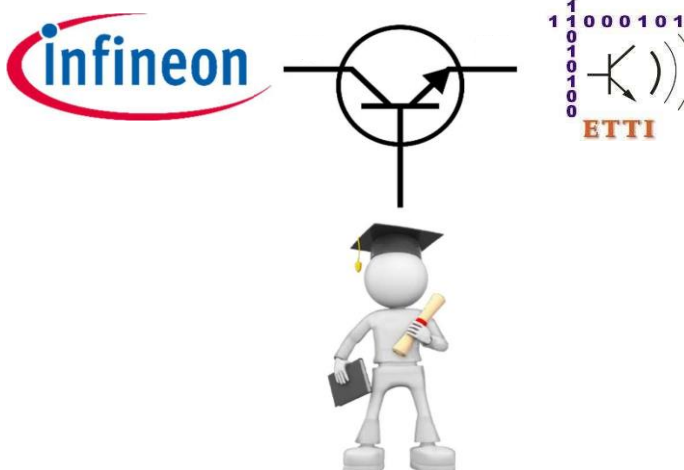


UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” din BUCUREȘTI  
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia  
Informației  
Anul universitar 2024-2025

## Proiect 1

Proiectarea și realizarea unui  
preamplificator audio cu amplificarea  
controlată de tensiune

$N = 4$



Coordonator științific:

**Prof. dr. ing. Dragoș Dobrescu**

**Prof. dr. ing . Vasile Mădălin Moise**

**Enache Teodora-Maria**

**grupa 432B**

# Cuprins

<b>I.</b>	<b>Date inițiale de proiectare .....</b>	<b>3</b>
	a. Descrierea temei .....	3
	b. Schema bloc a montajului electric .....	3
<b>II.</b>	<b>Detallile tehnice ale proiectului .....</b>	<b>5</b>
	a. Schema electrica .....	5
	b. Simularile amplificatorului la valorile minima si maxima a tensiunii de control .....	5
	c. Puncte statice de functionare – PSF .....	6
	d. Bill of Materials – BOM .....	11
	e. Utilizarea de Test-Pointuri.....	13
	f. Alocarea de Footprinturi PCB .....	13
<b>III.</b>	<b>Proiectarea și realizarea circuitului în tehnologie SMT &amp; PCB .....</b>	<b>14</b>
	a. Layout-ul electric .....	14
	b. Layer-ul TOP .....	14
	c. Layer-ul BOTTOM .....	15
	d. Layer-ul SMTOP .....	15
	e. Layer-ul SMBOT .....	16
	f. Layer-ul SSTOP .....	16
	g. Layer-ul Outline .....	17
	h. Layer-ul Fabrication .....	17
	i. Mod de realizare .....	18
	j. Manual de utilizare .....	19
<b>IV.</b>	<b>Concluzie .....</b>	<b>20</b>
<b>V.</b>	<b>Bibliografie .....</b>	<b>21</b>

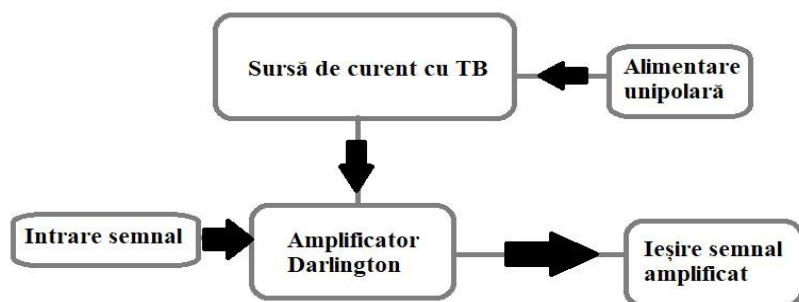
## I. Date inițiale de proiectare

### a. Descrierea temei

Să se proiecteze și să se realizeze practic un preamplificator de audiofrecvență cu control în tensiune având următoarele caracteristici:

- Tensiunea de alimentare unipolară ( $V_{CC}=14\text{ V}$ ) sau bipolară ( $V_{CC}=14\text{ V}$ ,  $V_{EE} = -V_{CC}$ ). Semnalizarea prezenței tensiunii cu LED.
- Tensiune de intrare sinusoidală cu amplitudinea cuprinsă între 0 și 40 mV.
- Frecvența semnalului de intrare de 4 kHz.
- Tensiunea continuă de control a amplificării cuprinsă între 0 și 4 V.
- Amplificarea în tensiune controlată cuprinsă între 1 și 40.
- Rezistența de sarcină 900  $\Omega$ .

### b. Schema bloc a montajului electric



În schema de mai sus se disting următoarele blocuri:

- **Intrare semnal:** Introducerea inițială a semnalului audio, de obicei slab și necesitând amplificare.

- **Amplificator:** Amplificatorul Darlington reprezintă un etaj fundamental în proiectarea preamplificatoarelor audio, oferind un câștig mare de curent și o impedanță de intrare ridicată. Configurația constă în conectarea emitorului tranzistorului Q7 la baza tranzistorului Q4, ceea ce permite obținerea unui câștig de curent ridicat. Astfel, acest tip de amplificator este ideal pentru amplificarea semnalelor de mică putere, provenite de la surse precum microfoane sau instrumente muzicale. În schema prezentată, etajul de amplificare este completat de componente pasive care asigură stabilitatea și performanța optimă a circuitului, minimizând distorsiunile și zgomotul. Datorită acestei configurații, amplificatorul Darlington poate furniza o amplificare eficientă, menținând în același timp calitatea audio.

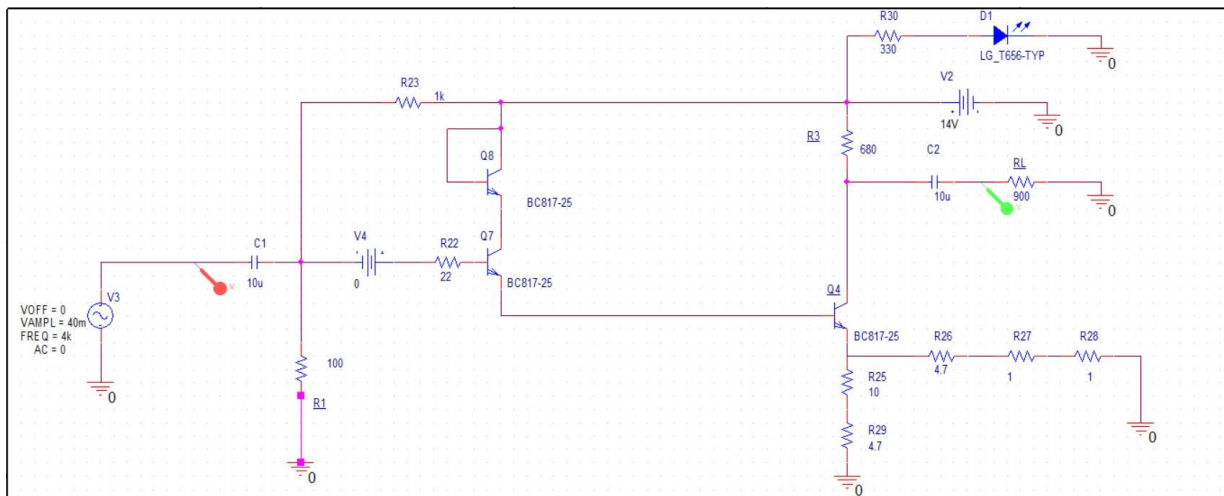
- **Sursa de curent**

Blocul compus din tranzistorul Q8, care acționează ca sursă de curent activă, furnizând un curent constant la colectorul tranzistorului Q7, joacă un rol crucial în menținerea stabilității, liniarității și performanței circuitului. Acesta contribuie esențial la obținerea unei amplificări precise a semnalului audio.

- **Alimentare unipolară:** Circuitul este alimentat de o singură sursă de tensiune pozitivă, având un punct de referință comun (masa).
- **Ieșire:** După procesul de amplificare și filtrare, semnalul audio este direcționat către blocul de ieșire.

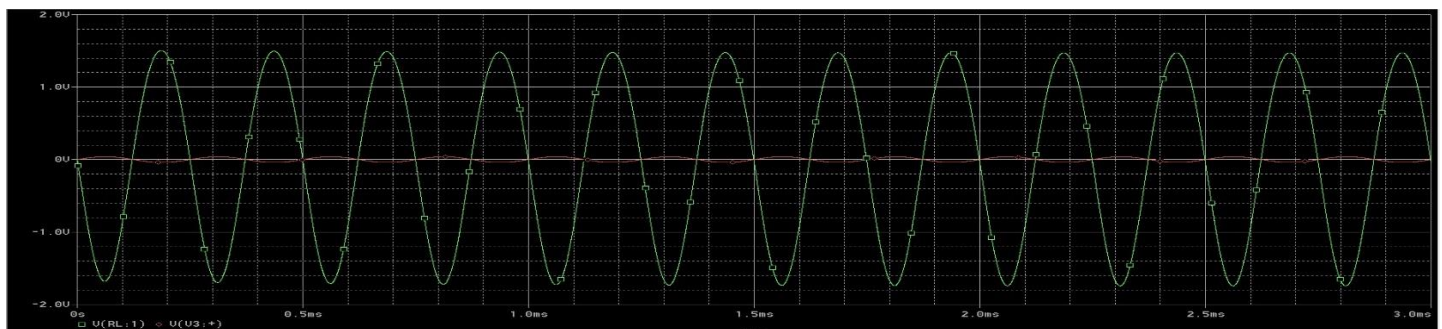
## II. Detaliile tehnice ale proiectului

### a. Schema electrică

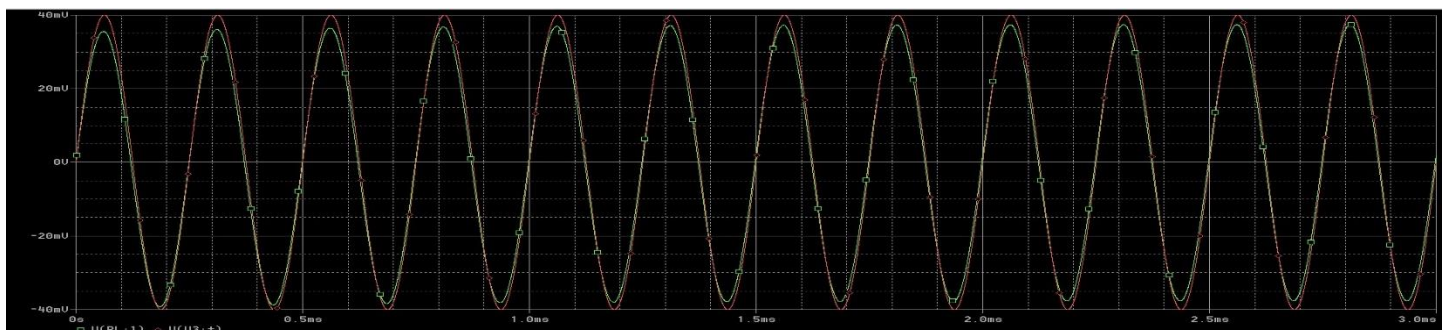


### b. Simularile amplificatorului la valorile minima si maxima a tensiunii de control

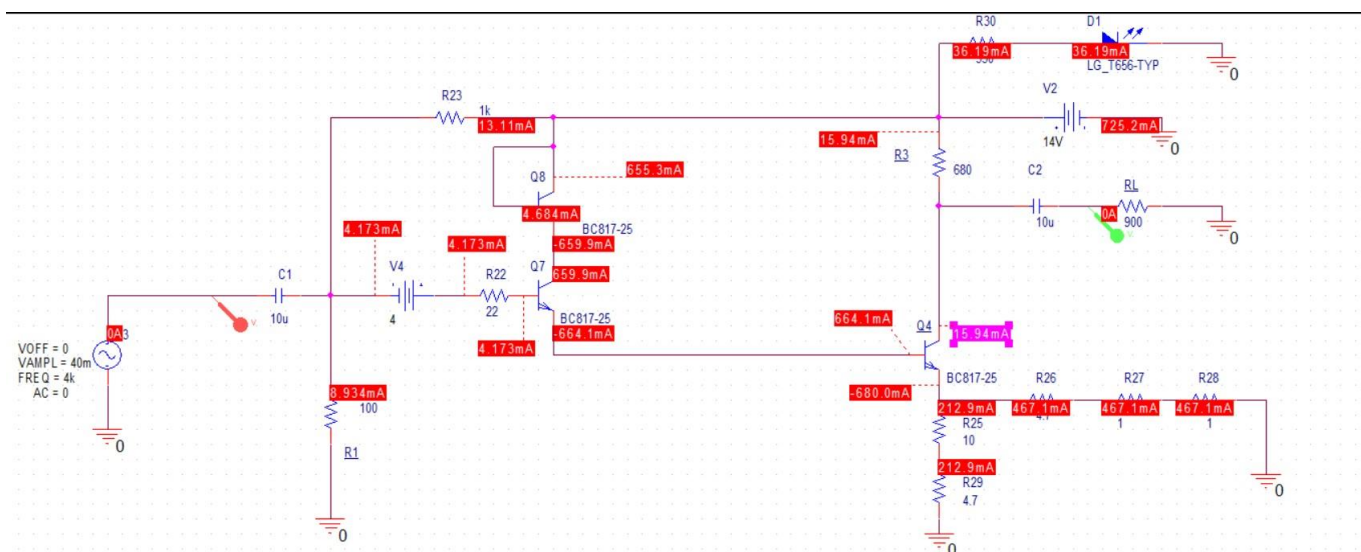
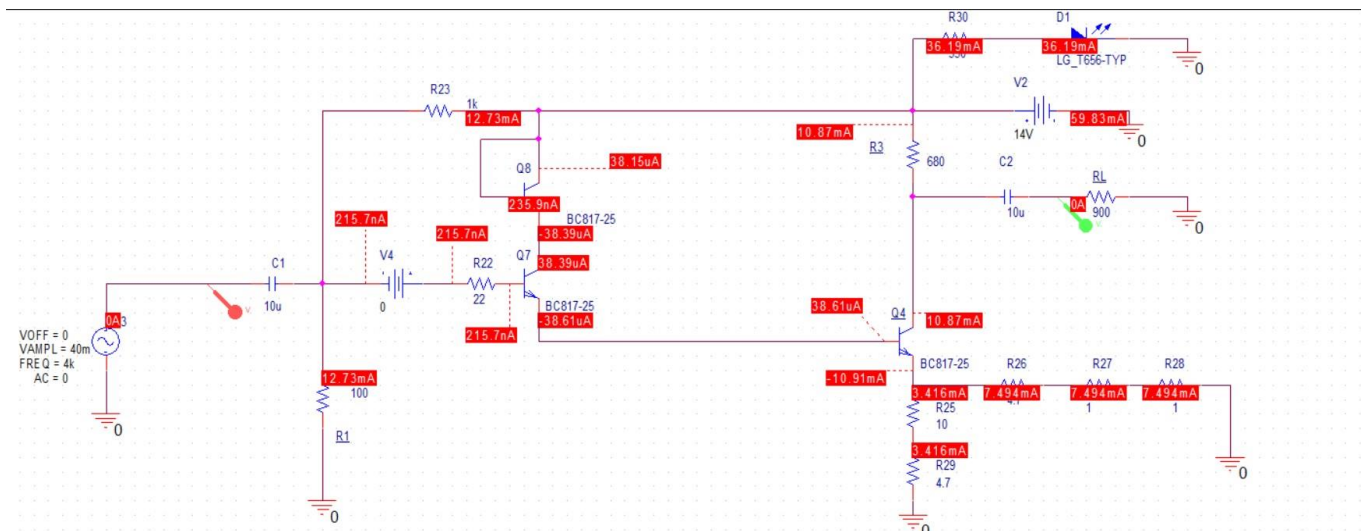
- Amplificarea maxima  $V_{DC}=0V$



- Amplificarea minima  $V_{DC}=1V$

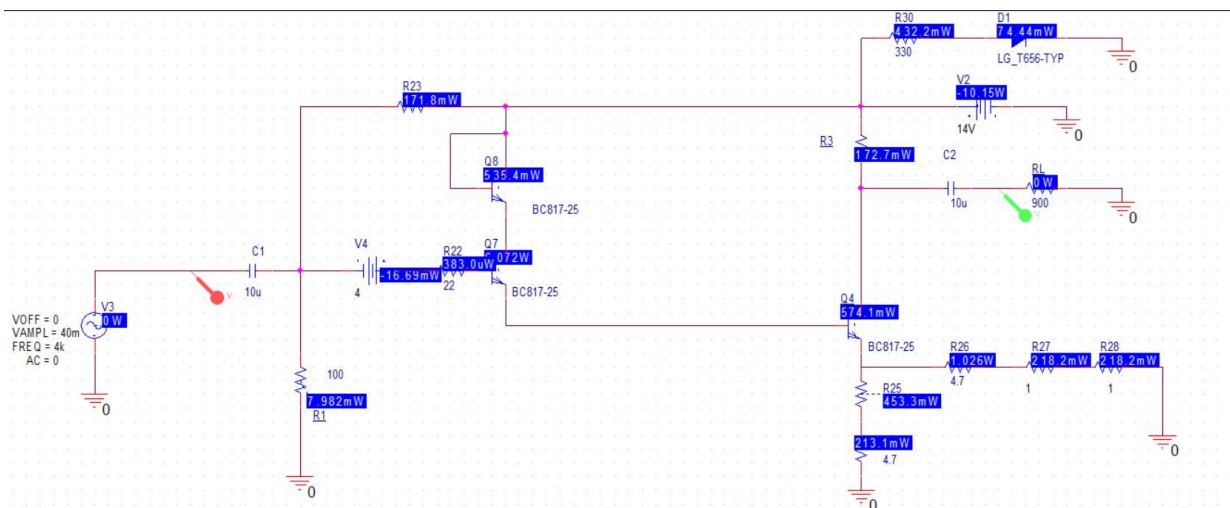
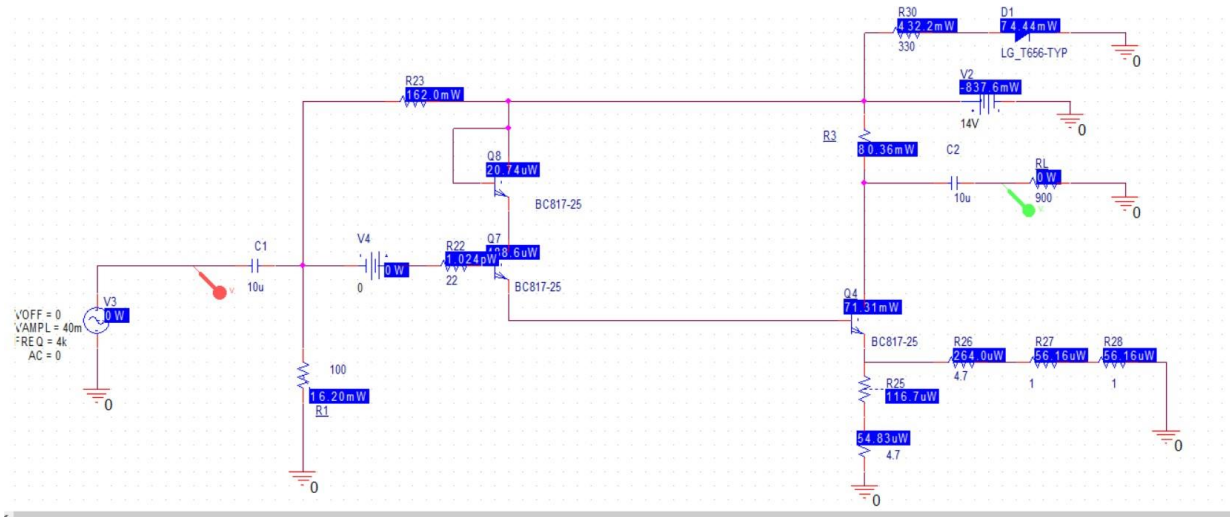




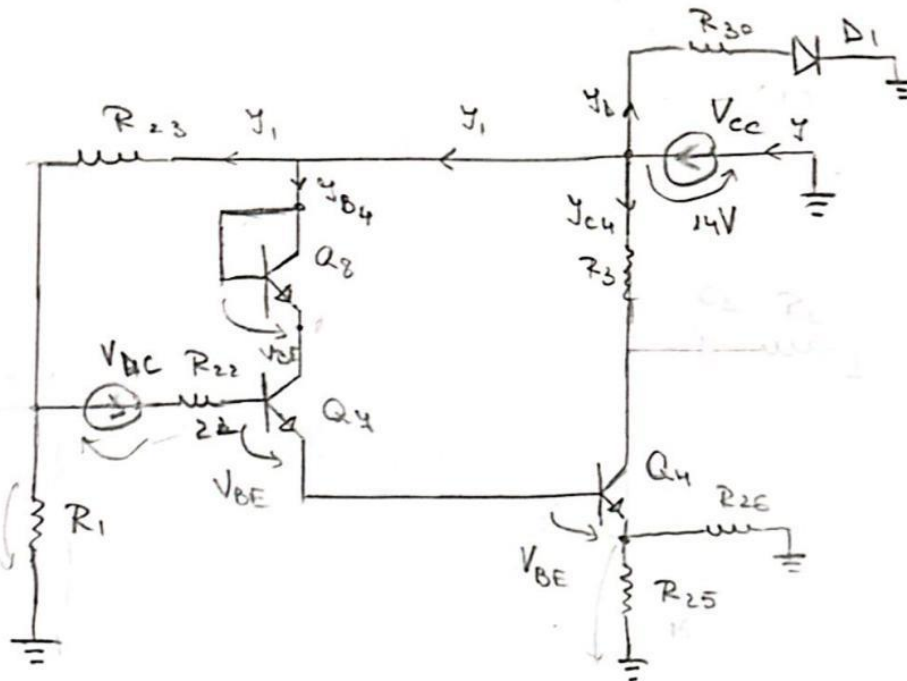




## ➤ Puteri







$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 = 100\Omega \\ R_{22} = 22\Omega \\ R_{23} = 1k\Omega \\ R_{30} = 330\Omega \\ R_3 = 680\Omega \\ R_{25} = 15\Omega \\ R_{26} = 7\Omega \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} V_{cc} = 14V \\ D_1 \rightarrow LED = 3-3,2V \\ Q_4, Q_2, Q_8 - BC817-25 \quad (\beta \approx 400) \\ \text{(neglijam } I_\beta) \end{array}$$

a.  $V_{bc} = 0V$   $D_1$  - nu este  $V_D = 3-3,2V$

Presupunem ca  $Q_4, Q_2, Q_8$  - sunt in RAN

$$V_{BE4} = V_{BE8} = V_{BE7} = 0,6V$$

$$I_{C8} = I_{C4} = I_{B4} \Leftrightarrow I_{C2} = I_{C4} = \frac{I_{C4}}{\beta}$$

$$I = I_{C4} + I_{B4} + I_{D1}$$

$$I_1(R_1 + R_{23}) - V_{cc} = 0 \quad I_1 = \frac{V_{cc}}{R_1 + R_{23}} = \frac{14}{100 + 1000} = 12,73 \mu A$$

$$-R_1 I_1 + 2V_{BE} + I_{C4} \cdot R_p = 0 \Leftrightarrow I_{C4} = \frac{+R_1 I_1 - 2V_{BE}}{R_p}$$

$$R_p = \frac{R_{26} \cdot R_{25}}{R_{26} + R_{25}} = \frac{7 \cdot 15}{7 + 15} = 4,44\Omega$$

1.

$$Y_{C4} = \frac{0,1 \cdot 12,43 - 2 \cdot 0,6}{4,44 \cdot 10^{-3}} = \boxed{15,30 \mu A}$$

$$Y_{B4} = \frac{Y_{C4}}{280} = \frac{15,30}{400} = \boxed{38,25 \mu A} = Y_{C4} = Y_{C8}$$

$$-V_{CC} + Y_D \cdot R_{30} + V_D = 0 \Leftrightarrow Y_D = \frac{V_{CC} - V_D}{R_{30}} = \frac{14 - 3}{0,33} = \boxed{33,33 \mu A}$$

$$Y = Y_1 + Y_{C4} + Y_D = 12,43 + 15,30 + 33,33 = 61,06 \mu A$$

$$-V_{CC} + V_{BE} + V_{CE4} + V_{BE} + Y_{C4} \cdot R_P = 0$$

$$V_{CE4} = +14 - 2 \cdot 3 - 15,3 \cdot 4,44 \cdot 10^{-3} = \boxed{4,92 V} > V_{BE} \Rightarrow \text{RAM} \uparrow Q_4$$

$$-V_{CC} + V_{CE8} + V_{CE4} + V_{BE} + Y_{C4} \cdot R_P = 0$$

$$V_{CE8} = 14 - 3 - 4,92 - 15,3 \cdot 4,44 \cdot 10^{-3} = \boxed{3 V} > V_{BE} \Rightarrow \text{RAM} \uparrow Q_8$$

$$-V_{CC} + V_{CE4} + Y_{C4} (R_3 + R_P) = 0$$

$$V_{CE4} = V_{CC} - Y_{C4} \cdot (R_3 + R_P) = \boxed{2,45 V} > V_{BE} \Rightarrow \text{RAM} \uparrow Q_4$$

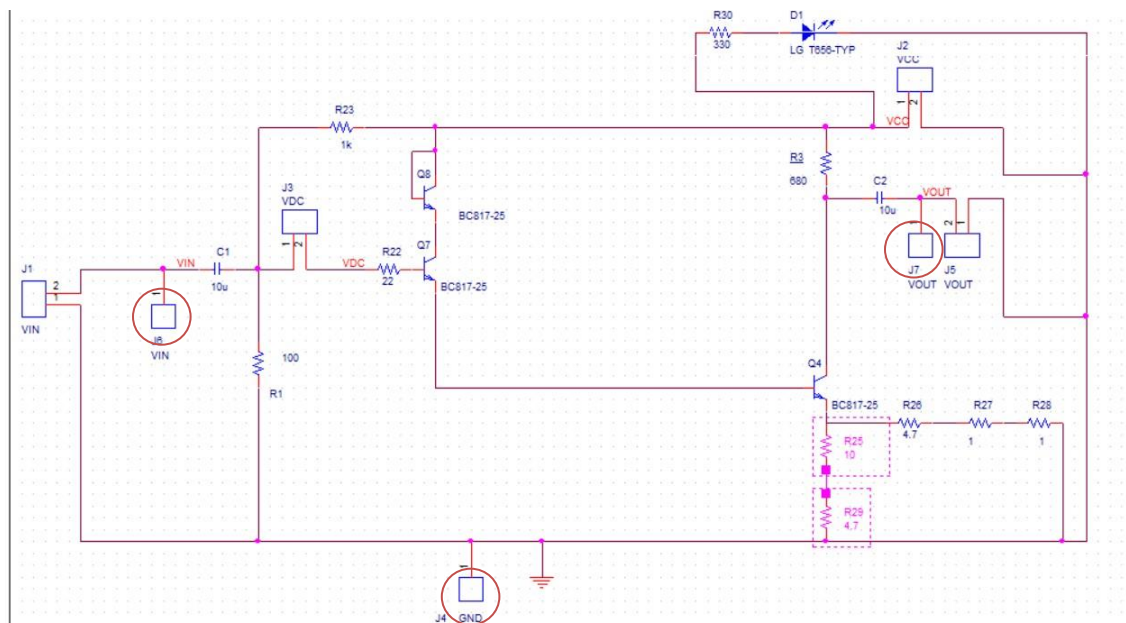
## d. Bill of Materials – BOM

Nume Referință	Nume	Catalog	Cod distrib	Nume prod	Prod	Clasă	Descriere	Distribuitor
R27,R28	1	<a href="#">(LINK)</a>	SMD0805-1R-5%	0805S8J010JT5E	ROYAL OHM	rezistor	Rezistor SMD, chip, 0805, 1Ω, ±5%, 0.125W	TME România
R26, R29	4.7	<a href="#">(LINK)</a>	SMD0805-4R7-5%	0805S8J047JT5E	ROYAL OHM	rezistor	Rezistor SMD, chip, 0805, 4.7Ω, ±5%, 0.125W	TME România
R25	10	<a href="#">(LINK)</a>	SMD0805-10R-5%	0805S8J0100T5E	ROYAL OHM	rezistor	Rezistor SMD, chip, 0805, 10Ω, ±5%, 0.125W	TME România
R22	22	<a href="#">(LINK)</a>	SMD0805-22R-1%	0805S8F220JT5E	ROYAL OHM	rezistor	Rezistor SMD, chip, 0805, 22Ω, ±1%, 0.125W	TME România
R1	100	<a href="#">(LINK)</a>	SMD0805-100R-5%	0805S8J0101T5E	ROYAL OHM	rezistor	Rezistor SMD, chip, 0805, 100Ω, ±5%, 0.125W	TME România
R30	330	<a href="#">(LINK)</a>	SMD0805-330R-5%	0805S8J0331T5E	ROYAL OHM	rezistor	Rezistor SMD, chip, 0805, 330Ω, ±5%, 0.125W	TME România
R3	680	<a href="#">(LINK)</a>	SMD0805-680R-5%	0805S8J0681T5E	ROYAL OHM	rezistor	Rezistor SMD, chip, 0805, 680Ω, ±5%, 0.125W	TME România
R23	1k	<a href="#">(LINK)</a>	SMD0805-1K-5%	0805S8J0102T5E	ROYAL OHM	rezistor	Rezistor SMD, chip, 0805, 1kΩ, ±5%, 0.125W	TME România

							0.125W	
C1, C2	10uF	<a href="#">(LINK)</a>	EEE1HA100SP	EEE1HA100SP	PANASONIC	condensator	Condensator: electrolitic; SMD; 10uF; 50V	TME România
D2	LED	<a href="#">(LINK)</a>	OF-SMD2012B	OF-SMD2012B	OPTOFLASH	LED	LED albastru, SMD, 0805, 150- 200mcd, 476nm, 120°	TME România
Q4, Q7, Q8	NPN	<a href="#">(LINK)</a>	BC817-25-DIO	BC817-25-DIO	NXP	tranzistor bipolar	Tranzistor bipolar NPN, SMD, SOT23, 45V, 800mA	TME România
J1, J2, J3, J5,	Conn2p	<a href="#">(LINK)</a>	ZL301-40P	ZL301-40P	NINIGI	Sir pini, pas 2,54mm, SMD	Sir pini, pas 2,54mm, SMD, tip tata, bareta de 40 pini	TME România
J4, J6, J7	Conn1p	<a href="#">(LINK)</a>	ZL301-40P	ZL301-40P	NINIGI	Sir pini, pas 2,54mm, SMD	Sir pini, pas 2,54mm, SMD, tip tata, bareta de 40 pini	TME România

## e. Utilizarea de Test-Pointuri

În schema electrică vor fi adăugate elementele necesare pentru testare, facilitând astfel depanarea montajului prin conectarea sondei de osciloscop sau a probei de măsură a voltmetrului electronic. În acest scop, vor fi incluse puncte de test de tip SMD. În schema de mai jos, se observă că au fost integrate mai multe puncte de testare, alese cu scopul de a permite o evaluare completă a funcționării și performanțelor schemei electronice.

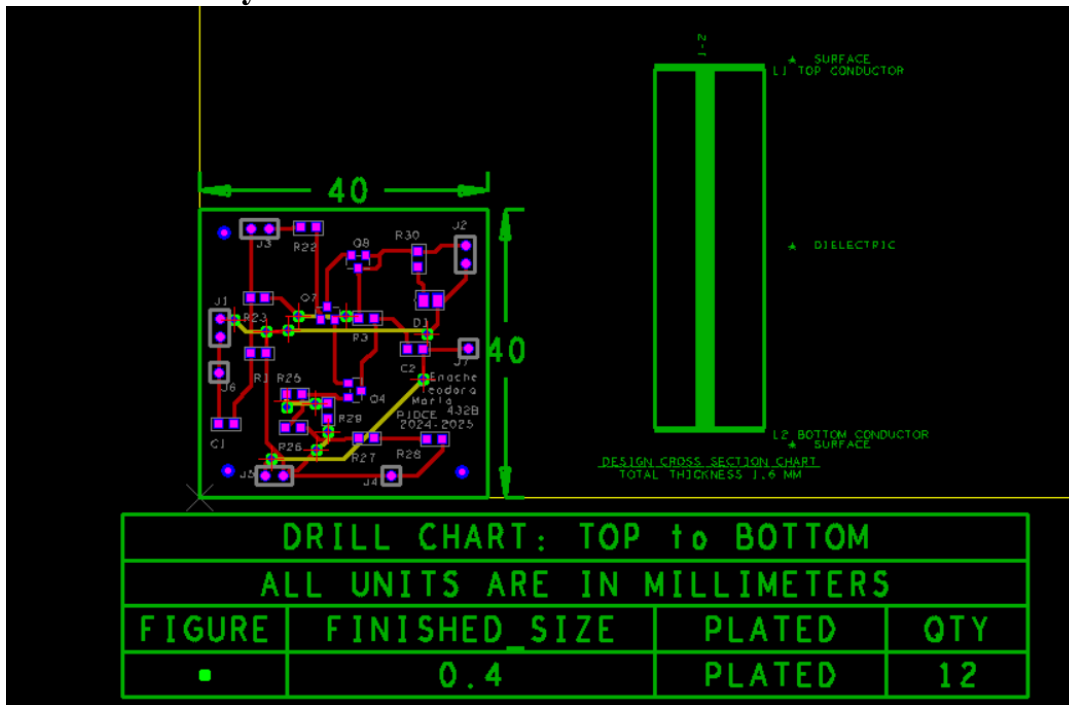


## f. Alocarea de Footprinturi PCB

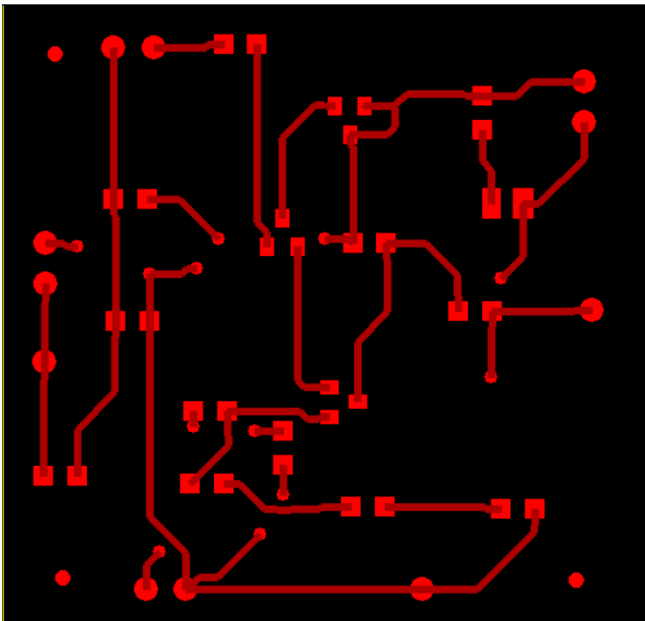
Part Reference	PCB Footprint
C1	SMC0805
C2	SMC0805
D1	SMD080512
J1	JUMPER2
J2	JUMPER2
J3	JUMPER2
J4	JUMPER1
J5	JUMPER2
J6	JUMPER1
J7	JUMPER1
Q4	soT23
Q7	soT23
Q8	soT23
R1	SMR0805
R3	SMR0805
R22	SMR0805
R23	SMR0805
R25	SMR0805
R26	SMR0805
R27	SMR0805
R28	SMR0805
R29	SMR0805
R30	SMR0805

### III. Proiectarea și realizarea circuitului în tehnologie SMT & PCB

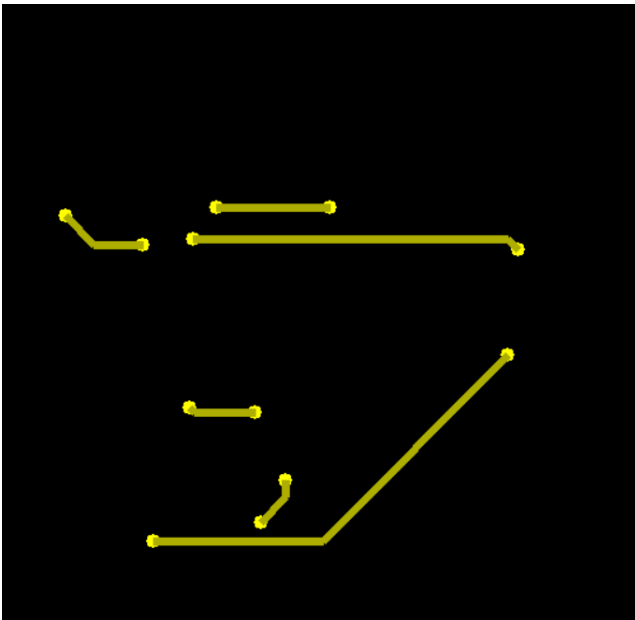
#### a. Layout-ul electric



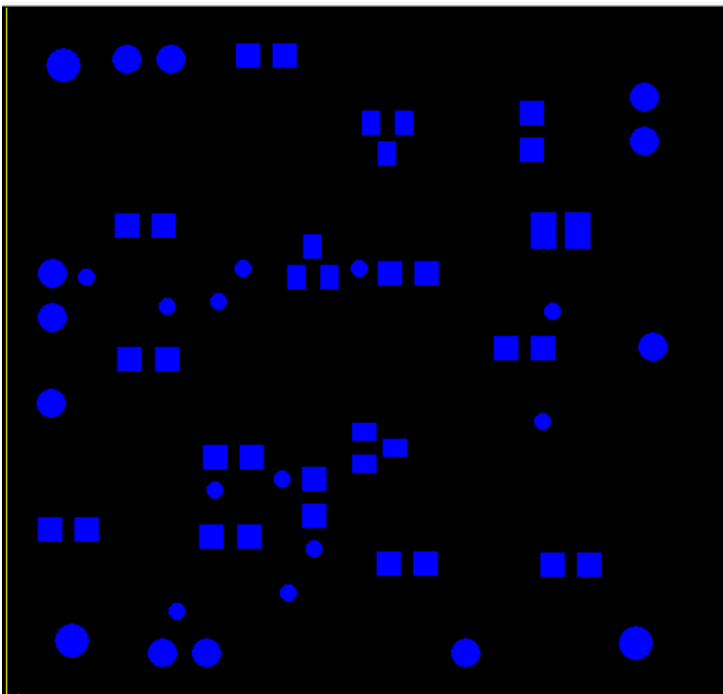
#### b. Layer-ul TOP



### c. Layer-ul BOTTOM

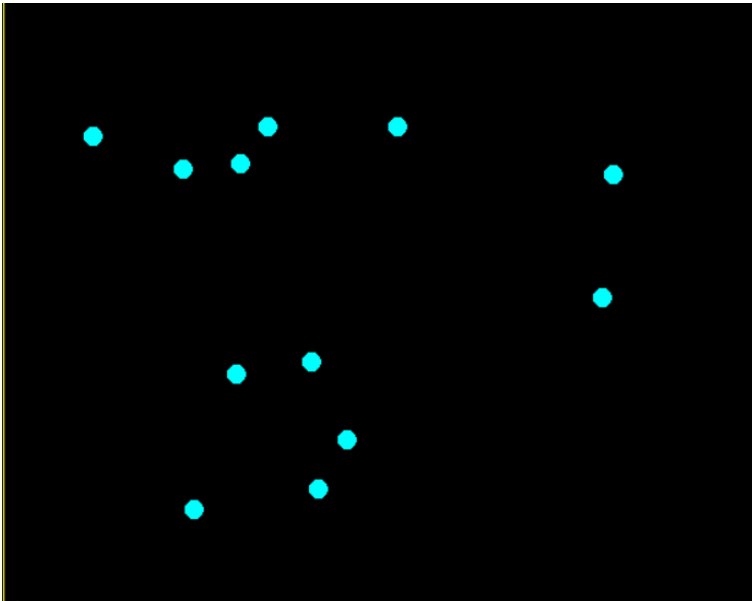


### d. Layer-ul SMTOP

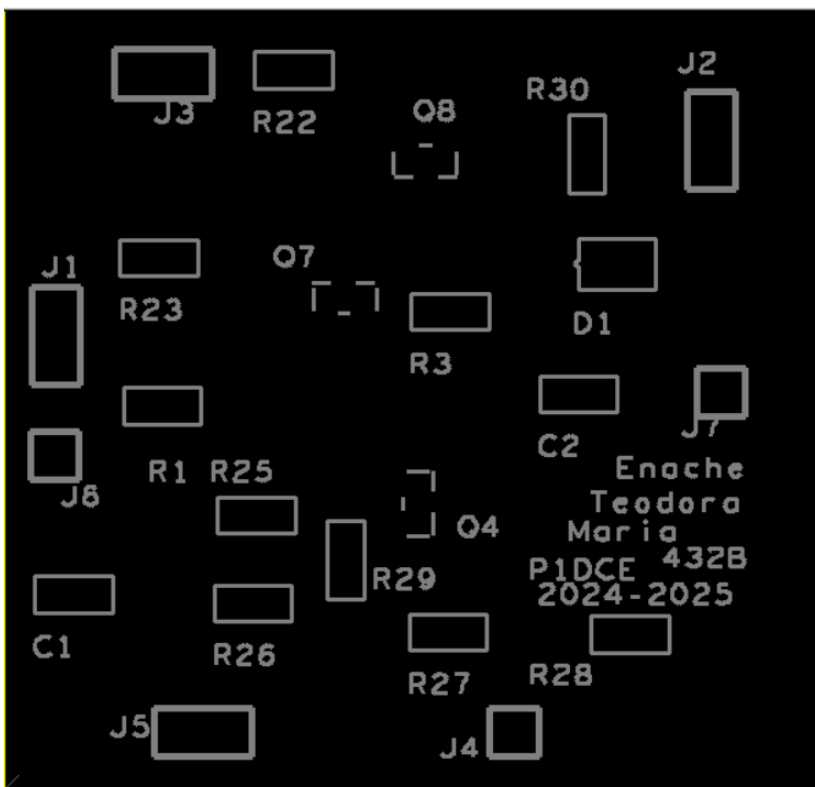




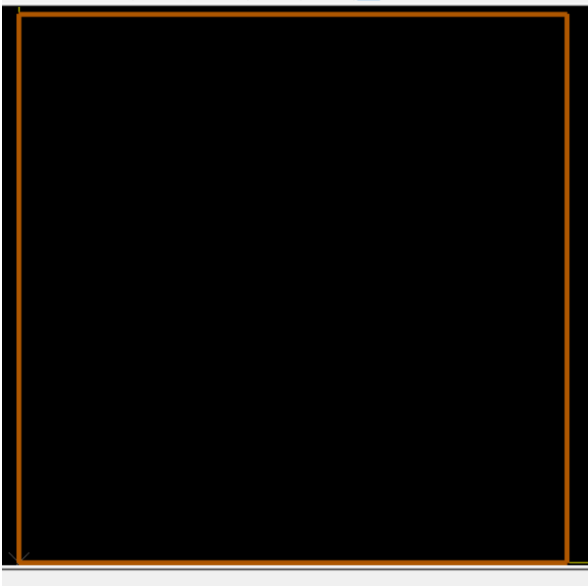
### e. Layer-ul SMBOT



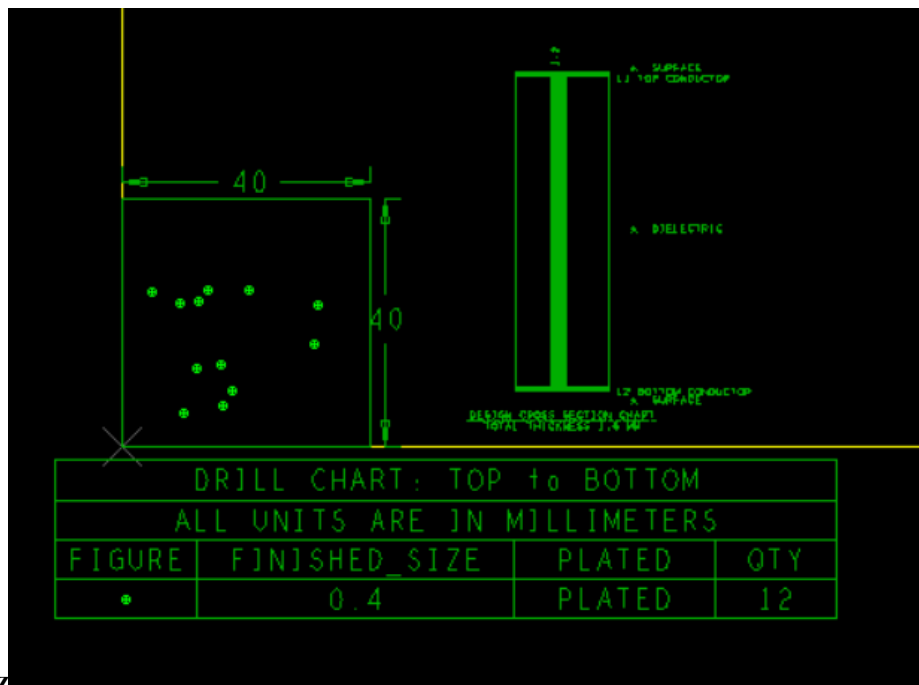
### f. Layer-ul SSTOP



## g. Layer-ul Outline



## h. Layer-ul Fabrication



## i. Mod de realizare

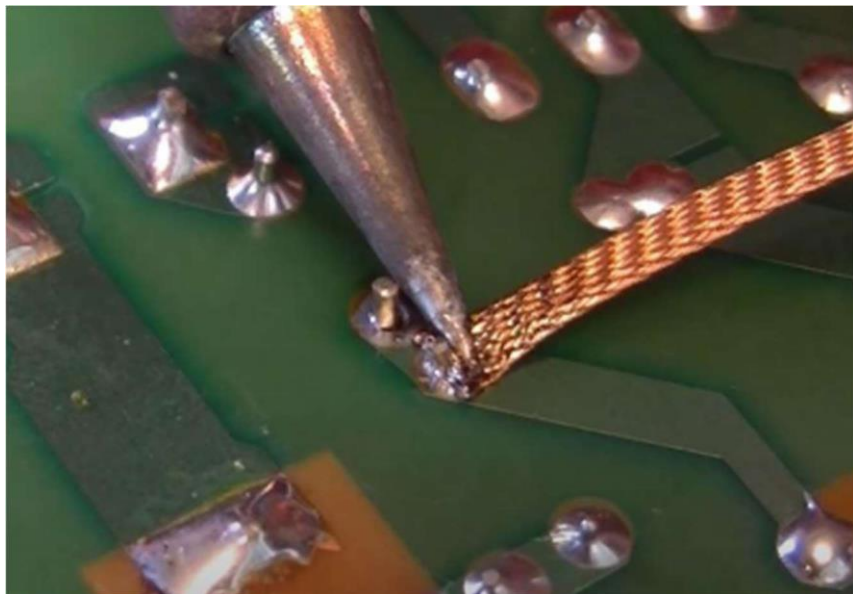
### Unelte necesare

Lipirea componentelor electronice presupune fixarea și conectarea electrică a terminalelor acestora utilizând un aliaj de lipire, de obicei de tip SnAgCu. Pentru realizarea acestui proces sunt necesare următoarele unelte și materiale:

- **Stația de lipit:** permite controlul precis al temperaturii pentru a asigura o lipire corectă fără a deteriora componentele.
- **Aliajul de lipire (cositor):** majoritatea aliajelor moderne includ unul sau mai multe nuclee de flux în interiorul firului, care facilitează procesul de lipire prin reducerea tensiunii superficiale și îndepărtarea oxizilor.
- **Flux suplimentar:** agent chimic utilizat pentru curățarea suprafețelor de oxizi și impurități, îmbunătățind aderența aliajului.

### Procedura de lipire

Temperatura vârfului de lipit se reglează la aproximativ **370°C** pentru lipirea corectă a componentelor. La final, vârful stației de lipit nu trebuie curățat complet de cositor pentru a preveni oxidarea. Pentru corectarea lipiturilor, tresa absorbantă se așază între zona de cupru și vârful de lipit. Aliajul topit este transferat pe tresa odată ce aceasta atinge temperatura de topire. Este esențial ca tresa să fie utilizată perpendicular pe zona de curățare pentru a preveni deteriorarea padurilor de pe substrat. O stație de lipit bine întreținută și o tehnică precisă asigură o performanță optimă.



## j. Manual de utilizare

Preamplificatorul a fost proiectat pentru a funcționa optim și de a avea o amplificare de tensiune cuprins între 1 și 40 .

- Se vor conecta bornele – la borna GND;
- Tensiunea de intrare se va conecta la borna V1 (borna +);
- Tensiunea de alimentare pozitivă se va conecta la borna VCC, iar borna VSS (borna-) va fi conectată la masă (GND).
- Tensiunea de control se va conecta la borna VDC (borna +);
- A nu se atinge componentele sau conexiunile în timpul funcționării;
- A se manevra ținându-se de marginile plăcii de asamblare;
- Nu se recomandă schimbarea componentelor circuitului, în acest caz,
- Comportamentul nu poate fi determinat;
- A se feri de umezeală și expunerea îndelungată la razele soarelui;

## IV. Concluzie

Proiectul de față a implementat cu succes un preamplificator audio cu amplificare controlată de tensiune, respectând cerințele specificate în documentația inițială. Aparatul oferă caracteristici tehnice de înaltă precizie, incluzând amplificare ajustabilă între 1 și 40, compatibilitate cu alimentare unipolară sau bipolară și semnalizare LED pentru indicarea tensiunii de alimentare. Viabilitatea designului a fost demonstrată prin schema electrică, simulările realizate și implementarea PCB, iar documentația detaliată acoperă toate aspectele proiectării, materialelor și utilizării practice. Proiectul îmbină în mod util aplicarea cunoștințelor teoretice în soluții practice ale ingineriei electronice.

## V. Bibliografie

- "Circuite Electronice fundamentale"- Gheorghe Brezeanu, Florin Draghici
- Platforme Laborator Tehnici CAD de Realizare a Modulelor Electronice, Norocel Codreanu
- Note de curs - Circuite electronice fundamentale, Dragoş Dobrescu
- Platforma laborator CIA, Popa Cosmin Radu