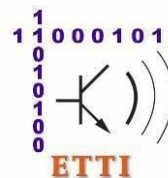
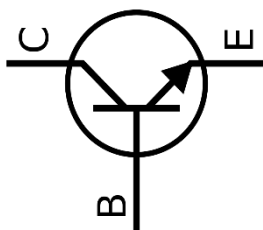


Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București
Facultatea E.T.T.I.
Anul universitar 2024-2025

Proiectarea și realizarea unui preamplificator audio cu amplificarea controlată de tensiune

$$N = 2$$



Coordonatori științifici

Prof. dr. ing. Dragoș Dobrescu

Ș.l. dr. ing. Mădălin Moise

Sava Gabriel

grupa 432B

Cuprins

I. Introducere.....	3
II. Date inițiale de proiectare	4
• 2.1.Descrierea temei.....	4
• 2.2.Schema bloc a montajului electric	5
III. Conținutul tehnic al proiectului	6
• 3.1.Schema electrică a montajului electric	6
• 3.2.Simularea preamplificatorului cu tensiunea de reglaj de 0V	7
• 3.3.Simularea preamplificatorului cu tensiunea de reglaj de 1V	8
• 3.4.Simularea preamplificatorului cu tensiunea de reglaj de 2V	9
• 3.5.Bill of materials(BOM)....	10
• 3.6.Puncte statice de funcționare – PSF	11-14
•	
IV. Proiectarea și realizarea circuitului în tehnologie SMT & PCB	15
• 4.1.Imaginea structurii de interconectare (layer-ul electric TOP).....	15
• 4.2.Imaginea de interconectare (layer-ul electric BOTTOM).....	16
• 4.3.Imaginea măștii de inscripționare (layer-ul neelectric SSTOP).....	17
• 4.4.Imaginea măștii de protecție (layer-ul neelectric SMTOP)	18
• 4.5.Imaginea șablonului (layer-ul neelectric SPTOP).....	19
• 4.6.Imaginea layer-ului neelectric mecanic (FAB)	20
• 4.7.Mod de realizare.....	21
V. Manual de utilizare.....	22
VI. Bibliografie	23

I. Introducere

Amplificatoarele cu amplificarea controlată în tensiune (Voltage Controlled Amplifiers - VCA) reprezintă o categorie importantă de dispozitive utilizate pe scară largă în aplicații audio, telecomunicații și sisteme de procesare a semnalelor. Aceste amplificatoare oferă un avantaj semnificativ prin capacitatea lor de a ajusta câștigul (nivelul de amplificare) în timp real, în funcție de o tensiune de control aplicată. Această caracteristică le face indispensabile în scenarii care necesită adaptabilitate ridicată și o precizie deosebită.

Funcționalitatea unui VCA se bazează pe un principiu simplu: tensiunea de control modifică parametrii interni ai circuitului, ceea ce permite reglarea continuă și dinamică a amplificării. Această versatilitate este esențială în aplicații precum mixere audio, procesoare de dinamică (compresoare, limitatoare), egalizatoare parametrice sau chiar circuite de corecție automată a semnalelor.

Avantajele amplificatoarelor cu amplificare controlată în tensiune includ răspunsul rapid la variații, reducerea intervenției mecanice (cum ar fi ajustarea manuală a câștigului) și integrarea lor ușoară în sisteme automate. În plus, aceste amplificatoare contribuie la îmbunătățirea raportului semnal-zgomot (SNR) și reduc la minimum distorsiunile în procesarea semnalului.

Dezvoltarea și utilizarea amplificatoarelor cu amplificarea controlată în tensiune continuă să evolueze, fiind un domeniu de interes pentru proiectarea de sisteme audio și electronice de înaltă performanță. Aceste dispozitive oferă nu doar flexibilitate în controlul semnalului, ci și un nivel ridicat de integrare și adaptabilitate, necesar într-o lume din ce în ce mai orientată spre tehnologii inteligente și optimizate.

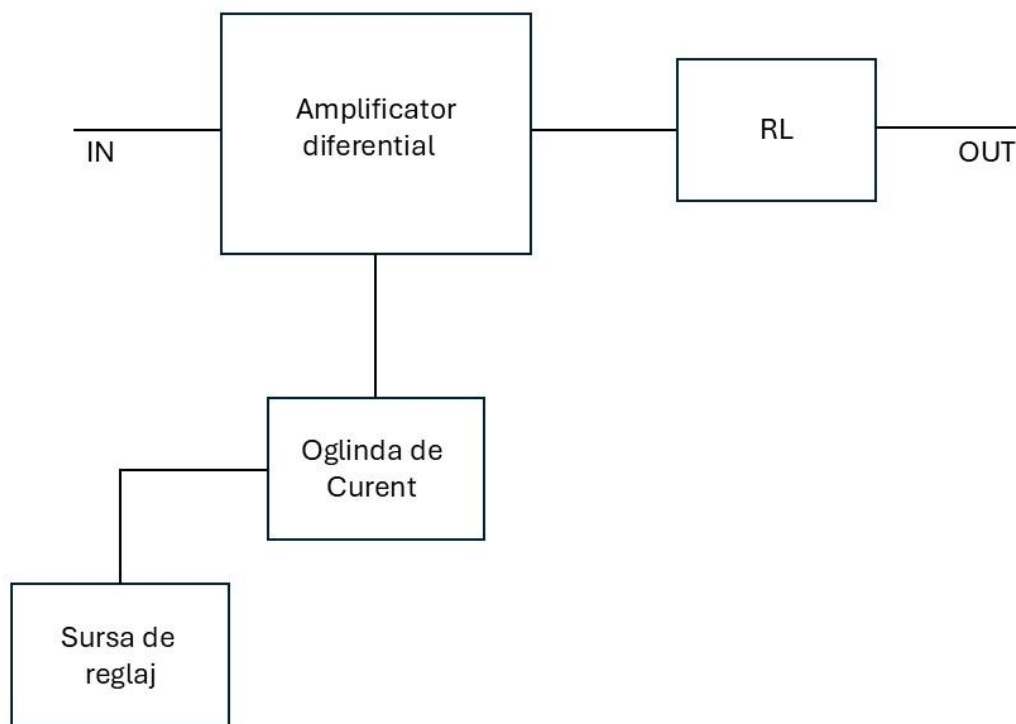
II. Date inițiale de proiectare

2.1. Descrierea temei

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

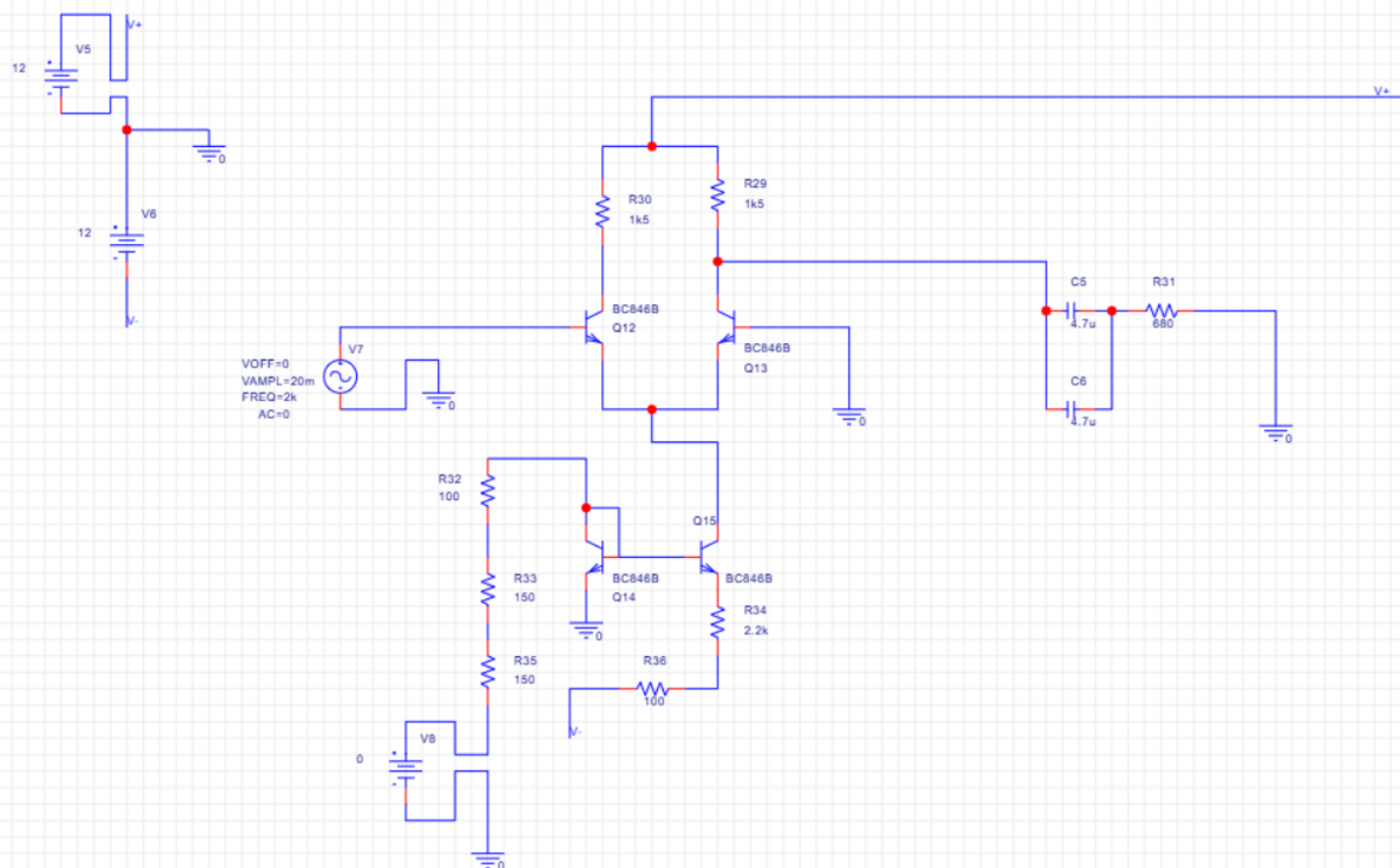
- Tensiunea de alimentare bipolară ($V_{CC}=12V$, $V_{EE}=-V_{CC}$). Semnalizarea prezenței tensiunii cu LED.
- Tensiune de intrare sinusoidală cu amplitudinea cuprinsă între 0 și 20 mV.
- Frecvența semnalului de intrare de 2 kHz.
- Tensiunea continuă de control a amplificării cuprinsă între 0 și 2 V.
- Amplificarea în tensiune controlată cuprinsă între 1 și 20.
- Rezistența de sarcină 700 Ω .

2.2. Schema bloc a montajului electric

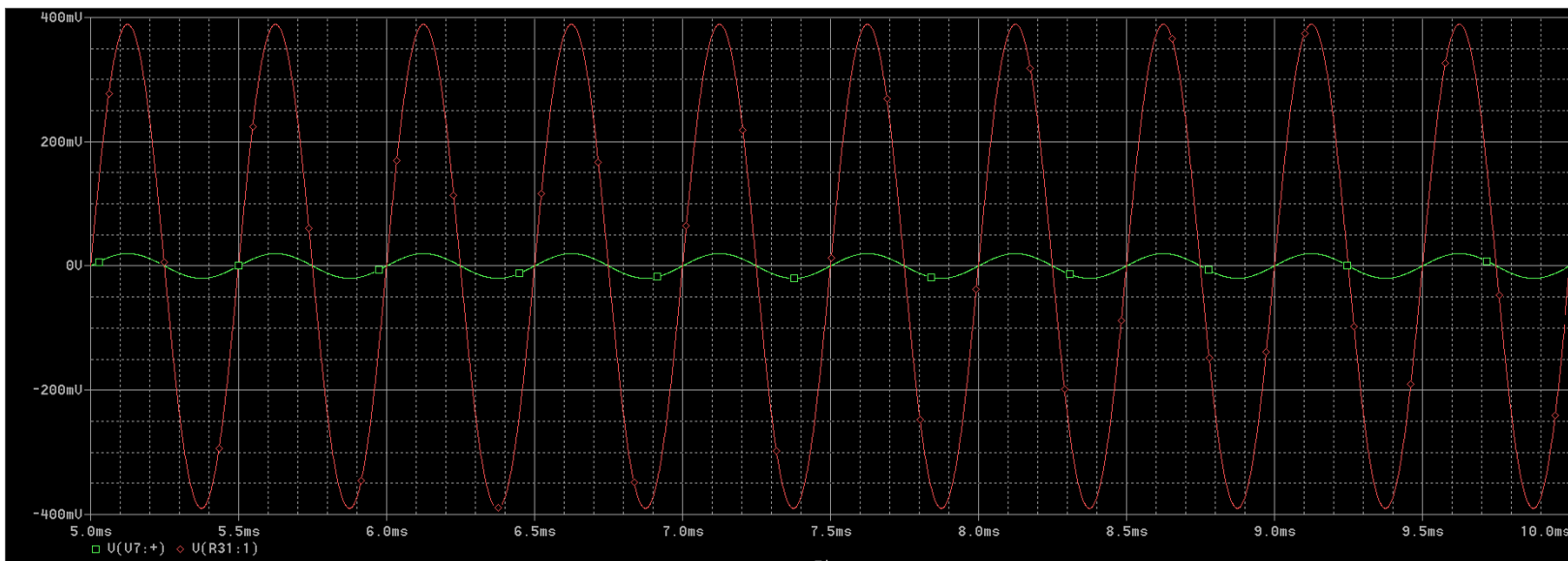


III. Conținutul tehnic al proiectului

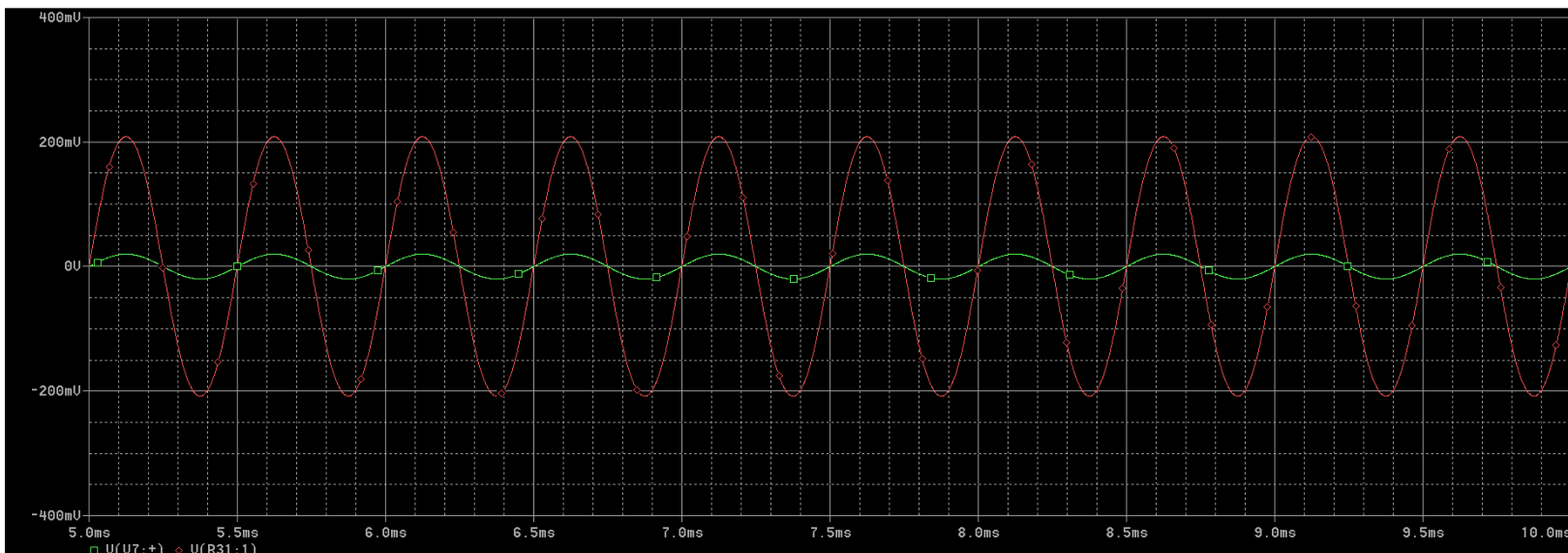
3.1. Schema electrică a montajului electric



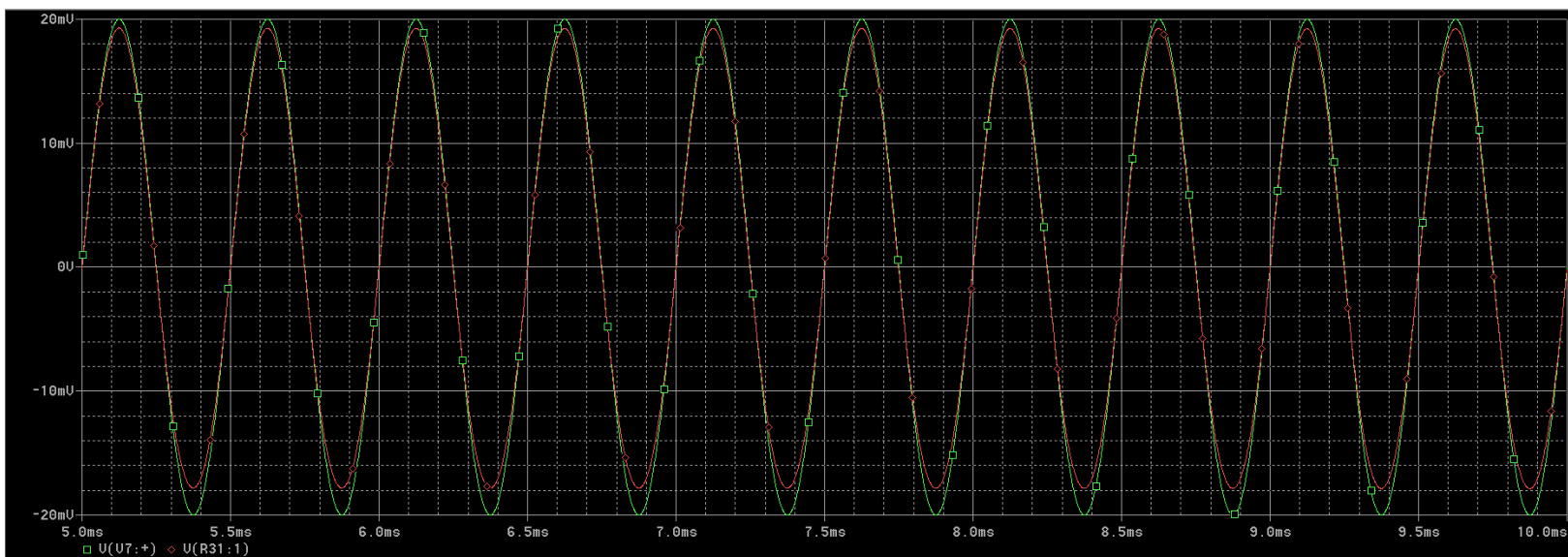
3.2. Simularea preamplificatorului cu tensiunea de reglaj de 0V



3.3. Simularea preamplificatorului cu tensiunea de reglaj de 1V



3.4. Simularea preamplificatorului cu tensiunea de reglaj de 2V

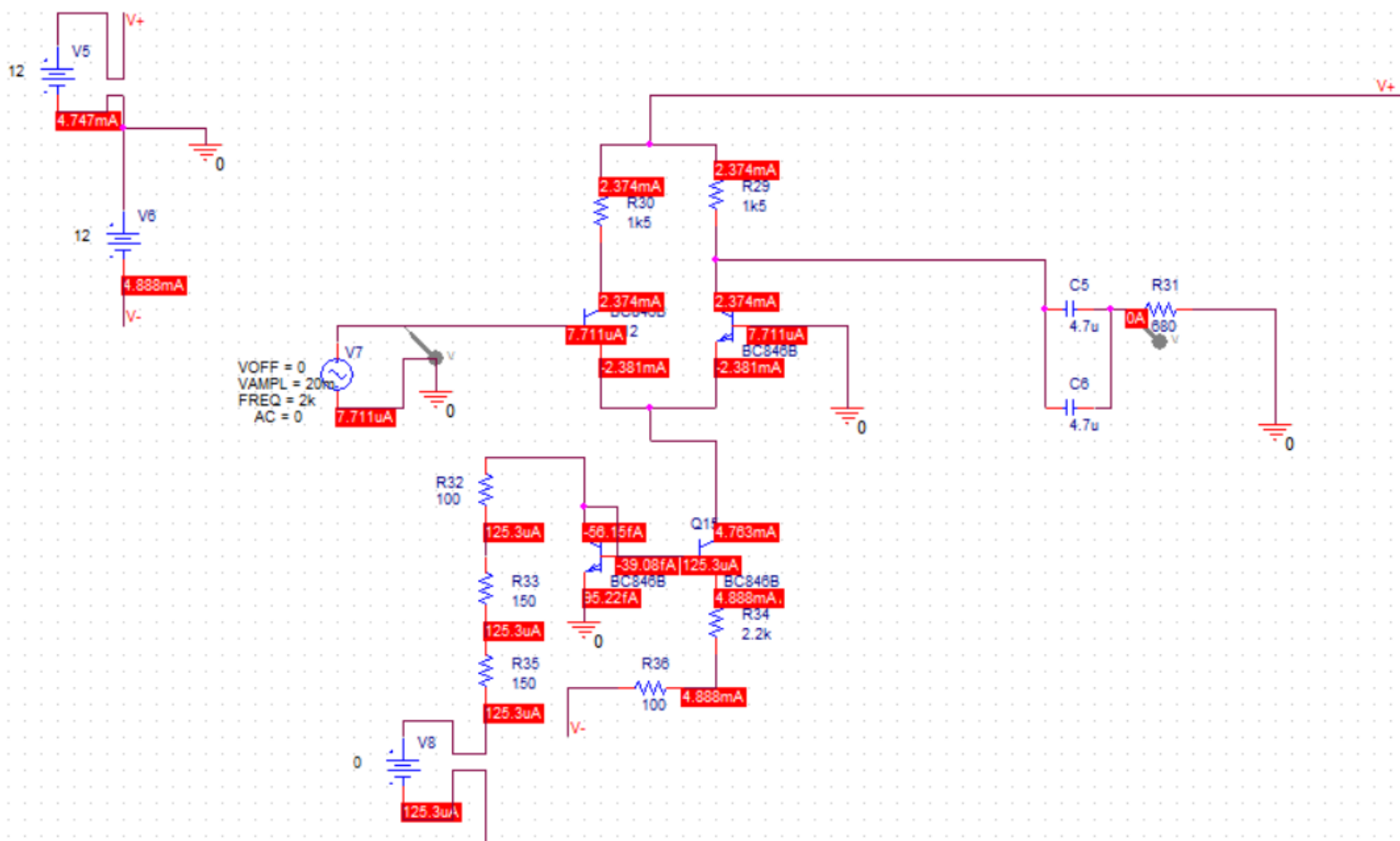


3.5. Bill of materials(BOM)

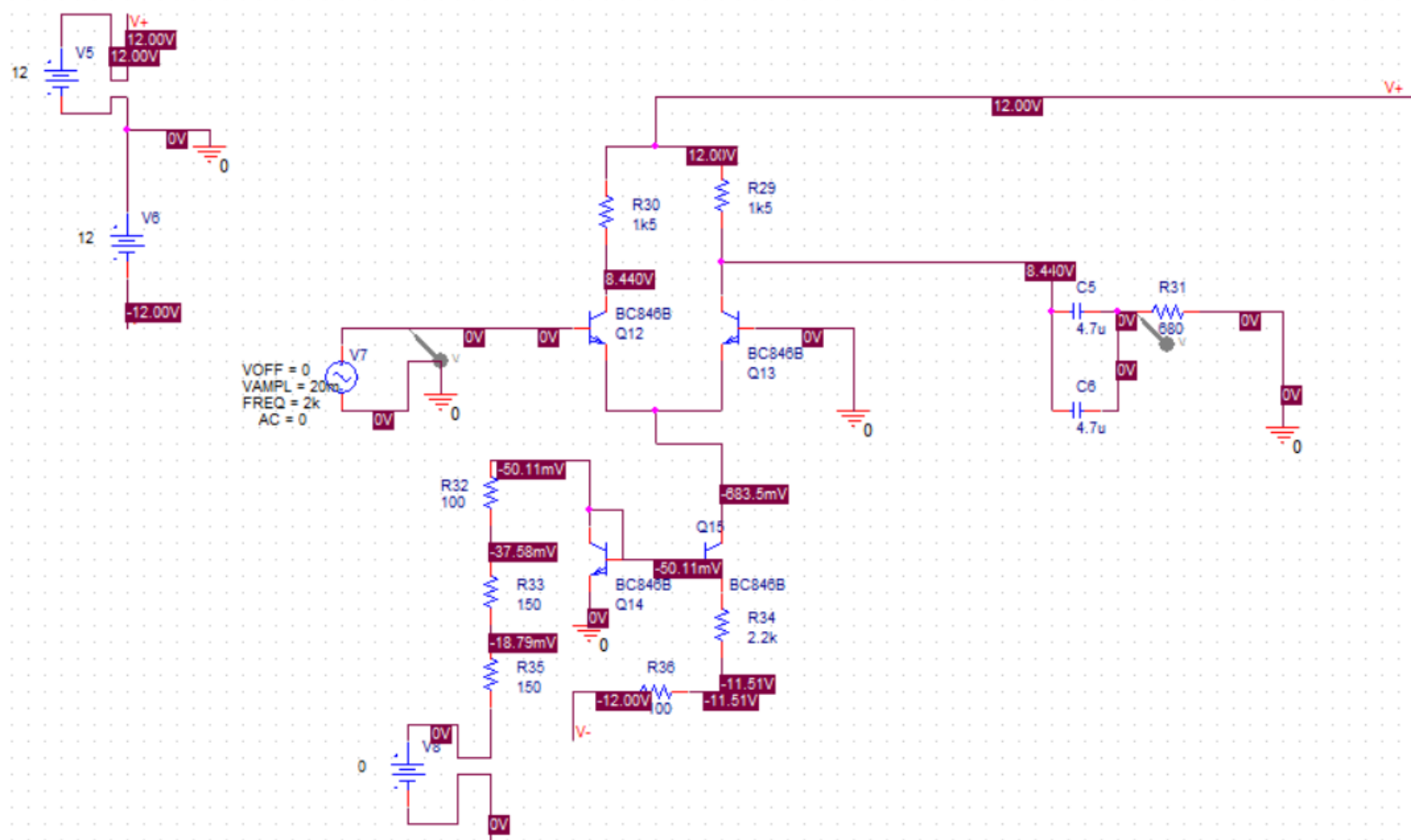
Nr. Crt.	Nume	Catalog	Cod distrib	Nume prod	Prod	Clasă	Qty fix	Descriere	Distribuitor
11	100	(LINK)	SMD0805-100R-5%	0805S8J0101T5E	ROYAL OHM	rezistor	2	Rezistor SMD, chip, 0805, 100Ω, ±5%, 0.125W	TME România
12	150	(LINK)	SMD0805-150R-5%	0805S8F1500T5E	ROYAL OHM	rezistor	2	Rezistor SMD, chip, 0805, 150Ω, ±5%, 0.125W	TME România
13	220	(LINK)	SMD0805-220R-5%	0805S8J0221T5E	ROYAL OHM	rezistor	4	Rezistor SMD, chip, 0805, 220Ω, ±5%, 0.125W	TME România
17	680	(LINK)	SMD0805-680R-5%	0805S8J0681T5E	ROYAL OHM	rezistor	1	Rezistor SMD, chip, 0805, 680Ω, ±5%, 0.125W	TME România
21	1.5k	(LINK)	SMD0805-1K5-5%	WF08P152JTL	WALSIN	rezistor	2	Rezistor SMD, chip, 0805, 1.5kΩ, ±5%, 0.125W	TME România
24	2.2k	(LINK)	SMD0805-2K2-5%	0805S8J0222T5E	ROYAL OHM	rezistor	1	Rezistor SMD, chip, 0805, 2.2kΩ, ±5%, 0.125W	TME România
75	4.7uF	(LINK)	CL21A475KAQNNNG	CL21A475KAQNNNG	SAMSUNG	condensator	2	ceramic; MLCC; 4.7uF; 25V; X5R; ±10%; SMD; 0805	TME România
78	LED	(LINK)	OF-SMD2012B	OF-SMD2012B	OPTOFLASH	LED	2	LED albastru, SMD, 0805, 150-200mcd, 476nm, 120°	TME România
87	NPN	(LINK)	BC846B	BC846B	DIOTEC	tranzistor bipolar	4	Tranzistor bipolar NPN, SMD, SOT23, 65V, 100mA	TME România
98	Conn2p	(LINK)	ZL301-40P	ZL301-40P	NINIGI	Sir pini, pas 2,54mm, SMD	5	Sir pini, pas 2,54mm, SMD, tip tata, bareta de 40 pini	TME România

3.6. Puncte statice de funcționare – PSF

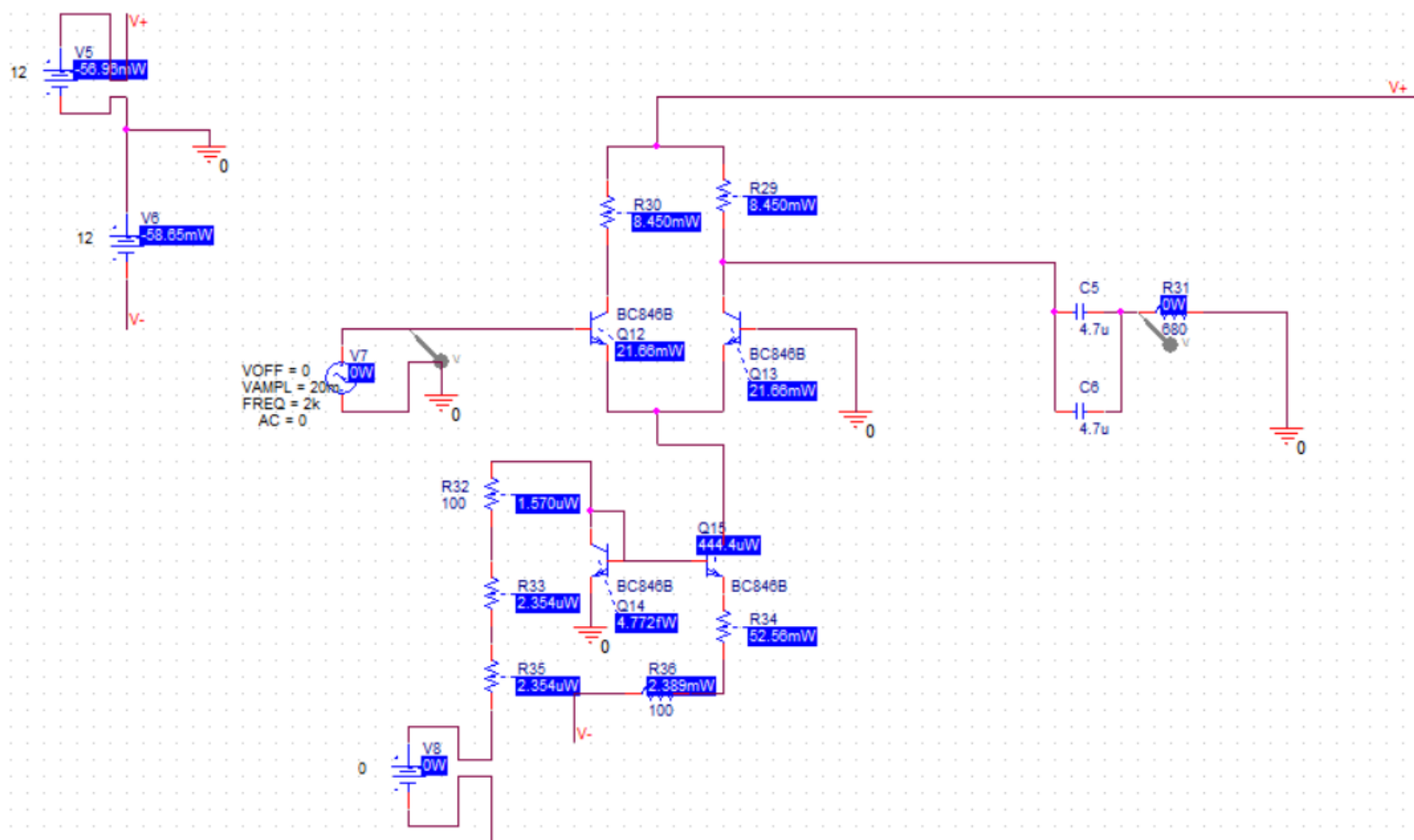
• Curenți



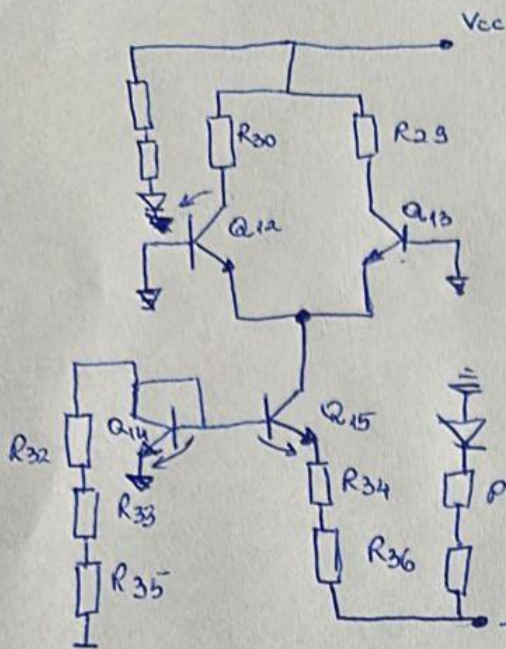
• Tensiuni



• Puteri



• Calculul analitic al PSF-ului



PSF la 0V sursoa de reglaj:

Considerăm tranzistoarele în regim activ normal.
 $\beta \gg 1 \Rightarrow$ Neglijez curenții de bază

$$0 - (-V_{CC}) = -V_{BE14} + V_{BE15} + I_{C15}(R_{34} + R_{36})$$

$$V_{CC} = I_{C15}(2.3k) \Rightarrow I_{C15} = \frac{12}{2.3k} = 5.21 \text{ mA}$$

Cum Q14-Q15 formează oglindă de curenți bipolară $\Rightarrow I_{C14} = I_{C15}$

Tranzistoarele Q12-Q13 sunt plasate în configurație diferențială $\Rightarrow I_{C12} = I_{C13} = I_{C15}/2 = 2.6 \text{ mA}$

$$V_{CC} - 0 = I_{C12} \cdot R_{30} + V_{CE12}$$

$$12 = 2.6 \cdot 1.5 + V_{CE12} \Rightarrow V_{CE12} = 8.1 \text{ V}$$

$$V_{CE12} = V_{BE12} + V_{CE12} = 8.1 + 0.6 = 8.7 \text{ V}$$

$$\text{Analog Q13: } V_{CE13} = 8.7 \text{ V}$$

$$V_{CC} - (-V_{CC}) = I_{C12} \cdot R_{30} + V_{CE12} + V_{CE15} + I_{C15} \cdot (R_{34} + R_{36})$$

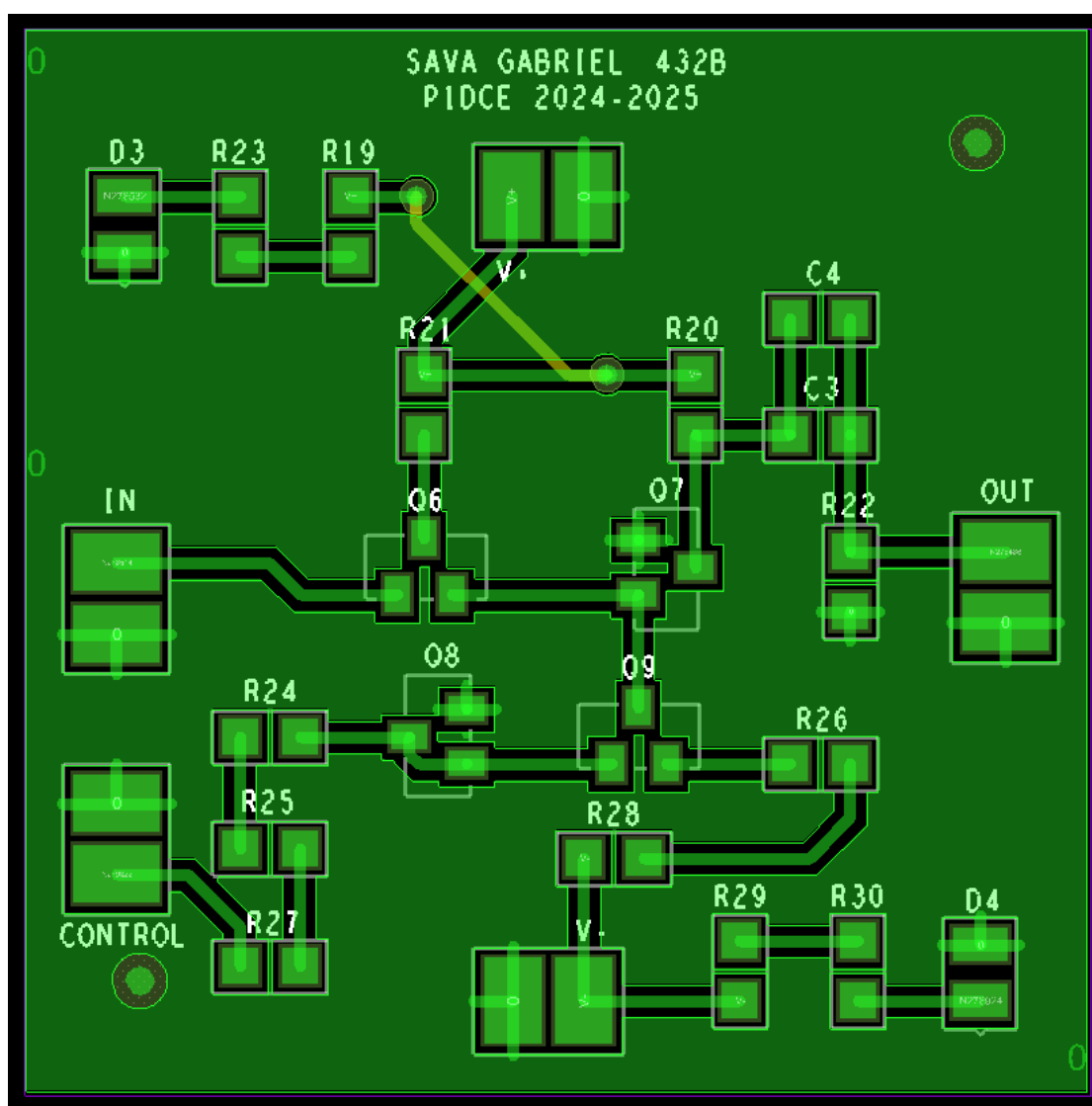
$$24 = 2.6 \cdot 1.5 + 8.7 + V_{CE15} + 5.21 \cdot 2.3 \Rightarrow V_{CE15} = +0.63 \text{ V}$$

$$V_{CE14} = V_{BE14} = 0.6 \text{ V} \Rightarrow \text{Presupunerea a fost corectă.}$$

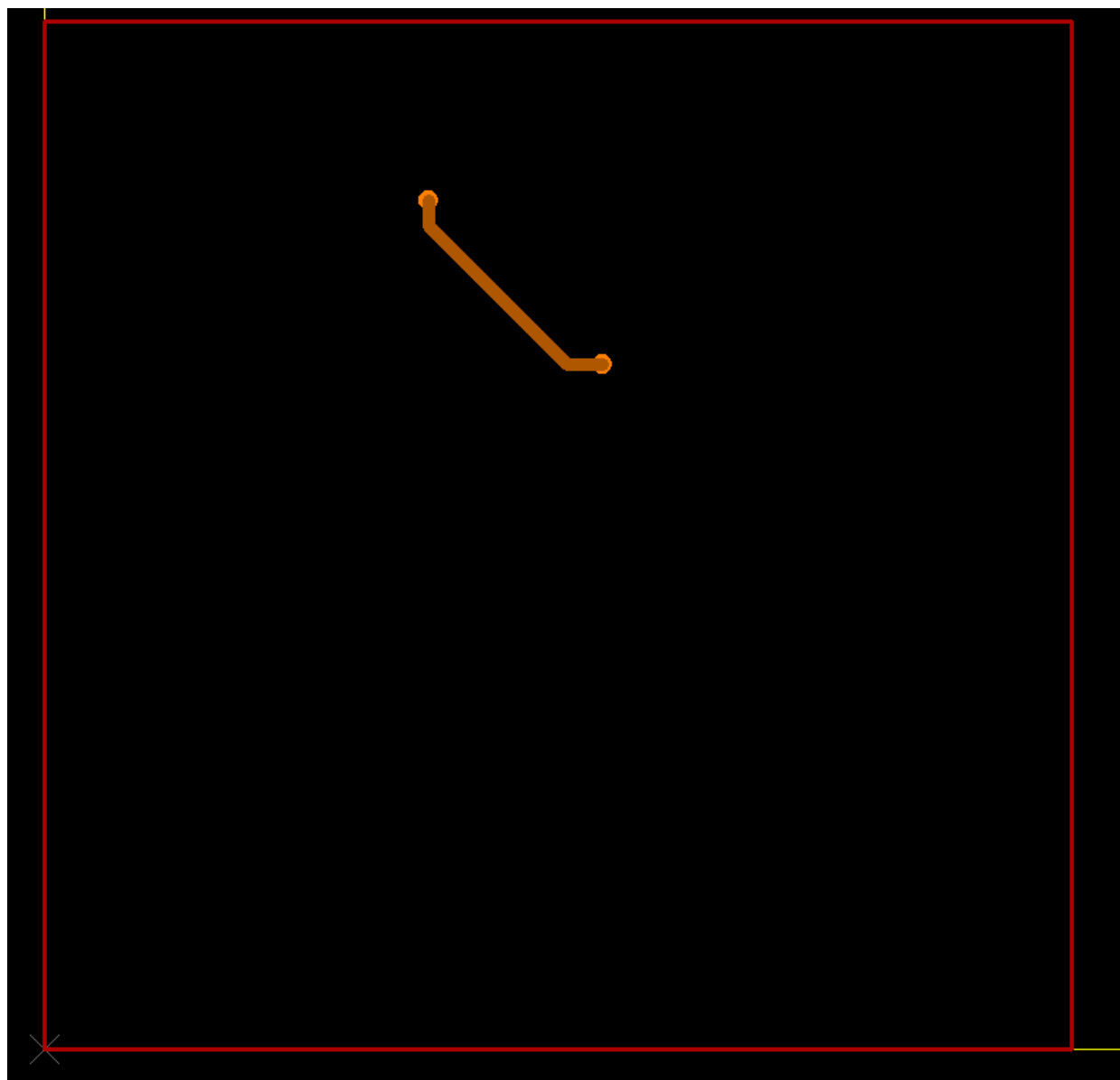
$$P_{12} = \frac{5.21 \cdot 8.7}{2} = 22.6 \text{ mW}; \quad P_{13} = 22.6 \text{ mW}$$

IV. Proiectarea și realizarea circuitului în tehnologie SMT & PCB

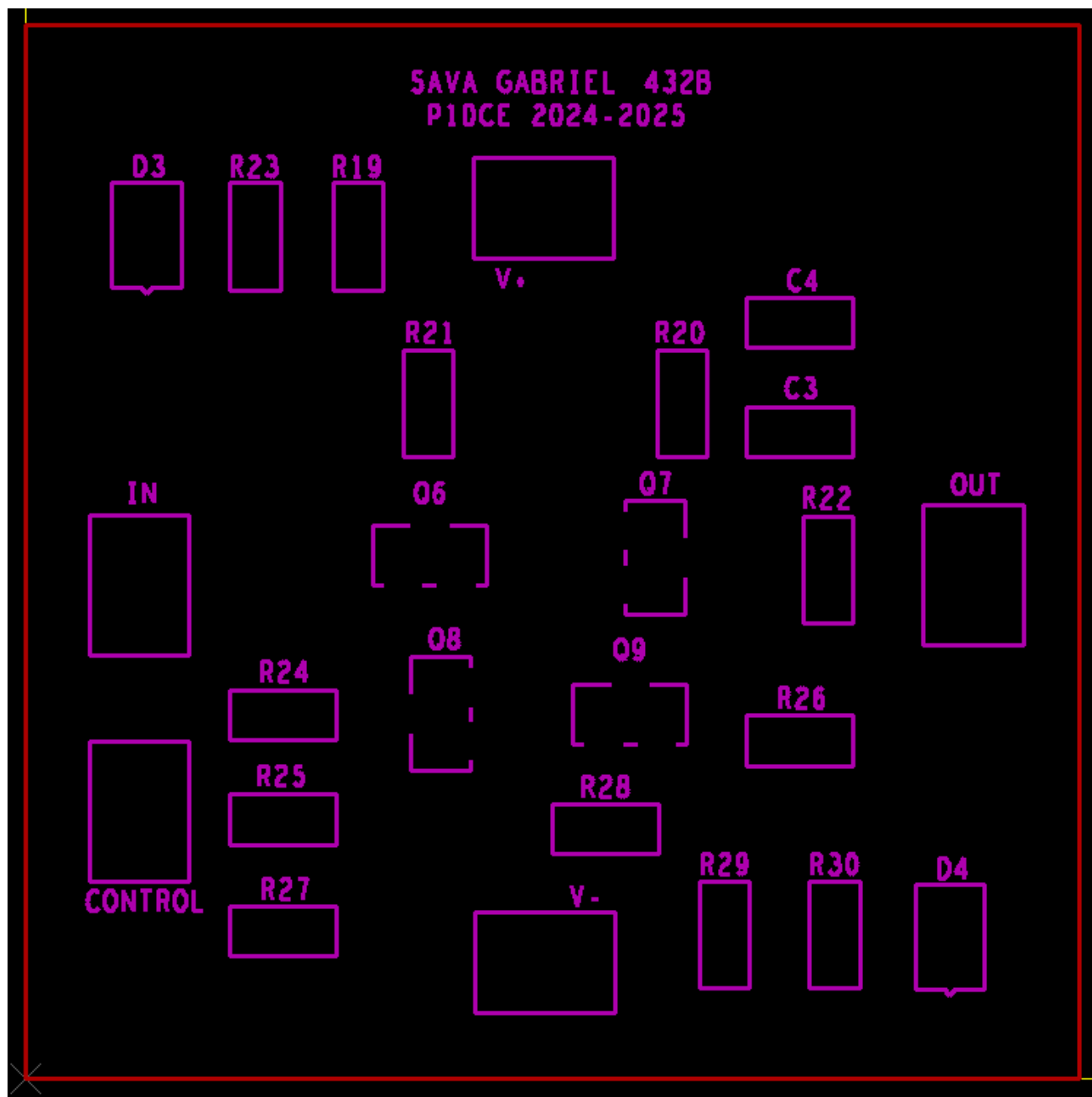
4.1. Imaginea structurii de interconectare (layer-ul electric TOP)



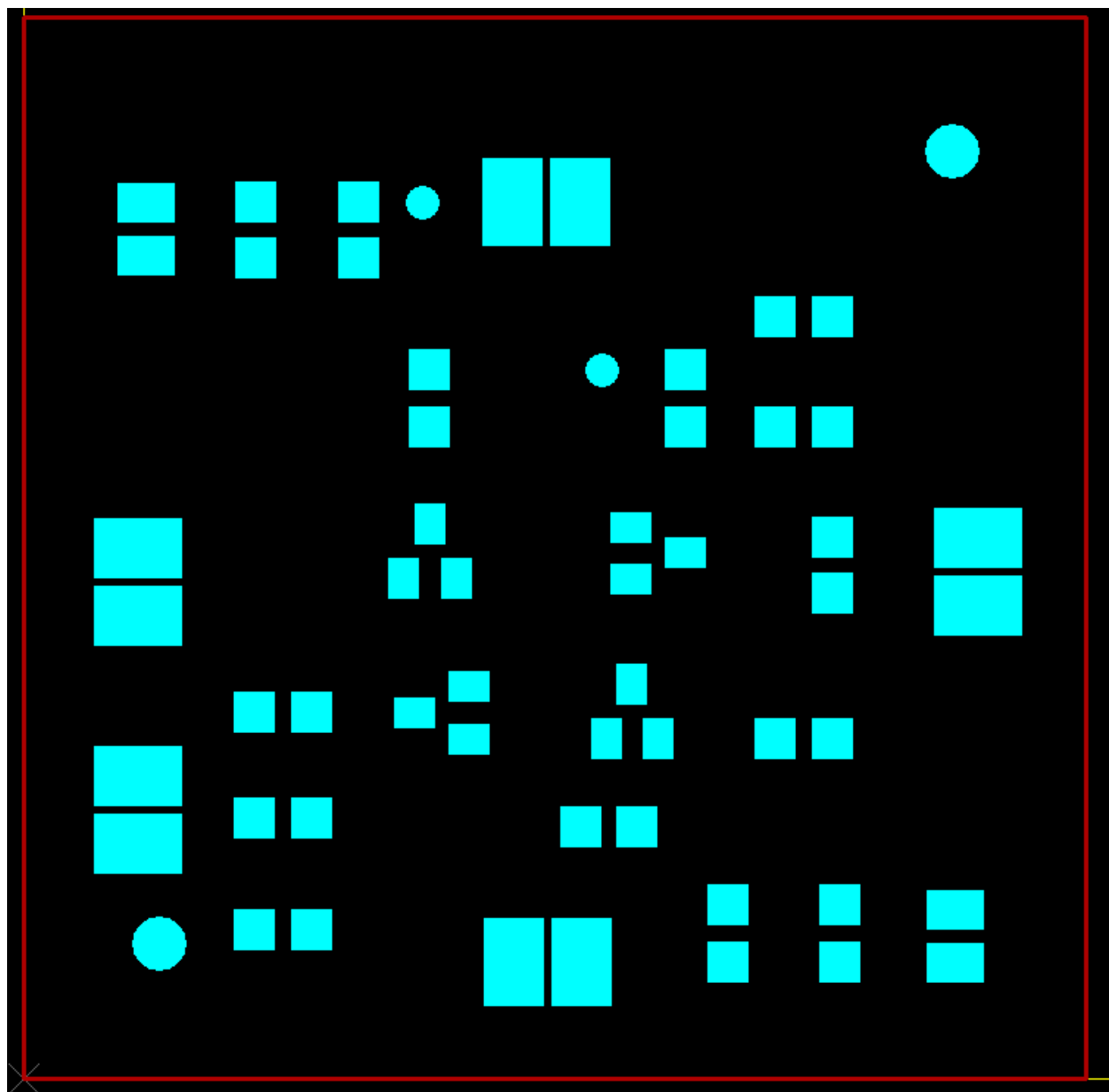
4.2. Imaginea de interconectare (layer-ul electric BOTTOM)



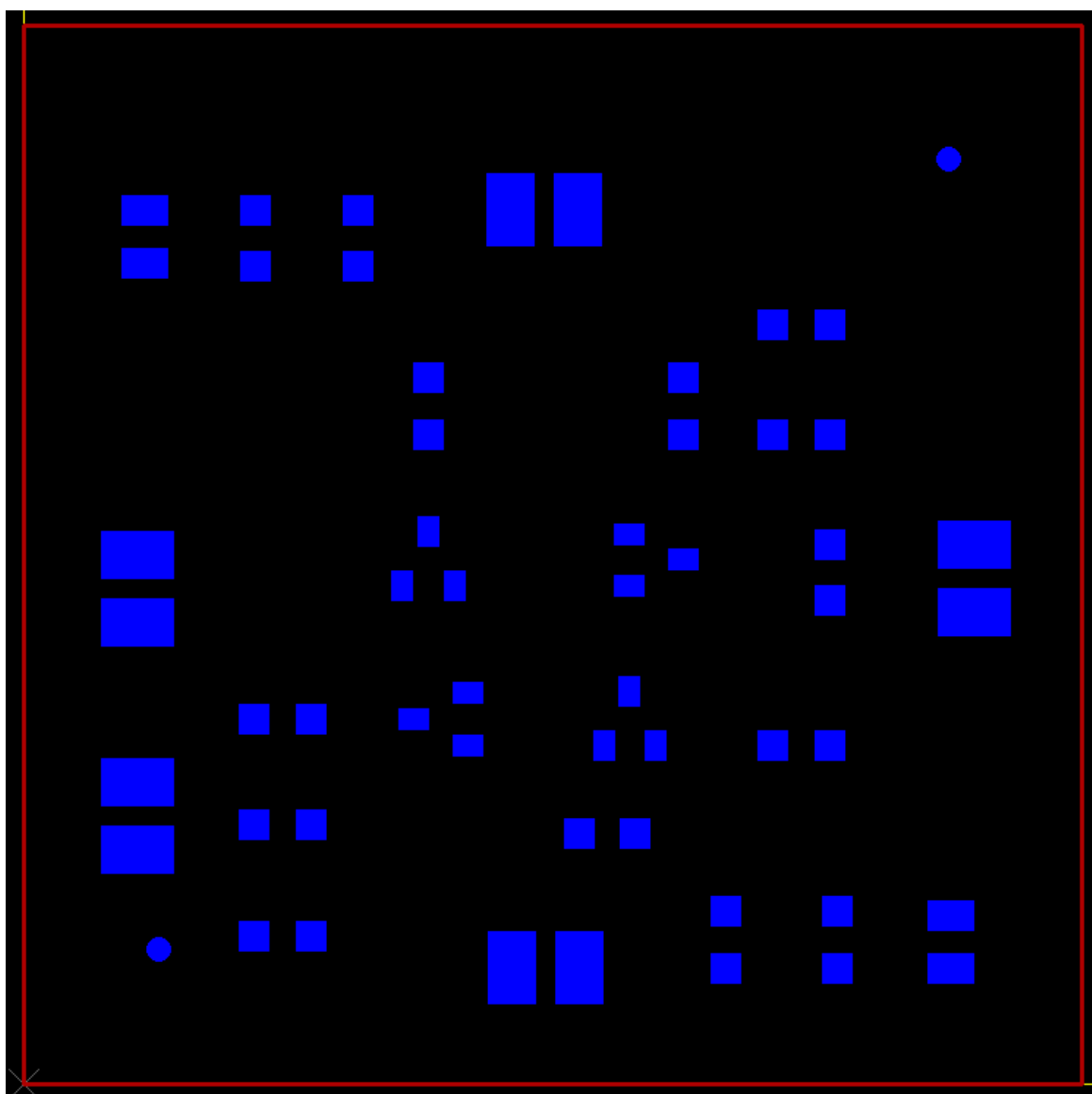
4.3. Imaginea măştii de inscripţionare (layer-ul neelectric SSTOP)



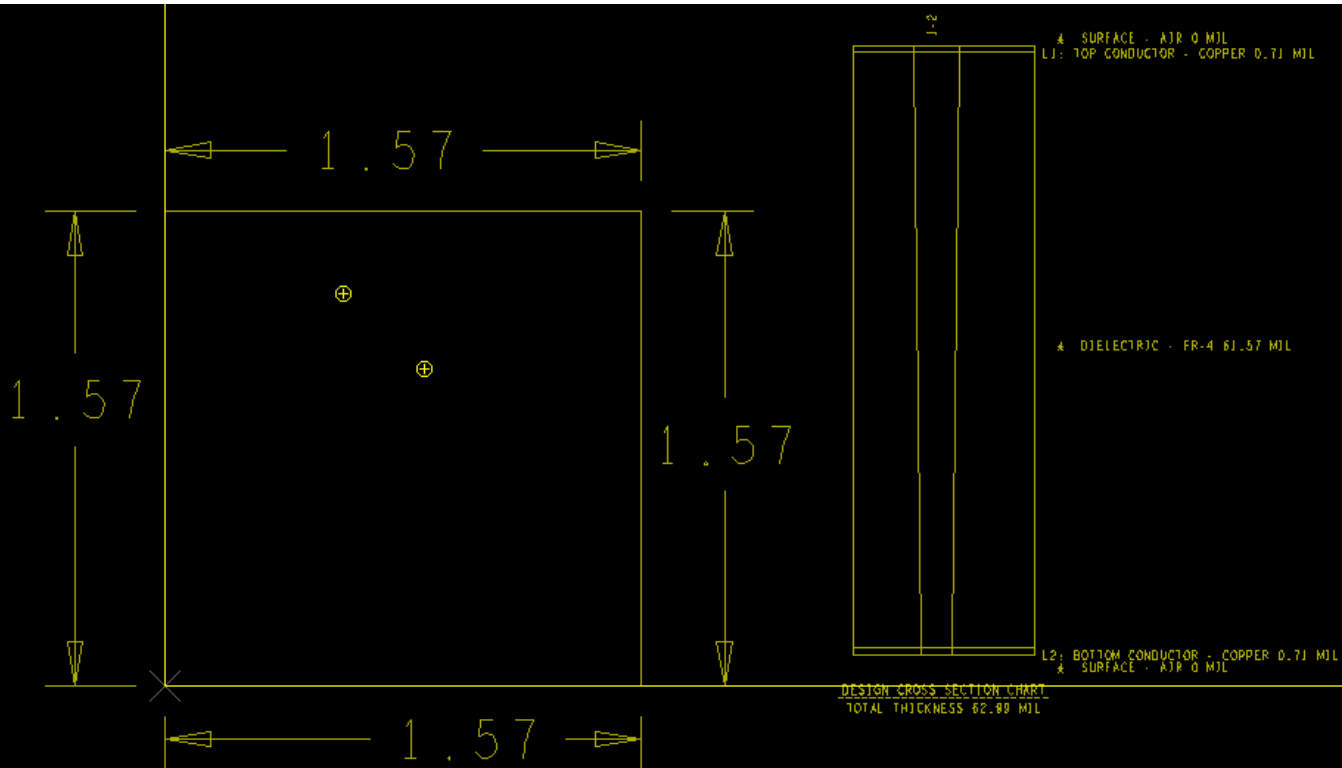
4.4. Imaginea măştii de protecție (layer-ul neelectric SMTOP)



4.5. Imaginea șablonului (layer-ul neelectric SPTOP)



4.6. Imaginea layer-ului neelectric mecanic (FAB)



DRILL CHART: TOP to BOTTOM

ALL UNITS ARE IN MILS

FIGURE	SIZE	PLATED	QTY
⊕	15.74	PLATED	2

4.7. Mod de realizare

Unelte necesare

Lipirea componentelor constă în fixarea și stabilirea unui contact electric între terminalele acestora, utilizând un aliaj de tip SnAgCu. Pentru acest proces sunt necesare câteva unelte esențiale: stația de lipit, cositorul (aliajul de lipire) și fluxul. Unele aliaje de lipire sunt disponibile sub formă de fire cu unul sau mai multe nuclee de flux integrate, care traversează centrul firului de lipire. Acest flux incorporat facilitează procesul de lipire, însă poate fi nedorit în anumite situații, cum ar fi necesitatea curățării post-lipire.

Fluxul este un agent chimic esențial în procesul de lipire, având rolul principal de pregătire a suprafețelor de lipire. Acesta elimină oxizii și impuritățile, asigurând o lipire de calitate. Pentru corectarea lipiturilor greșite sau îndepărtarea cositorului în exces, se poate utiliza tresa absorbantă.

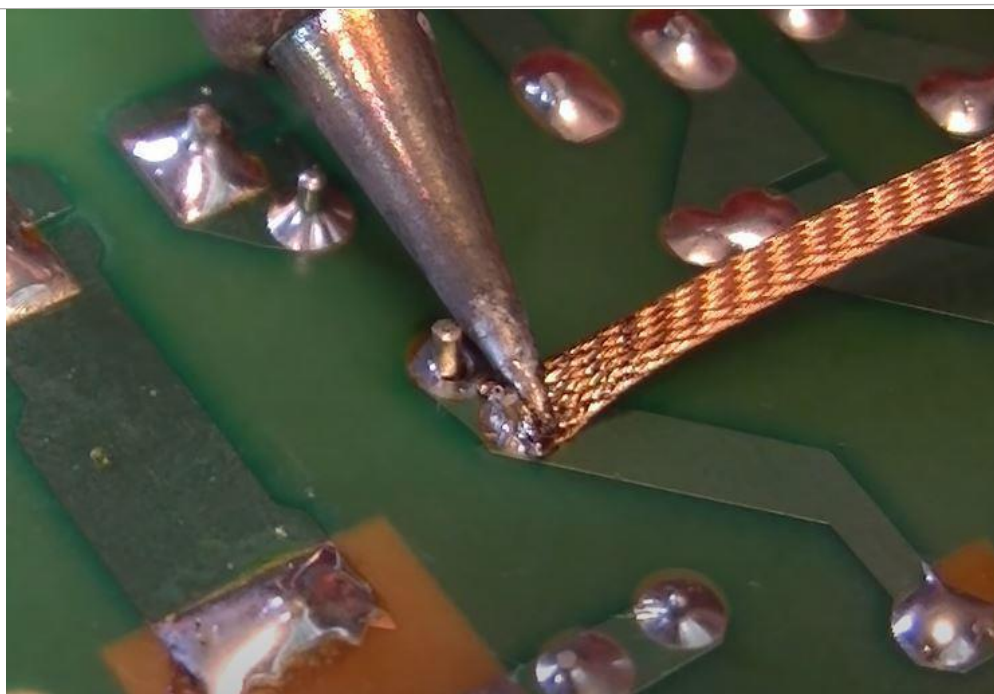
Procedura de lipire

1. Setarea temperaturii

Reglez temperatura vârfului de lipit la aproximativ **370°C**, adecvată pentru componentele utilizate în acest proiect. La finalul procesului de lipire, **nu curăț vârful de lipit de cositor** pentru a preveni oxidarea acestuia în perioada de inactivitate.

2. Utilizarea tresei absorbante

- Plasez tresa absorbantă între zona de cupru ce necesită curățare și ciocanul de lipit.
- Când temperatura ajunge la punctul de topire al aliajului, acesta va fi transferat de pe PCB către tresa, până când aceasta se saturează.
- **Atenție:** Evit mișcarea orizontală a tresei pe suprafața PCB-ului, deoarece acest lucru poate duce la desprinderea pad-urilor componentelor de pe substrat. Utilizez tresa **doar perpendicular** pe zonele ce urmează a fi curățate.



V. Manual de utilizare

Preamplificatorul audio cu amplificare controlată în tensiune a fost proiectat pentru a funcționa în regim optim la tensiunea de alimentare bipolară de 12V și tensiune de intrare sinusoidală cu valori cuprinse între 0 și 20mV.

- Se conectează toate bornele “-“ la GND;
- Se alimentează circuitul la 12V;
- Tensiunea de intrare se conectează la borna IN a circuitului;
- Se variază amplificarea dintr-o altă sursă, cu valori între 0V și 2V, la 0V avem amplificare maximă, iar la 2V semnalul de intrare este repetat;
- A nu se atinge sau modifica elementele componente/conexiunile în timpul funcționării
- 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;

VI. Bibliografie

- <https://hobbytronica.ro/amplificator-audio-cu-un-tranzistor-bipolar/>
- G. Brezeanu, F. Drăghici, *Circuite electronice fundamentale*, Ed. Niculescu, București, 2013;
- G. Brezeanu, F. Draghici, F. Mitu, G. Dilimot, *Circuite electronice fundamentale - probleme*, Editura Rosetti Educational, Bucuresti, editia II–2008;
- Note de curs - Circuite electronice fundamentale, Dragoș Dobrescu
- Platforme Laborator Tehnici CAD de Realizare a Modulelor Electronice, Norocel Codreanu
- Platforme Laborator Tehnici de Interconectare în Electronică, Norocel Codreanu
- <http://www.dce.pub.ro;>
- [http://www.cetti.ro/v2/tehnificad.php;](http://www.cetti.ro/v2/tehnificad.php)
- Designing a classic transistor-VCA from scratch - <https://www.youtube.com/watch?v=yMrCCx6uqcE>