

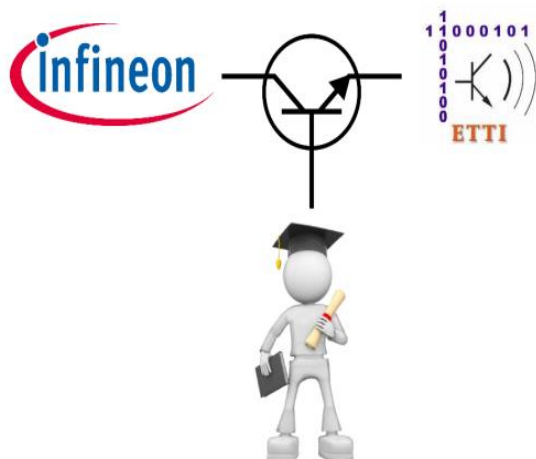


Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București  
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației  
Anul universitar 2023-2024

Proiect 1

Proiectarea și realizarea unui generator de joasa frecventa

**N = 3**



Coordonator științific:  
Prof.dr.ing. Dragoș Dobrescu

Oncioiu Andrei  
grupa 431B

1.	INTRODUCERE.....	3
2.	CERINȚE DE PROIECTARE.....	4
2.1.	Descrierea temei .....	4
3.	PROIECTARE.....	4
3.1.	Schema bloc.....	5
3.2.	Schema electrică .....	6
3.3.	Dimensionarea componentelor.....	8
3.4.	Demonstrație funcționare sigură a tranzistoarelor.....	9
3.5.	Raport de postprocesare „Bill of materials”(BOM).....	12
4.	SIMULARE.....	13
4.1.	Forme de undă.....	13
4.2.	Puncte statice de funcționare.....	18
5.	ASAMBLARE.....	19
5.1.	Plan de plantare perfo-board.....	19
5.2.	Mod de realizare.....	20
6.	MANUAL DE UTILIZARE.....	21
7.	Avantaje si dezavantaje.....	21
8.	BIBLIOGRAFIE.....	22

## INTRODUCERE

Un generator de semnal de joasă frecvență este un dispozitiv electronic proiectat pentru a produce unde sau semnale cu frecvențe situate în gama joasă a spectrului electromagnetic. Aceste semnale de joasă frecvență (LF) sunt adesea utilizate în diverse aplicații, cum ar fi în testarea echipamentelor electronice, în cercetare științifică, în comunicații și în diverse aplicații industriale. Caracteristicile cheie ale unui generator de semnal de joasă frecvență includ precizia frecvenței, stabilitatea, nivelul de ieșire reglabil și capacitatea de a genera semnale cu distorsiuni reduse.

Aceste dispozitive sunt esențiale pentru dezvoltarea și mentenanța echipamentelor electronice moderne, contribuind semnificativ la progresul tehnologic în diverse industrii.

### Caracteristici cheie:

- **Gama de Frecvențe:** Generatorul de semnal de joasă frecvență acoperă o gamă specifică a spectrului electromagnetic, în general între 30 Hz și 300 kHz. Această gamă poate varia în funcție de model și de aplicație.
- **Forme de Undă:** Generatorul poate produce o varietate de forme de undă, inclusiv sinusoidale, triunghiulare, pătratice sau unde de impuls. Această flexibilitate este esențială pentru diferitele tipuri de teste și măsurători.
- **Precizie și Stabilitate:** Un generator de calitate oferă precizie în generarea frecvențelor dorite și stabilitate în timp. Aceste caracteristici sunt cruciale pentru asigurarea măsurătorilor exacte și reproducibile.
- **Nivel de Ieșire Reglabil:** Posibilitatea de a regla nivelul de ieșire este importantă pentru a se potrivi cu cerințele specifice ale dispozitivelor sau circuitelor testate.
- **Distorsiuni Reduse:** Generatoarele de semnal de joasă frecvență sunt proiectate pentru a minimiza distorsiunile în semnalele produse, asigurând astfel calitatea măsurătorilor.

## CERINȚE DE PROIECTARE

### Descrierea temei

Să se proiecteze (în semestrul 1) și să se realizeze practic (în semestrul 2) un generator de semnal de joasă frecvență având următoarele caracteristici:

- Tensiunea de alimentare: 12 [V]
- Impedanța de sarcina pur rezistivă având valoarea 600 [ $\Omega$ ]

- Forma de undă: dreptunghiulară, triunghiulară și sinusoidală;
  - Frecvență reglabilă:  $f_{min} = 150 \text{ [Hz]}$ ;  $f_{max} = 8 \text{ [kHz]}$ ;
  - Amplitudinea semnalului reglabilă  $10 \text{ mV} - 3 \text{ V}$  ;
  - Se va utiliza minimum o sursă de curent constant pentru polarizarea tranzistoarelor ce amplifică
  -
- Circuitul va fi proiectat și realizat sub forma unui modul electronic a cărui structură de interconectare va fi concepută în **tehnologie THT și perfo-board**.

## PROIECTARE

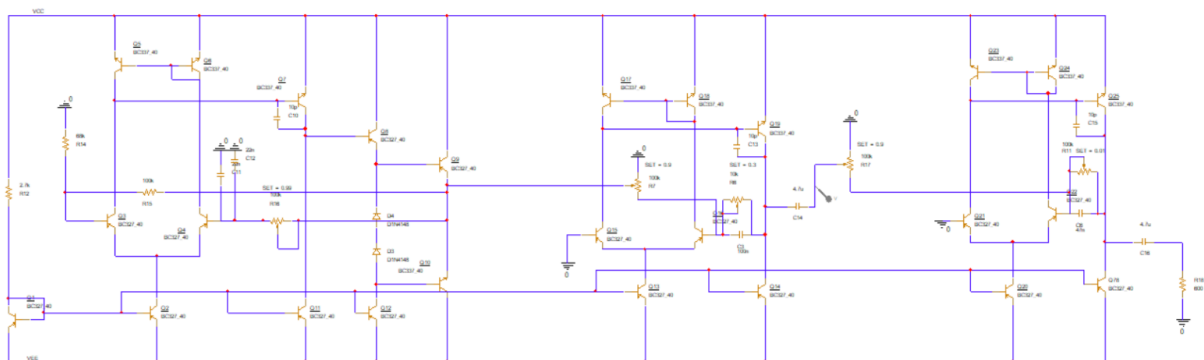
### Schema bloc



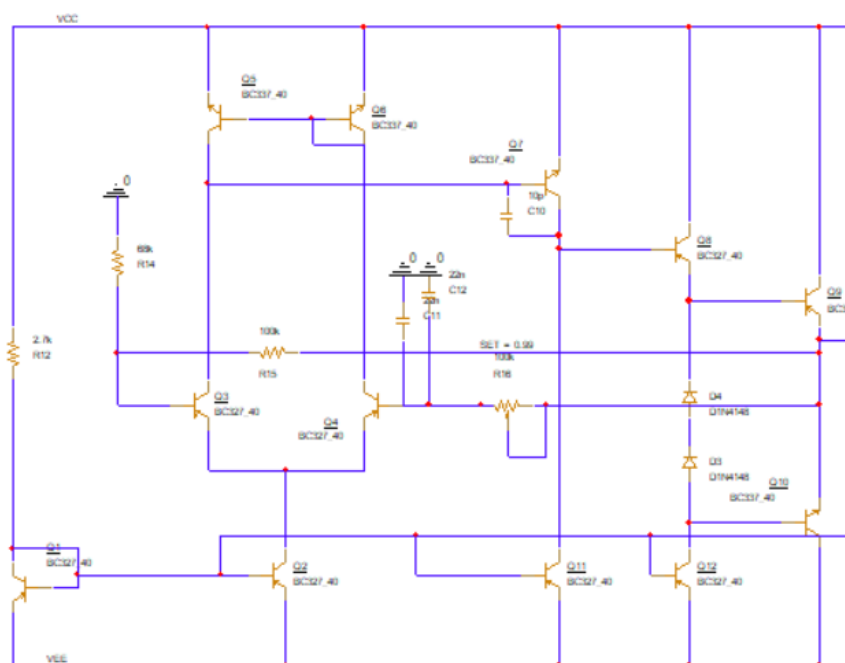
**Figura 3:** Schema bloc a circuitului

- Sursă de alimentare de  $12\text{V}$  împartită în  $V_{CC}/V_{EE} \pm 6\text{V}$
- Schema compusă din 3 blocuri pentru semnalul :dreptunghiular, sinusoidal și triunghiular

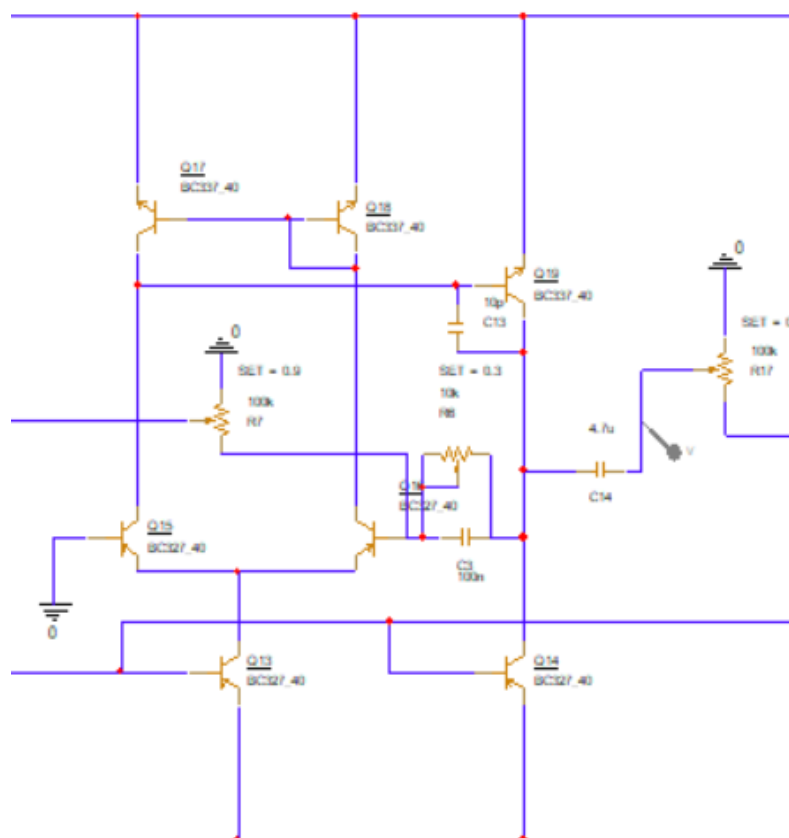
## Schema electrică



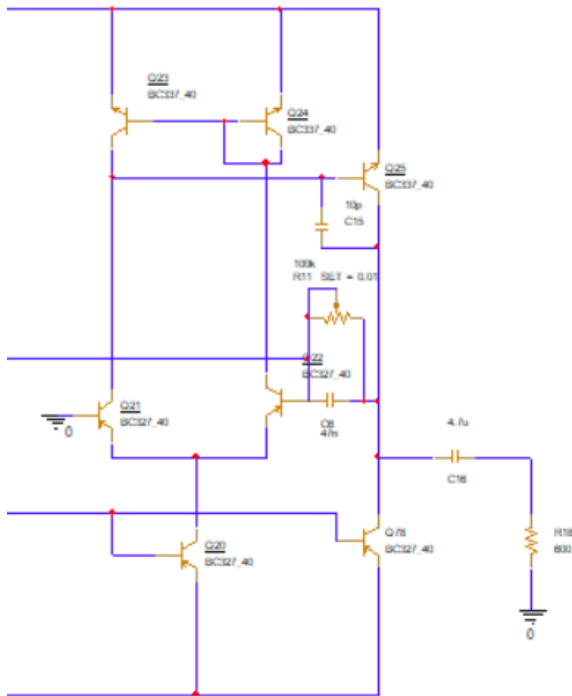
**Figura 4:** Schema electrică a circuitului



**Figura 5:** Schema blocului pentru semnalul dreptunghiular



**Figura 6:** Schema blocului pentru semnalul triunghiular



**Figura 7:** Schema blocului pentru semnalul sinusoidal

#### Dimensionarea componentelor

Componentele ce alcătuiesc generatorul de joasa freceventa au fost alese conform **Anexei b1**, ținând cont de obținerea datelor cerute .

Toate componentele circuitului au fost alese **iterativ**, ținând cont de componentele disponibile din

**Anexa b1.**



## Demonstrație funcționare sigură a tranzistoarelor

$I_1 R_{12} = V_{CC} + V_{CE} + V_{BE}$  Considerăm  $V_{BE} = 0,6$   
 $I_1 = \frac{V_{CC} + V_{CE}}{R_{12}} = \frac{12 + 4}{2,7} = 4,22 \text{ mA}$  bloc adaptiv  
 $V_{CE} + I_1 R_1 = 12$   
 $V_{CE} = 12 - 4,22 \cdot 1,4 = 9,6 \text{ V RAN} \geq V_{BE}$   
 $Q_1$  în oglindă cu  $Q_2, Q_{11}, Q_{12}, Q_{13}, Q_{14}, Q_{20}$  alina  
 tand amplificatoarelor diferențiale, raport 1:1  $\Rightarrow V_{CE1} = V_{CE2}$   
 $= V_{CE11} = \dots = 9,6$ , tranzistoare identice / RAN  
 $Q_5, Q_6$  oglindă RAN  
 $V_{CE2} + V_{CE3} + V_{BE6} = 12$   
 $9,6 + x + 0,6 = 12$   
 $V_{CE4} = 12 - 1,2 = 10,8 \text{ V}$   
 $V_{CE2} + V_{CE3} + V_{BE7} = 12$   
 $V_{CE3} = 10,8 \text{ V RAN}$   
 $V_{CE5} = V_{CE6} \Rightarrow V_{CE2} + V_{CE3} + V_{CE5} = 12$   
 $V_{CE5} = \frac{12}{3} = 4 \text{ V} \geq \frac{0,6 \text{ V}}{V_{BE}}$  RAN  
 $Q_7: V_{CE7} + V_{CE11} = 12$   
 $V_{CE7} = 11,4 \text{ V RAN}$   
 $Q_8: V_{CE12} + V_{CE8} = 12 \Rightarrow V_{CE8} = 11,4 \text{ V RAN}$

$Q_{10}: \dots$   
 $Q_{11}: 12 = V_{CE11} + V_{BE7}$   
 $V_{CE11} = 11,4 \text{ V}$   
 $V_{CE7} = 12 - V_{CE11} = 0,6 \text{ V}$   
 $I_2 = V_{BE12} + V_{BE10} + V_{CE9}$   
 $V_{CE9} = 12 - 1,2 = 10,8 \text{ V}$   
 $V_{CE10} + 9,6 + 0,6 + V_{CE7} = 12$   
 $V_{CE10} = 12 - 1,8 = 10,2 \text{ V RAN}$   
 $V_{CE10} + V_{CE16} + V_{CE9} = 12$   
 $V_{CE9} = 1,2 \text{ V}$

**Figura 8:** Punctul static de funcționare pentru semnalul dreptunghiular + demonstrarea funcționării sigure

I Semnal  $\Delta$  ~ : Intrin.  $V_{BE} = 0,6$

$Q_{13}, Q_{14}$  oglindă cu  $Q_1 \Rightarrow V_{BE} = 0,6V$

$Q_{16}: V_{EC13} + V_{EC16} + 0,6 = 12$   
 $V_{EC16} = 10,8V$

$Q_{18}$  oglindă cu  $Q_{17}$

$Q_{17}: V_{EC13} + V_{EC16} + V_{CE18} = 12$   
 $V_{CE18} = 0,6V$   
 $V_{CE17} = 0,6V \text{ PAV} \geq V_{BE}$

$Q_{15} = Q_{16} \Rightarrow 10,4V = V_{EC15} \text{ PAV}$

$Q_{14}: V_{EC14} + V_{CE18} = 12$   
 $V_{CE18} = 11,4V \text{ PAV}$

**Figura 9:** Punctul static de funcționare pentru semnal triunghiular + demonstrarea funcționării sigure

$Q_{14}: V_{EC14} + V_{CE19} = 12$   
 $V_{CE19} = 11,4 \text{ V RAN}$

---

Semnal  $\sim \sin$   
 $Q_{20} \equiv Q_{11}$   
 $Q_{22}: V_{EC22} + V_{CE20} + Q_{16} = 12$   
 $V_{EC22} = 10,8 \text{ V}$   
 $V_{CE24} + 19,8 + 9,6 = 9,6 \text{ V}$   
 $V_{EC21} + 9,6 + 9,6 = 12$   
 $V_{EC21} = 19,4 \text{ V BE RAN}$   
 $V_{CE25} + 9,6 = 12 \Rightarrow V_{CE} = 11,4 \text{ V RAN}$

**Figura 10:** Punctul static de funcționare pentru semnal sinusoidal + demonstrarea funcționării sigure

Nr. Crt.	Referința componenta în schema	Nume	Catalog	Cod distrib	Nume prod	Prod	Clasă	Distribuitor	Qty fix
1	R1	2.7k	<a href="#">(LINK)</a>	THT; 2.7kΩ; 0.25W; ±5%	CF1/4W-2K7	SR PASSIVES	rezistor	TME România	1
2	R2	68k	<a href="#">(LINK)</a>	THT; 68kΩ; 0.25W; ±5%	CF1/4W-68K	SR PASSIVES	rezistor	TME România	1
3	R3	100k	<a href="#">(LINK)</a>	THT; 100kΩ; 0.25W; ±5%	CF1/4W-100K	SR PASSIVES	rezistor	TME România	1
4	R18	51	<a href="#">(LINK)</a>	THT; 51Ω; 0.25W; ±5%	CFRW4J0510A50	ROYAL OHM	rezistor	TME România	1
5	R19	330	<a href="#">(LINK)</a>	THT; 330Ω; 0.25W; ±5%	CF1/4W-330R	SR PASSIVES	rezistor	TME România	1
6	R20	220	<a href="#">(LINK)</a>	THT; 220Ω; 0.25W; ±5%	CF1/4W-220R	SR PASSIVES	rezistor	TME România	1
7	C10,C13,C15	10pF	<a href="#">(LINK)</a>	CCK-10P	CCK-10P	SR PASSIVES	condensator	TME România	3
8	C11,C12	22nF	<a href="#">(LINK)</a>	CCK-22N	CCK-22N	SR PASSIVES	condensator	TME România	2
9	C3	100nF	<a href="#">(LINK)</a>	CCK-100N	CCK-100N	SR PASSIVES	condensator	TME România	1
10	C14,C16	4.7uF	<a href="#">(LINK)</a>	SS050M4R70-0407	SS050M4R70B1F-0407	YAGEO	condensator	TME România	2
11	C6	47nF	<a href="#">(LINK)</a>	CCK-47N	CCK-47N	SR PASSIVES	condensator	TME România	1
12	D3,D4	4148	<a href="#">(LINK)</a>	1N4148-TAP	1N4148-TAP	VISHAY	diodă pn	TME România	2
13	Q5,Q6,Q17,Q18,Q19,Q7,Q23,Q24,Q25,Q10	NPN	<a href="#">(LINK)</a>	BC337-40-DIO	BC337-40	DIOTEC SEMICONDUCTOR	tranzistor bipolar	TME România	10
14	Q1,Q2,Q3,Q4,Q11,Q12,Q8,Q9,Q13,Q15,Q16	PNP	<a href="#">(LINK)</a>	BC327-40-DIO	BC327-40	DIOTEC SEMICONDUCTOR	tranzistor bipolar	TME România	16
15	R6	10k	<a href="#">(LINK)</a>	T75R-10K	T75R-10K	SR PASSIVES	potențiometru	TME România	1
16	R16,R17,R7,R11	100k	<a href="#">(LINK)</a>	T75R-100K	T75R-100K	SR PASSIVES	potențiometru	TME România	4

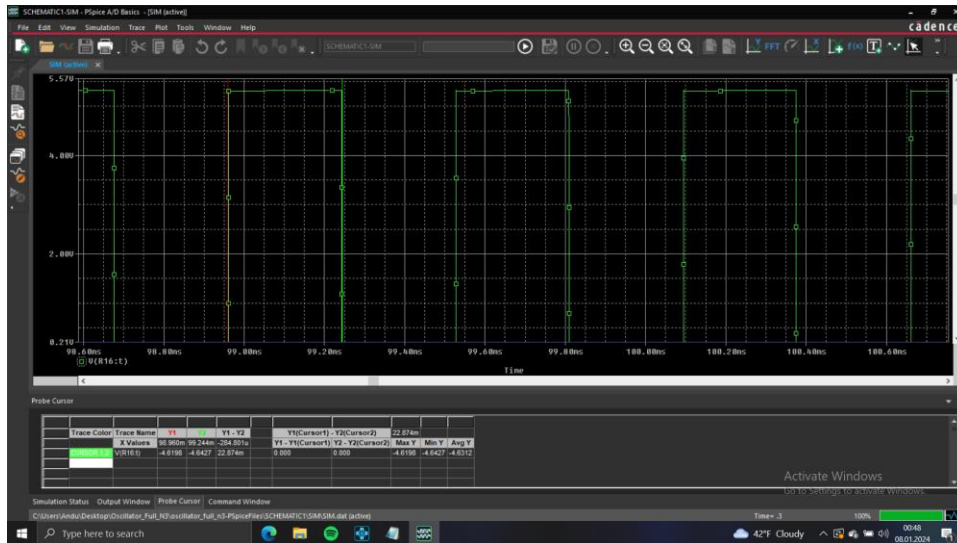
**Figura 9:** Tabelul ilustrând raportul de postprocesare (BOM)



## SIMULARE

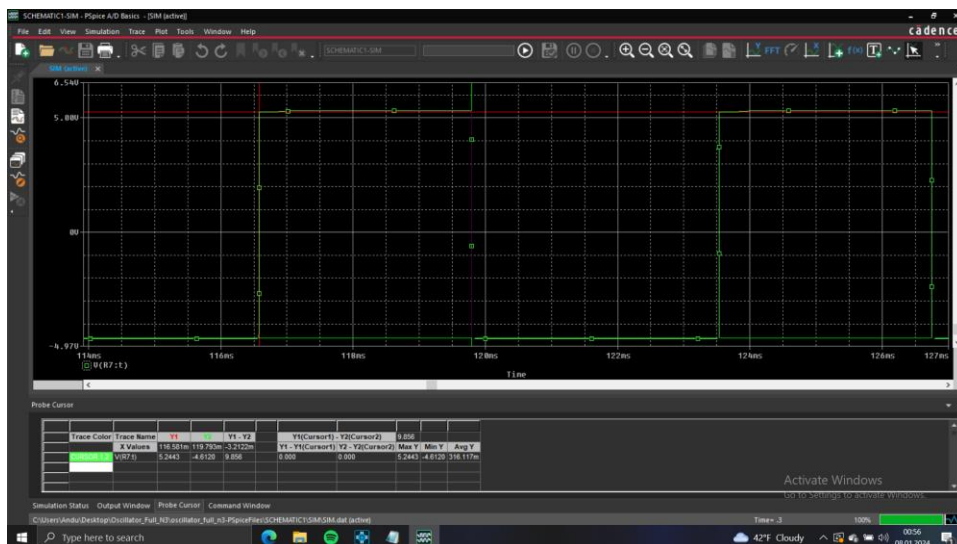
La 8kHz

R16 set 0.035 ; R7 set 0.9;



La aprox 150Hz

R16 set 0.99 R7 set 0.99





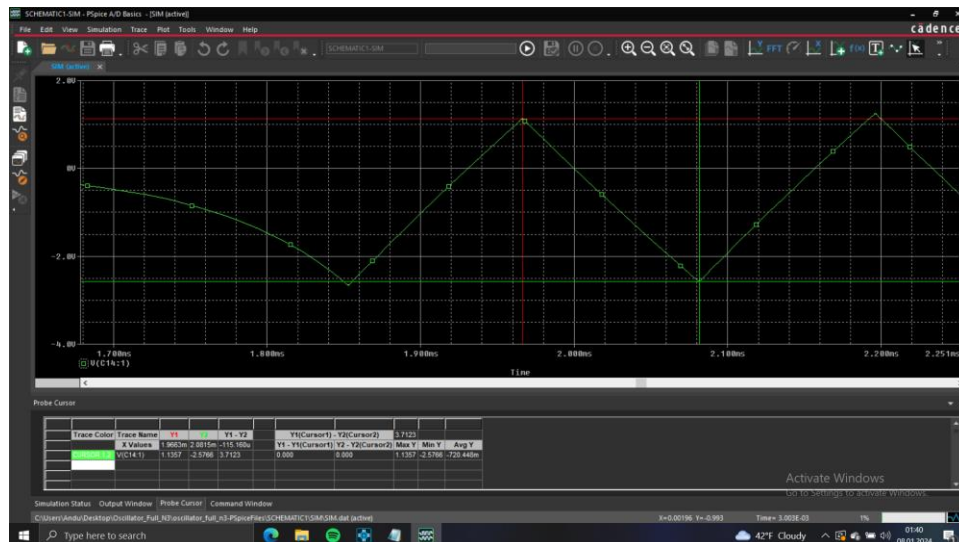
## Semnalul triunghiular :

La 8kHz :

20mV R7 0.001 R6 0.94 R17 0.9



3V R7 0.985 R6 0.01 R17 0.01



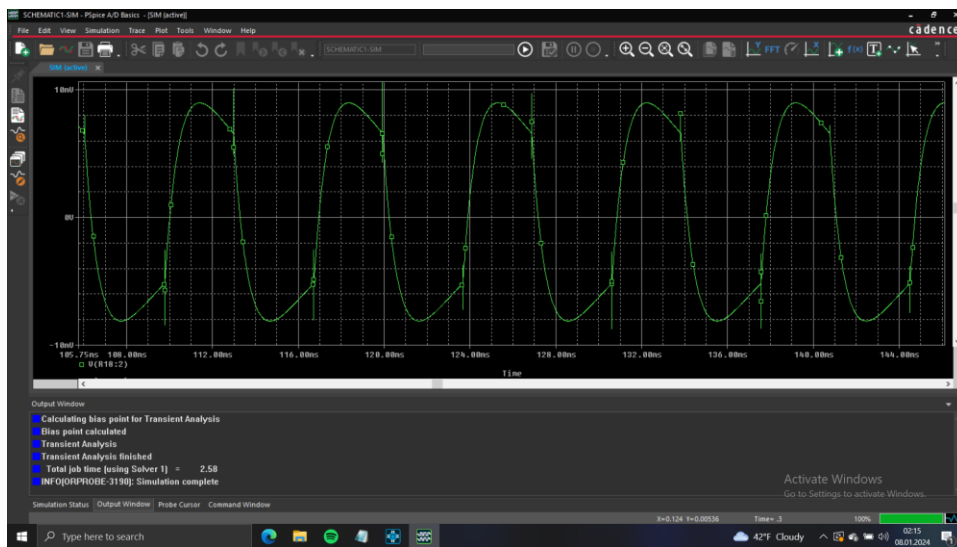
150Hz :

3V R17 0.06 R11 0.9





R6 0.2 R17 0.6 R11 0.001



La 8kHz

10 mV

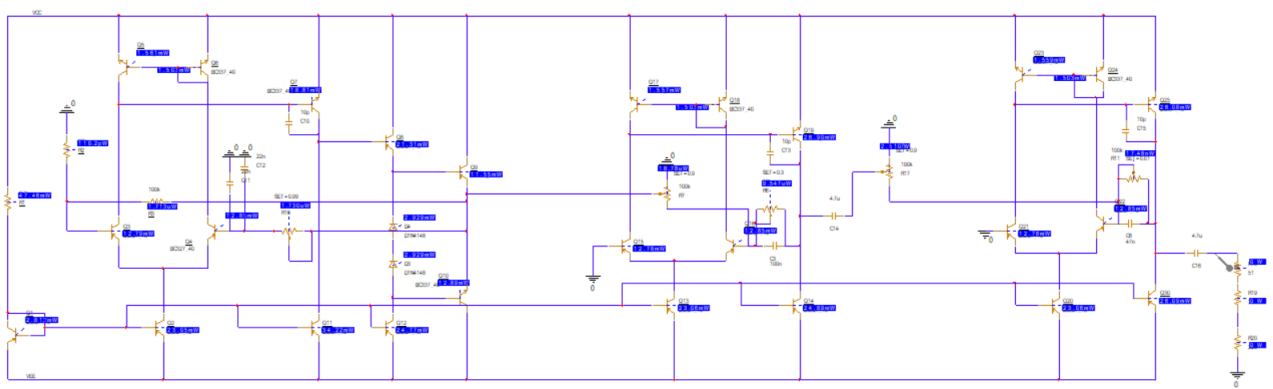
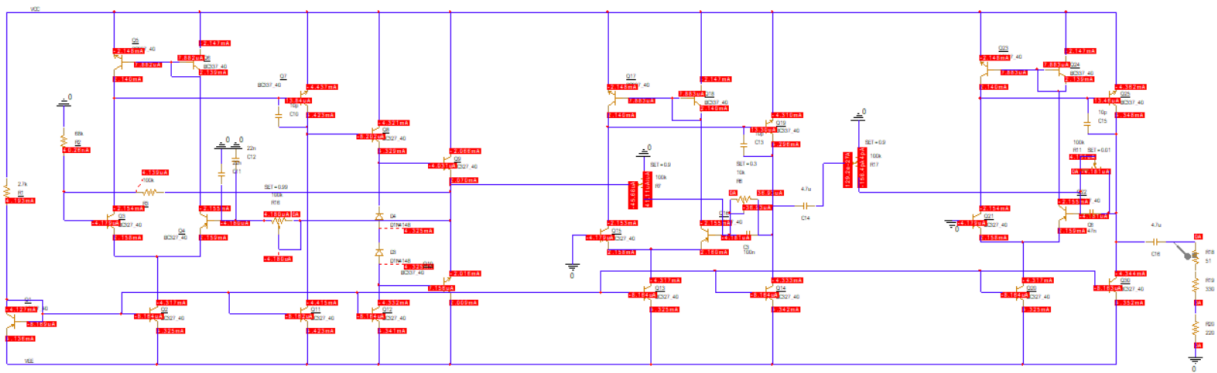
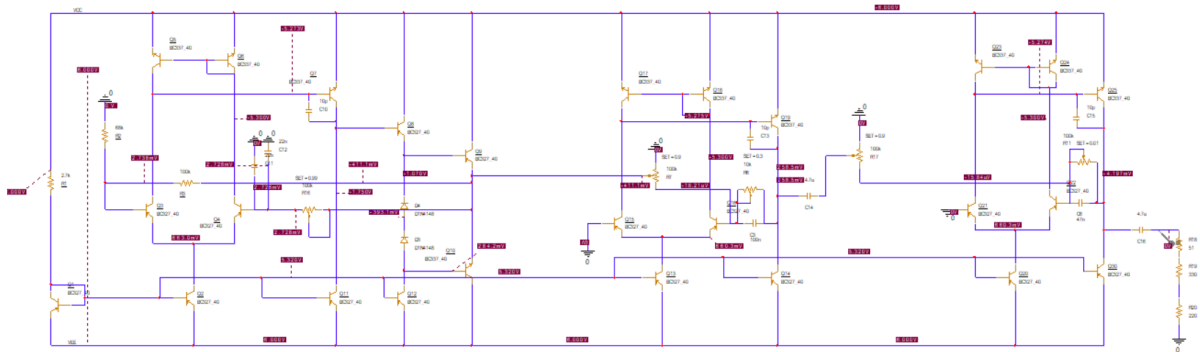
R6 0.1 R17 0.7 R11 0.5





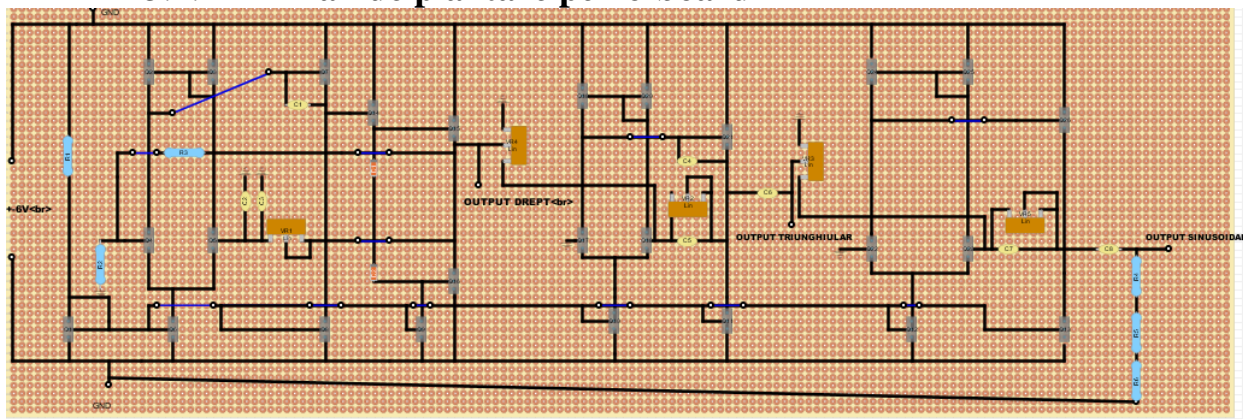
3V

## Puncte statice de funcționare



## ASAMBLARE

### 5.1. Plan de plantare perfo-board



**Figura 19:** Planul de plantare al componentelor realizat în aplicația **DIY Layout Creator**

Planul de plantare a fost realizat în aplicația **DIY Layout Creator** (DIYLC pe scurt), un instrument de desen gratuit dezvoltat cu ajutorul unei mari comunități online de pasionați de electronice DIY.

Plantarea componentelor în aplicație s-a făcut ținând cont de valoarea și tipul acestora (de exemplu, pentru condensatoarele electrolitice s-a ținut cont de polarizarea acestora).

Intrarea este marcată „IN”, iar ieșirea „OUTPUT”.

## Mod de realizare

În asamblarea convențională THT, componentele cu fir sau prin inserție (denumite și componente THT) sunt plasate în găuri perforate în PCB-uri, care sunt apoi fixate pe plăcuțele de contact folosind diferite tehnici de lipire. Aceste componente diferă de componentele montate pe suprafață (SMT) deoarece au fire care le conectează "prin" găurile din plăci, mai degrabă decât așezându-le pe pastă de lipit de pe suprafața unui PCB.

Chiar dacă metodele de asamblare SMT au înlocuit în mare parte procesul de asamblare convențional mai scump, ce necesită o muncă mai intensă, există încă multe utilizări pentru THT în piața de producție de electronice din ziua de azi. Există încă multe cazuri și tipuri de componente pentru care se utilizează asamblarea THT, inclusiv electronice de înaltă performanță (cum ar fi rezistoare sau relee de înaltă tensiune), componente cu solicitări mecanice ridicate (conectori, întrerupătoare) și componente mari (de exemplu condensatoare, inductoare)

După ce componentele THT sunt așezate manual pe plăci, există în general trei tehnici diferite de lipire care sunt utilizate:

### *Lipirea în Val*

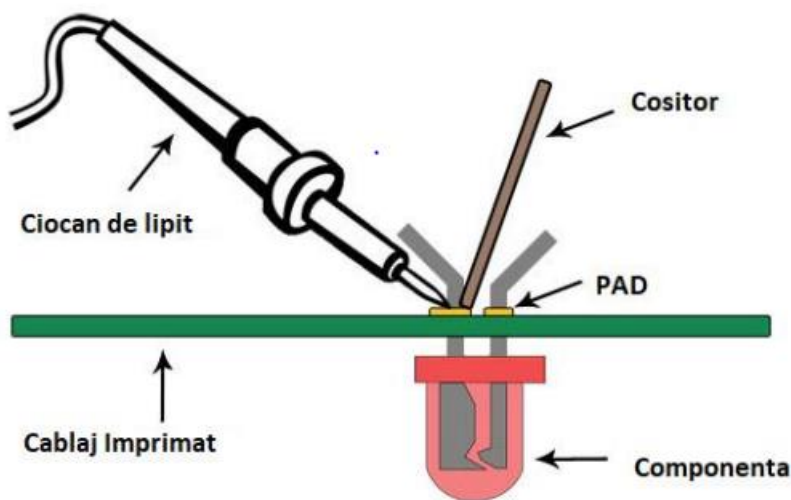
Cu lipirea în val, componentele sunt lipite pe plăci în trei etape. Mai întâi, fluxul de spumă este aplicat uniform pe partea inferioară a PCB-ului, astfel încât este acoperit în întregime. Apoi, materialul de flux este activat cu o unitate preîncălzită și încălzit până la temperatura de lipire. În procesul de lipire convențional, plăcile sunt apoi deplasate printr-un val de lipit turbulent. Aliajul de lipire se atașează la pinii componentelor din orificiile de contact. După o perioadă de răcire, aliajul se întărește și fixează permanent componenta pe placă. În timpul etapei finale, plăcile sunt răcite și deplasate într-o baie de spălare, unde materialul de flux rămas este curățat.

### *Lipirea Manuală*

Ori de câte ori lipirea în val nu este posibilă (de exemplu, dacă componentele SMT trebuie de asemenea asamblate pe aceeași parte a plăcii), se utilizează asamblarea manuală. Asamblarea manuală este realizată de tehnicienii cu o mare experiență, care sunt instruiți folosind standardele MIL.

### *Lipirea Selectivă*

Pentru comenzile de producție în serie, lipirea selectivă permite componentelor THT să fie plasate pe plăci care altfel nu ar fi eligibile pentru lipirea în val, deoarece componentele SMT trebuie, de asemenea, asamblate. În astfel de cazuri, recurgem la procese de lipire selectivă, parțial sau total automatizate, atunci când trebuie aplicată o cantitate predeterminată de cositor sau dacă o anumită zonă a plăcii trebuie să fie păstrată fără material de flux. Aceste tipuri de cerințe de producție sunt tipice pentru clienții din industria auto.



**Figura 21:** Lipirea componentelor THT

## MANUAL DE UTILIZARE

Generatorul de joasa frecventa a fost proiectat pentru a funcționa în regim optim la tensiunea de alimentare unipolară de 12V

- Se conectează toate bornele „-” la masă (GND)
- Se alimentează circuitul la 12V
- Tensiunea de intrare se conectează la borna IN a circuitului
- Iesirile de pe perfo-broad semnalate se conecteaza la oscilator
- A se manevra cu grijă plăcuța, ținându-se de marginile acesteia
- A se feri de umezeală, îngheț, expunerea îndelungată la razele soarelui
- Temperatură ambientală recomandată: 25°C
- A nu se lăsa la îndemâna copiilor

## Avantaje si dezavantaje

→ **Aplicații** ale generatorului de joasa frecventa :

- Acest circuit poate fi folosit pentru modificarea frecventelor si amplitudinilor pentru diverse aplicatii
- 

→ **Limitări** ale generatorului de joasa frecventa :

- Acest circuit este simulat în software și poate necesita unele modificări practice.

→ **Avantajele** circuitului de control al tonului audio:

- Circuitul folosește puține componente și este rentabil
- Circuitul este portabil
- Circuitul permite reglarea frecvenței după dorința

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Note de curs. Circuite integrate analog, Prof. dr.ing. Cosmin Popa ,2023
- [2] *Note de curs*, Circuite electronice fundamentale, *Prof. dr. ing. Dragoş Dobrescu*, 2022- 2023
- [3] **Anexa b1**, Proiect 1 2023-2024
- [4] [RESURSE CAD – Google Drive](#)
- [5] <https://learnabout-electronics.org/Amplifiers/amplifiers42.php>
- [6] <https://sound-au.com/dwopa2.htm>
- [7] [Amplificatoare clasa A, B, AB, C si D \(creeaza.com\)](#)
- [8] [What Is a Low Pass Filter? A Tutorial on the Basics of Passive RC Filters - Technical Articles \(allaboutcircuits.com\)](#)
- [9] [Operational amplifier - Wikipedia](#)