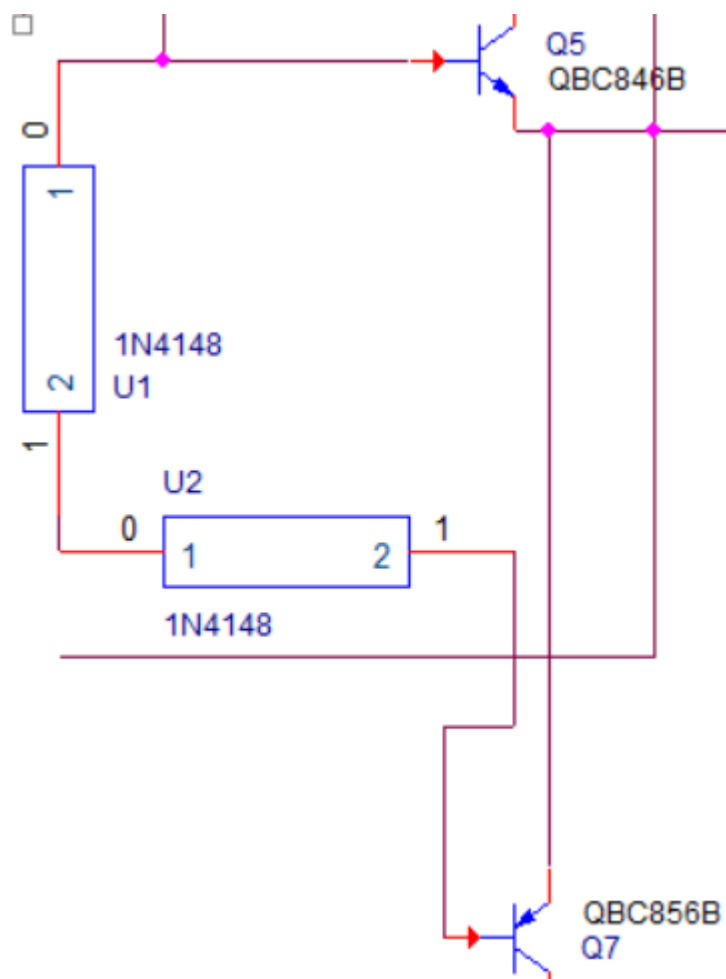


În acest circuit, etajul diferențial este realizat prin tranzistoarele Q_1 și Q_2 BC846B, tranzistoare bipolare NPN (acestea având emitoarele unite și alimentate la un curent constant V_{cc}) și rezistențele R_3 , R_4 care sunt conectate între colectoriile tranzistoarelor și referința de tensiune.

Deoarece Q_1 și Q_2 vor avea aceeași tensiune baza-emitor și curenții lor de colector vor fi egali, pentru a echilibra eventualele diferențe de tensiune baza-emitor s-au utilizat doi rezistori, R_3 și R_4 .

În plus rezistențele de degenerare R_3 , R_4 au rolul de a controla curentul care intră pe colectoriile diferențialului și pentru a stabili o anumită liniaritate și sensibilitate la semnal. Acest tip de configurare este folosit pentru a îmbunătăți performanțele etajului diferențial în ceea ce privește stabilizarea punctului de funcționare și reducerea distorsiunilor.

4.3. Etajul amplificator în tensiune

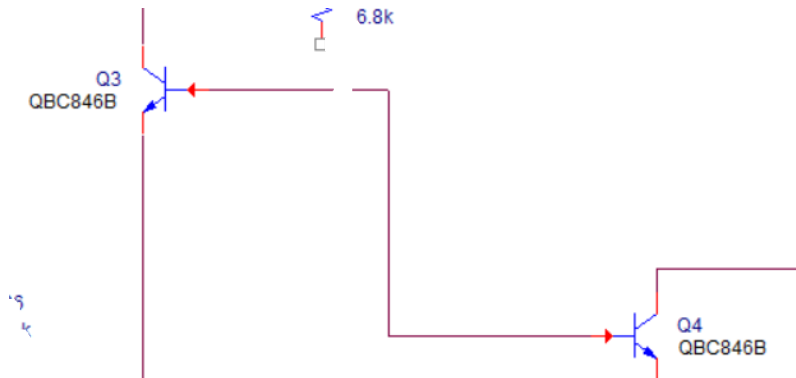


Etajul amplificator in tensiune amplifica semnalul care intra in etajul de iesire de clasa AB, format din cele doua diode (U_1 , U_2) si tranzistoarele Q_5 , Q_7 .

Etajul de iesire in clasa AB (caracterizat de distorsiuni medii și randament mediu), implică utilizarea a două dispozitive active (tranzistoarele Q_5 , Q_7) care funcționează alternativ pentru a amplifica semnalele din cele două jumătăți ale ciclului semnalului alternativ: pe alternanta pozitiva Q_5 este in RAN, iar Q_7 in blocare, iar pe alternanta negativa Q_7 este in RAN iar Q_5 in blocare.

Ca sa evitam suprapunerea blocarii ambelor tranzistoare pentru anumite valori ale semnalului de intrare, am folosit doua diode de tip 1N4148.

4.4. Etajul amplificator in curent

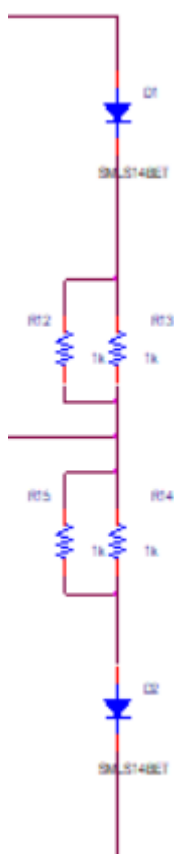


Sursele de curent asigură curenți independenți de rezistența de sarcină iar curentul nu trebuie să fie influențat de variația tensiunii de alimentare, a temperaturii sau a altor condiții de funcționare. Sursa de curent alimentează etajul diferential cu un current constant, acest current impartindu-se in mod egal pe cele doua ramuri ale etajului diferential.

Tranzistorii Q_3 , Q_4 care formeaza oglinda de curent sunt identici, iar Q_3 care este conectat la emitorii etajului diferential si furnizeaza un current constant.

Cele doua diode de tip 1N4148 din acest etaj si cele doua din etajul amplificator in tensiune ajuta impotriva supraincalzirii, datorita apropierii lor una de alta fiind in formatiune de doua cate doua, astfel contribuie si la reducerea distorsiunilor.

4.5.LED urile



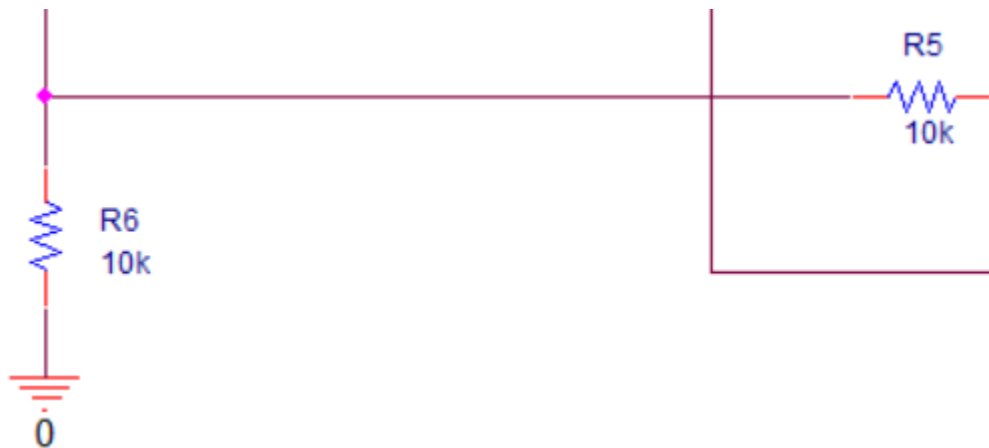
Am folosit diode de tip led (D_1, D_2) pentru a semnaliza alimentarea circuitului. Conform foii de catalog, diodele sunt de tip SMLS14BET iar tensiunea maxima admisa este de 3.3 V, iar curentul maxim de functionare este de 20mA.

Am inseriat LED-ul cu o grupare paralel $R_{eq}=0.5k\Omega$ astfel incat pe dioda sa cada o tensiune intre 3.1 V , iar curentul sa fie de cel putin 20 mA ca LED-ul sa se aprinda. Acelasi lucru este valabil si pentru gruparea paralel a rezistoarelor R_{12}, R_{13} .

In acelasi timp, rezistentele au si rolul de protectie a diodelor.

5. Relațiile de dimensionare

5.1. Factorul de umplere



Factorul de umplere τ este determinat de divizorul rezistiv $R_6 \rightarrow R_5$ și acesta este egal cu $R_6/(R_5 + R_6)$.

Având în vedere că τ trebuie să fie 0.5, se ia $R_5 = R_6$.

R_5 și R_6 au fost luate cu valoarea de 10 k Ω , deoarece din simulări s-a constatat că pe măsura ce valoarea lor crește, crește și frecvența de oscilație, iar valoarea de 10 kilohmi e tocmai potrivită pentru f_{\min} și f_{\max} ca să fie cât mai apropiate de 15kHz respectiv 45kHz.

5.2. Frecvența de oscilație

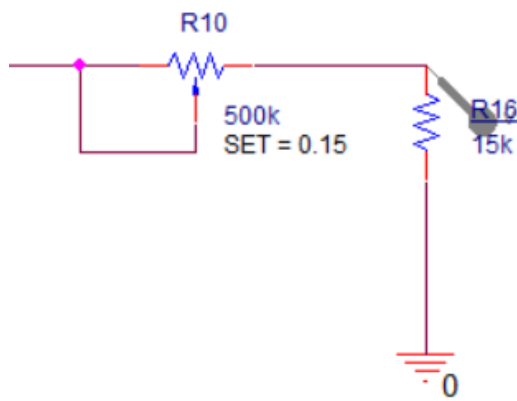


Frecvența de oscilație este determinată de rețeaua RC formată din R_1 , $P_1 = R_2$ și C_1 . f_{\min} și f_{\max} conform cerinței trebuie să fie 15 kHz respectiv 45 kHz.

- Avem relația: $T = 2 \cdot R_e \cdot C_1 \cdot \ln[(1 + \tau)/(1 - \tau)]$ specifică oscilatorului de relaxare pe care m-am bazat.
- $\tau = 0.5 \Rightarrow T = 2 \cdot R_e \cdot C_1$

- $C_1 = 22 \text{ nF}$, rezistența $R_1 = 330\Omega$ și potentiometrul $P_1 = 10 \text{ k}\Omega$ se obține în simulări $f_{\min} = 14,28 \text{ kHz}$ pentru P_1 la $\text{SET}=0,115$ și $f_{\max} = 45,45 \text{ kHz}$ pentru P_1 la $\text{SET}=0,011$, valori apropiate de 10 kHz respectiv 30 kHz .

5.3. Amplitudinea vârf-la-vârf



Amplitudinea varf-la-varf este determinată de divizorul de tensiune $(R_{10}+R_{16})/R_{16}$.

- $V_{CC}=V_{CE5}+(R_{10}+R_{16})/R_{16} * V_O \Rightarrow V_O = [(V_{CC}+ V_{CE5})*R_{16}]/(R_{10}+R_{16})$;
- Pentru $N=15 \Rightarrow R_L=15\text{k}\Omega$ iar V_O ia valori în intervalul: $0 \div 3 \text{ [V]}$;
- Pentru $V_O=3\text{V} \Rightarrow R_{10}=85\text{k}\Omega$;
- Deoarece am ales $\text{POT}_2= R_{10}=500\text{k}\Omega \Rightarrow \text{SET}=85/500=0,15$;
- $V_O=0\text{V} \Rightarrow \text{POT}_2= R_{10}$ ia valoare maximă $R_{10}=500\text{k}\Omega \Rightarrow \text{SET}=1$;

6. Calculul analitic

PUNCTUL STATIC DE FUNCȚIONARE

pp $Q_1 \dots Q_4$ în RAM

$$I_C \approx I_E$$

$$I_B \approx 0$$

$$V_{BE} = |V_{EB}| = 0,6$$

$$\beta = 300$$

- $I_{C1} = I_{C2}$
- $I_{C3} = I_{C1} + I_{C2} \Rightarrow I_{C3} = 2I_{C1} \Rightarrow I_{C1} = I_{C2} = 0,9 \text{ mA}$
- $V_{BE3} \quad I_{C3}R_8 - V_{D4} - V_{D3} = 0 \Rightarrow I_{C3} = \frac{2V_D - V_{BE3}}{R_8} = 1,81 \text{ mA}$
 $\Rightarrow I_{C3} = 1,8 \text{ mA}$
- $V_{BE5} + V_{BE7} - 2V_D = 0 \Rightarrow V_D = 0,6 \text{ V}$
- $0 - V_{EE} = I_{R9}R_9 + 2V_D \Rightarrow I_{R9} = \frac{10 - 1,2}{6,8} \Rightarrow I_{R9} = 1,29 \text{ mA}$
- Q_3, Q_4 oglindă de curent $\Rightarrow I_{C3} = I_{C4} = 1,8 \text{ mA}$
- $I_{C6} \approx I_{C4} = 1,8 \text{ mA}$
- $I_{B1} = I_{B2} = \frac{0,9}{300} = 0,003 \text{ mA} \Rightarrow I_{B1} = I_{B2} = 3 \mu\text{A}$
- $I_{B6} = \frac{I_{C6}}{\beta} = \frac{1,8}{300} = 0,006 \text{ mA} \Rightarrow I_{B6} = 6 \mu\text{A} = I_{B4}$
- $V_{BE1} - V_{BE2} + I_{R5}R_5 + I_{B2}(R_1 + R_2) = 0 \Rightarrow I_{R5} = -\frac{I_{B2}(R_1 + R_2)}{R_5}$
 $\Rightarrow I_{R5} = -0,129 \mu\text{A} = -129 \text{ nA}$
- $I_{B1} + I_{R6} + I_{R5} = 0 \Rightarrow I_{R6} = -3,129 \text{ nA} \Rightarrow I_{R6} = -3,129 \mu\text{A}$
- $I_{B2}(R_1 + R_2) + I_{R10}(R_{10} + R_{16}) = 0 \Rightarrow I_{R10} = 408,1 \text{ nA}$
- $I_{C3} - I_{R9} - I_{C4} + I_{C7} = 0 \Rightarrow I_{C7} = 1,8 - 1,8 + 1,29$
 $\Rightarrow I_{C7} = I_{C5} = 1,29 \text{ mA}$

- $V_{CC} = I_{C1}R_3 + V_{CE2} - V_{BE1} + I_{R6}R_6 \Rightarrow V_{CE2} = V_{CC} - I_{C1}R_3 + V_{BE1} - I_{R6}R_6$
 $\Rightarrow V_{CE2} = 10,019 \text{ V}$
- $I_{C1}R_3 + V_{CE2} + V_{CE3} + I_{C3}R_8 = V_{CC} - V_{EE}$
 $\Rightarrow V_{CE3} = 8,49 \text{ V} = V_{CE4}$
- $V_{CC} = I_{C1}R_4 - V_{BE1} + I_{R6}R_6 + V_{CE1} \Rightarrow V_{CE1} = V_{CC} - I_{C1}R_4 + V_{BE1} - I_{R6}R_6$
 $\Rightarrow V_{CE1} = 9,979 \text{ V}$
- $V_{CC} - V_{EE} = V_{CE6} + 2V_D + V_{CE4} + R_7 \cdot I_{C4}$
 $\Rightarrow V_{CE6} = 9,41 \text{ V}$
- $V_{CC} - V_{EE} = V_{CE6} + 2V_D - V_{EB7} + V_{CE7} \Rightarrow V_{CE7} = 20 - 1,2 - 9,41 + 0,6$
 $\Rightarrow V_{CE7} = 9,99 \text{ V}$
- $V_{CC} - V_{EE} = V_{CE5} + V_{EB7} + V_{CE4} + R_7 \cdot I_{C4} \Rightarrow V_{CE5} = 10,016 \text{ V}$

$$P_D = I_C \cdot V_{CE}$$

- $P_{D1} = I_{C1} \cdot V_{CE1} \Rightarrow P_{D1} = 8,981 \text{ mW}$
- $P_{D2} = I_{C2} \cdot V_{CE2} \Rightarrow P_{D2} = 9,014 \text{ mW}$
- $P_{D3} = I_{C3} \cdot V_{CE3} \Rightarrow P_{D3} = P_{D4} = 15,82 \text{ mW}$
- $P_{D5} = I_{C5} \cdot V_{CE5} \Rightarrow P_{D5} = 12,92 \text{ mW}$
- $P_{D6} = I_{C6} \cdot V_{CE6} \Rightarrow P_{D6} = 16,938 \text{ mW}$
- $P_{D7} = I_{C7} \cdot V_{CE7} \Rightarrow P_{D7} = 12,887 \text{ mW}$

$$Q_1 \begin{cases} I_{C1} = 0,9 \text{ mA} \\ V_{CE1} = 9,979 \text{ V} \\ P_{D1} = 8,981 \text{ mW} \end{cases}$$

$$Q_2 \begin{cases} I_{C2} = 0,9 \text{ mA} \\ V_{CE2} = 10,019 \text{ V} \\ P_{D2} = 9,014 \text{ mW} \end{cases}$$

$$Q_3 \begin{cases} I_{C3} = 1,8 \text{ mA} \\ V_{CE3} = 8,49 \text{ V} \\ P_{D3} = 15,82 \text{ mW} \end{cases}$$

$$Q_6 \begin{cases} I_{C6} = 1,8 \text{ mA} \\ V_{CE6} = 9,14 \text{ V} \\ P_{D6} = 16,938 \text{ mW} \end{cases}$$

$$Q_4 \begin{cases} I_{C4} = 1,8 \text{ mA} \\ V_{CE4} = 8,49 \text{ V} \\ P_{D4} = 15,82 \text{ mW} \end{cases}$$

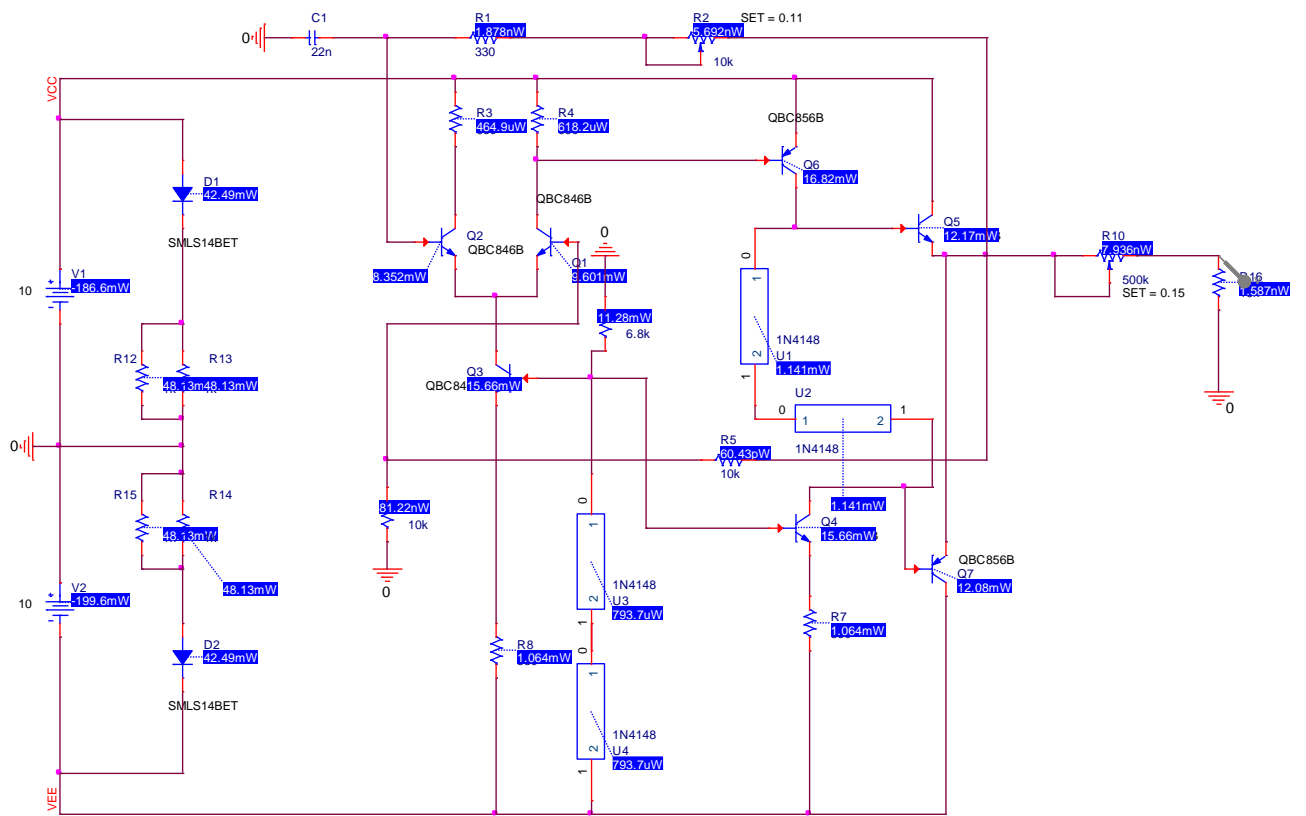
$$Q_7 \begin{cases} I_{C7} = 1,28 \text{ mA} \\ V_{CE7} = 9,99 \text{ V} \\ P_{D7} = 12,887 \text{ mW} \end{cases}$$

$$Q_5 \begin{cases} I_{C5} = 1,29 \text{ mA} \\ V_{CE5} = 10,016 \text{ V} \\ P_{D5} = 12,92 \text{ mW} \end{cases}$$

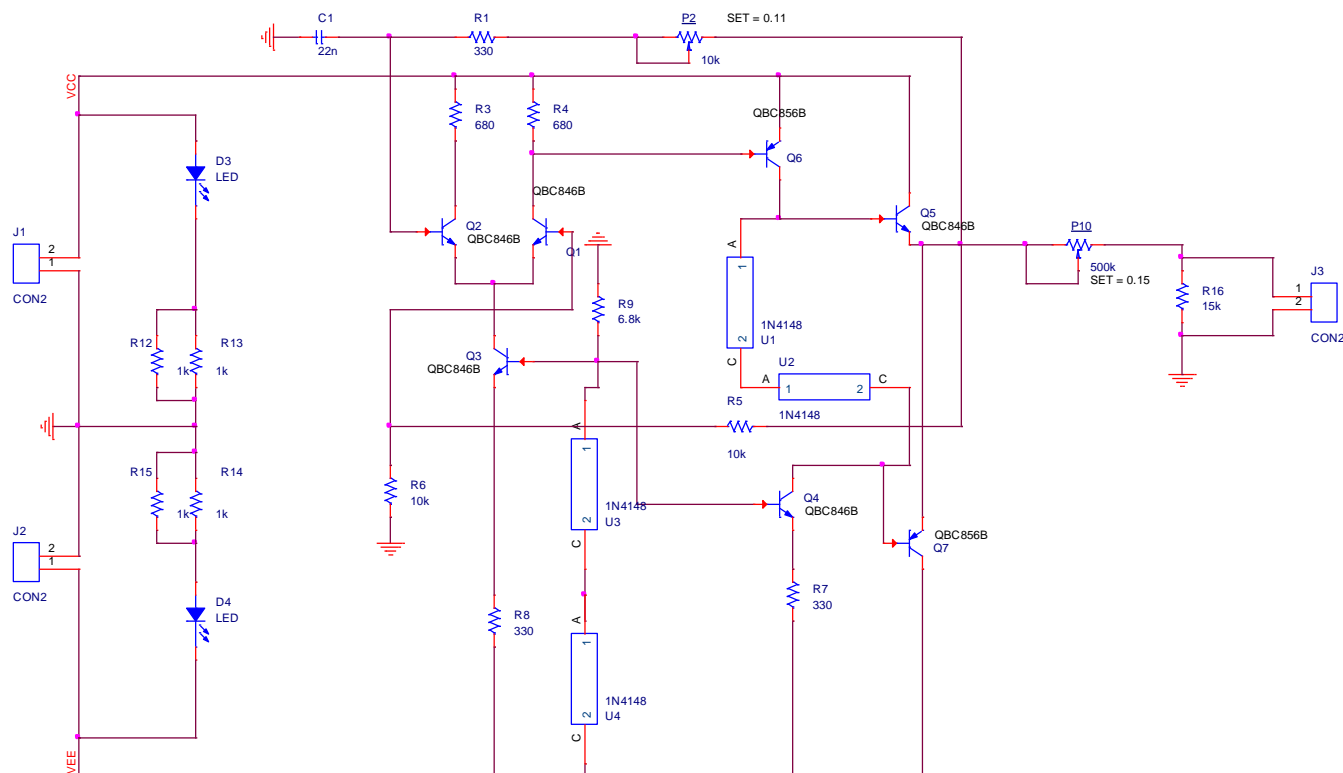
$$D_1, D_2 \begin{cases} I_{D1} = I_{D2} = 1,48 \text{ mA} \\ V_{D1} = V_{D2} = 0,6 \text{ V} \\ P_{D1} = P_{D2} = 1,07 \text{ mW} \end{cases}$$

$$I_{D1,2} = I_{C6} - I_{B5} = 1,48 \text{ mA}$$

- $P_{R1} = R_1 \cdot I_{B1}^2 = 2,142 \text{ mW}$
- $P_{R2} = R_2 \cdot I_{B1}^2 = 10,62 \text{ mW}$
- $P_{R3} = R_3 \cdot I_{C2}^2 = 550,8 \mu\text{W}$
- $P_{R4} = R_4 \cdot I_{C1}^2 = 550,8 \mu\text{W}$
- $P_{R5} = R_5 \cdot I_{R5}^2 = 166,41 \text{ pW}$
- $P_{R6} = R_6 \cdot I_{R6}^2 = 94,90 \text{ mW}$
- $P_{R7} = R_7 \cdot I_{C4}^2 = 1069 \text{ mW}$
- $P_{R8} = R_8 \cdot I_{C3}^2 = 1069 \text{ mW}$
- $P_{R9} = R_9 \cdot I_{R9}^2 = 11,31 \text{ mW}$
- $P_{R10} = R_{10} \cdot I_{R10}^2 = 12,49 \text{ mW}$



7.Schema cu conectori



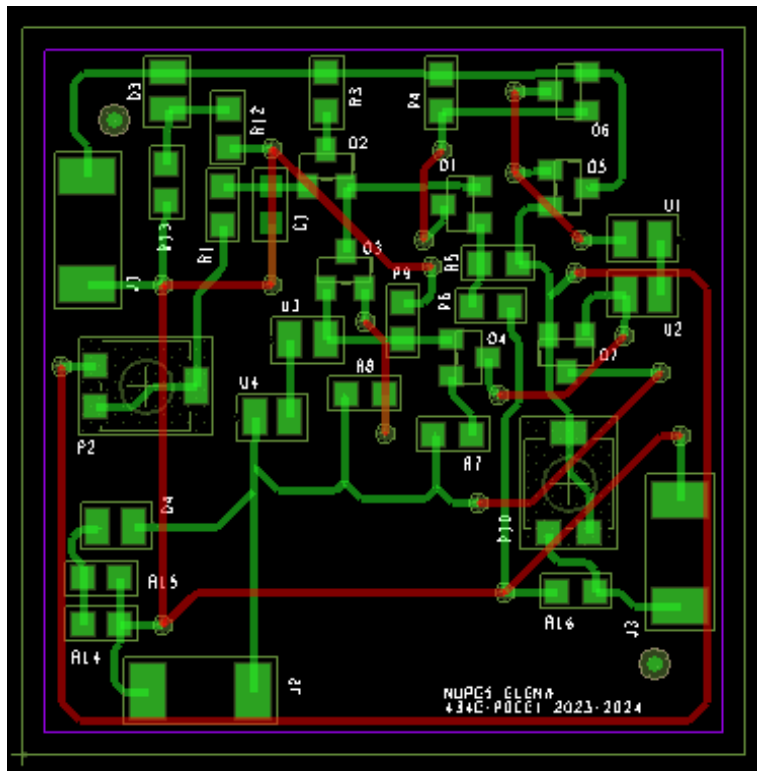
Componentelor schemei initiale le-am atribuit urmatoarele footprint-uri: pentru condensator SMC0805, pentru diode SMD0805, pentru potentiometru TS53YL, pentru tranzistoare TO236AB iar pentru rezistoare SMR0805. La alimentare si la iesire am pus conectori cu footprint-ul: SMR2512.

Proiectul PCB va fi realizat folosind straturile electrice TOP și BOTTOM, plasând toate componentele pe stratul TOP. Placa va fi una pătrată cu dimensiunile de 40X40 mm.

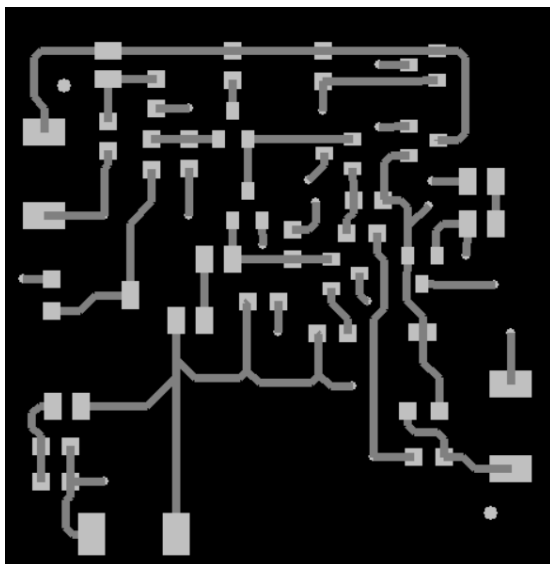
Bill of Materials

1	1	C1	22n	
2	2	D3,D4	LED	
3	3	J1,J2,J3	CON2	
4	3	P2,R5,R6	10k	
5	1	P10	500k	
6	5	Q1,Q2,Q3,Q4,Q5	QBC846B	
7	2	Q6,Q7	QBC856B	
8	3	R1,R7,R8	330	
9	2	R3,R4	680	
10	1	R9	6.8k	
11	4	R12,R13,R14,R15	1k	
12	1	R16	15k	
13	4	U1,U2,U3,U4	1N4148	

8. Layout



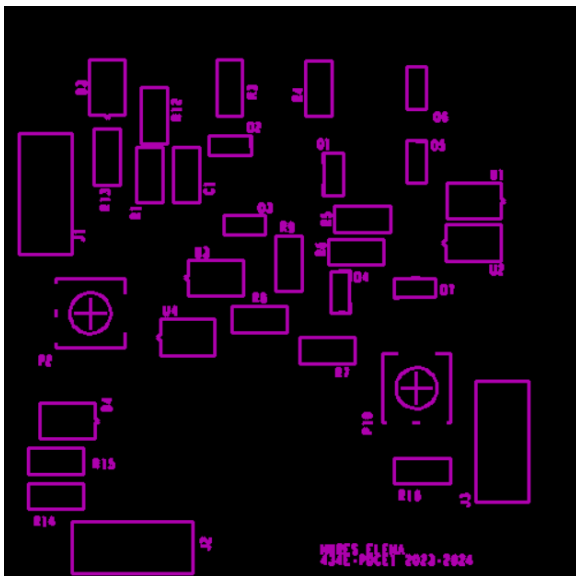
TOP



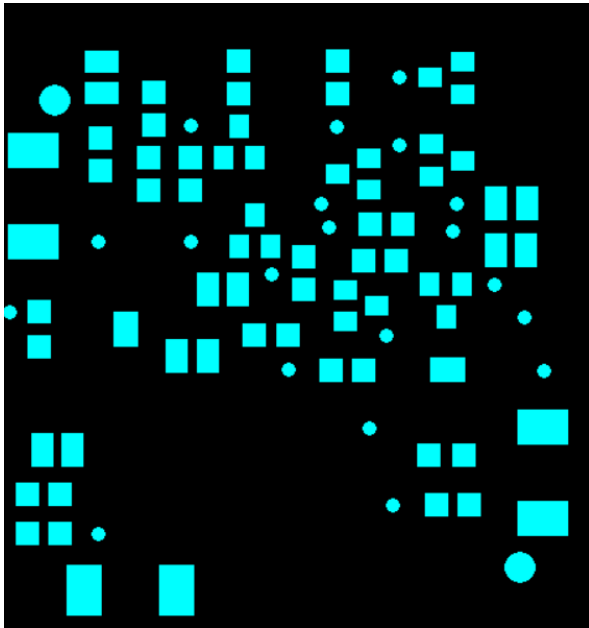
BOTTOM



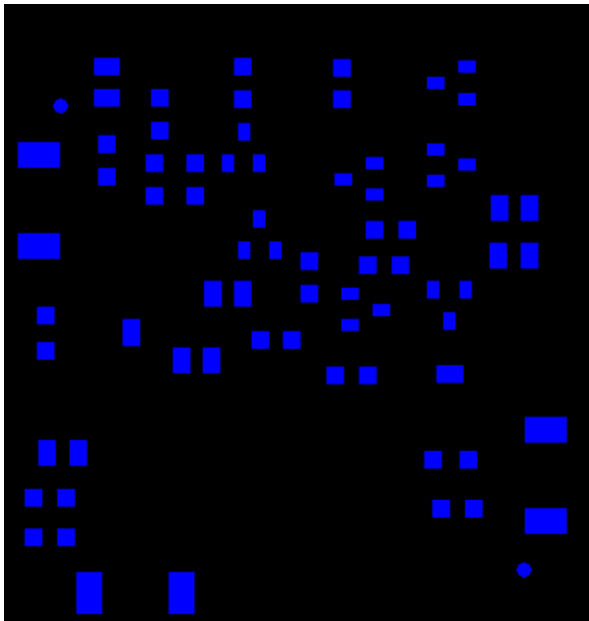
SSTOP



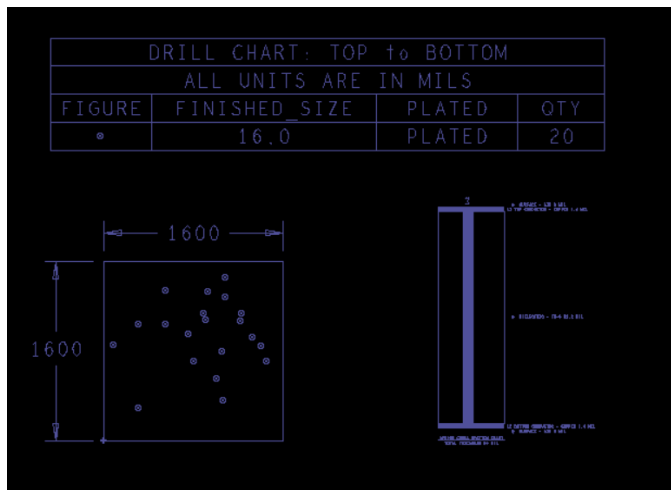
SMTOP+SMBOT



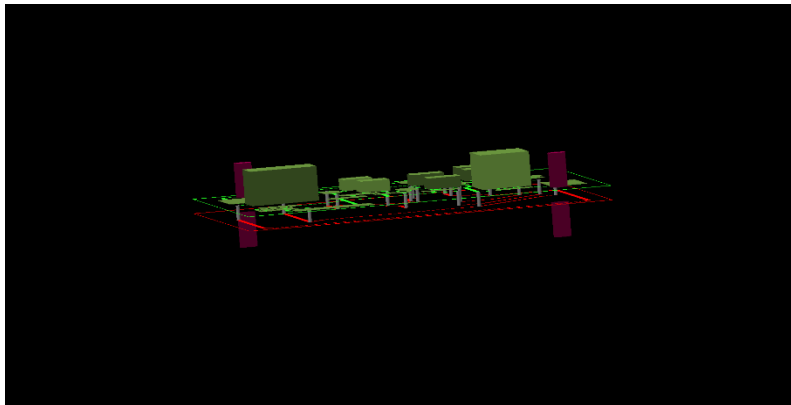
SPTOP



FAB+BO



DESIGN 3D



9.INSTRUCTIUNI DE UTILIZARE

Pentru a realiza un generator de semnal dreptunghiular am folosit un Oscilator de relaxare a cărui funcționare se bazează pe încărcarea și descărcarea unui condensator. Astfel la ieșire apare o tensiune de formă dreptunghiulară.

Pentru a modifica tensiunea la iesire se roteste potentiometrul:
Pentru o tensiune $V_{OUT}=3V \Rightarrow 500k\Omega \Rightarrow SET=85/500=0,15$ iar $V_O=0 \Rightarrow$ valoare maxima $500k\Omega \Rightarrow SET=1$.

Funcționalitatea circuitului a fost testată de asemenea în temperatură, între -20 și 120 de grade.

