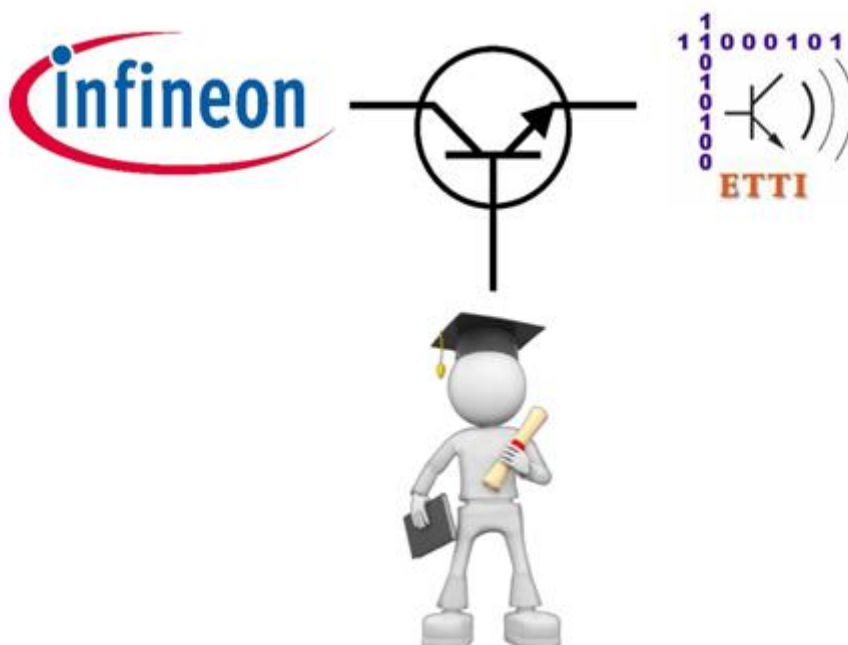


Proiect 1

Proiectarea și realizarea unui preamplificator audio cu amplificarea controlată de tensiune



Coordonator științific:
Prof. dr. ing. Dragoș Dobrescu
Ș.l. dr. ing. Mădălin Moise

Autor:
Agapie Andrei-Cosmin
Grupa 434B

CUPRINS

| | |
|--|----|
| 1. Introducere | 3 |
| 1.1 Amplicatorul audio | 3 |
| 2. Date inițiale de proiectare | 4 |
| 2.1 Descrierea temei | 4 |
| 2.2 Schema bloc | 4 |
| 2.3 Schema preamplificatorului audio | 5 |
| 2.4 Schema electronică a controlului în tensiune | 6 |
| 2.5 Schema finală | 6 |
| 3. Conținutul tehinc al proiectului | 7 |
| 3.1 Punctul static de funcționare | 7 |
| 4. Simularea montajului în LTSpice | 8 |
| 4.1 Simularea preamplificatorului audio | 8 |
| 5. Realizarea structurii de interconectare PCB | 9 |
| 5.1 Crearea unui proiect și importarea schemei în Altium | 9 |
| 5.2 Alocarea de footprinturi PCB | 10 |
| 5.3 Realizarea PCB-ului | 11 |
| 5.4 Generarea fișierelor Gerber | 14 |
| 5.5 Bill Of Materials (BOM) | 15 |
| 6.Asamblare PCB | 16 |
| 6.1 Unelte necesare | 16 |
| 6.2 Procedura de lipire | 16 |
| 6.3 Lipirea componentelor SMD cu 2 terminale | 17 |
| 6.4 Lipirea componentelor SMD cu mai multe terminale | 18 |
| 6.5 Testarea PCB ului | 20 |
| 7. Manual de utilizare | 21 |
| 8. Concluzie | 22 |
| 9.Bibliografie | 23 |

1. Introducere

1.1 Amplificatorul audio

Un amplificator audio este folosit pentru a crește amplitudinea unei forme de undă a semnalului, fără a modifica alți parametri ai formei de undă, cum ar fi frecvența sau forma de undă.

Amplificatorul audio este amplificator electronic destinat amplificării semnalelor audio de slabă putere preluate dintr-un dispozitiv de recepție (microfon, instrument muzical) sau de stocare (magnetofon, casetofon, CD-player, DVD-player) și retransmiterii unui difuzor (sau sistem de difuzoare).

Controlul în tensiune extern al unui preamplificator audio permite ajustarea câștigului audio prin aplicarea unui semnal de control variabil.

2. Date inițiale de proiectare

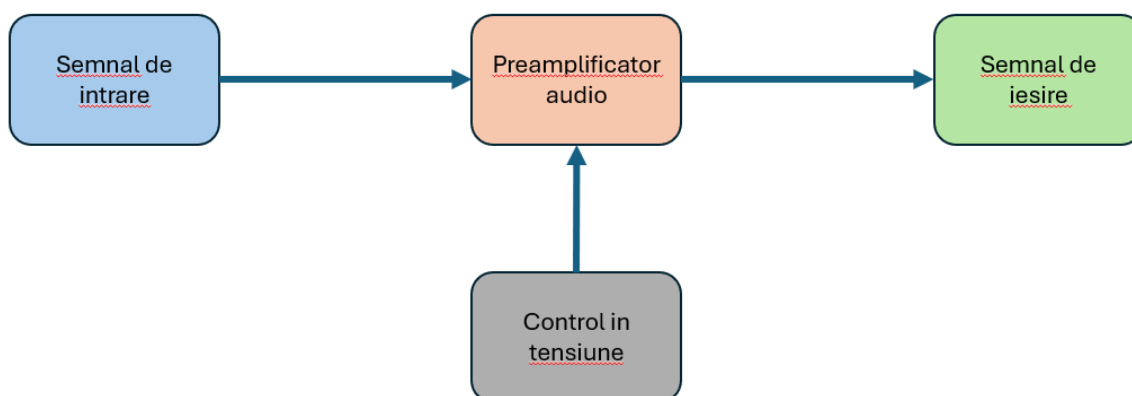
2.1 Descrierea temei

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

- Tensiunea de alimentare unipolară ($V_{CC}=10+N$ V) sau bipolară ($V_{CC}=10+N$ V, $V_{EE}=-V_{CC}$). Semnalizarea prezenței tensiunii cu LED.
- Tensiune de intrare sinusoidală cu amplitudinea cuprinsă între 0 și $10 \times N$ mV.
- Frecvența semnalului de intrare de N kHz.
- Tensiunea continuă de control a amplificării cuprinsă între 0 și N V.
- Amplificarea în tensiune controlată cuprinsă între 1 și $10 \times N$.
- Rezistența de sarcină $500+100 \times N \Omega$.

Numărul natural $N=1$.

2.2 Schema bloc



2.3 Schema preamplificatorului audio

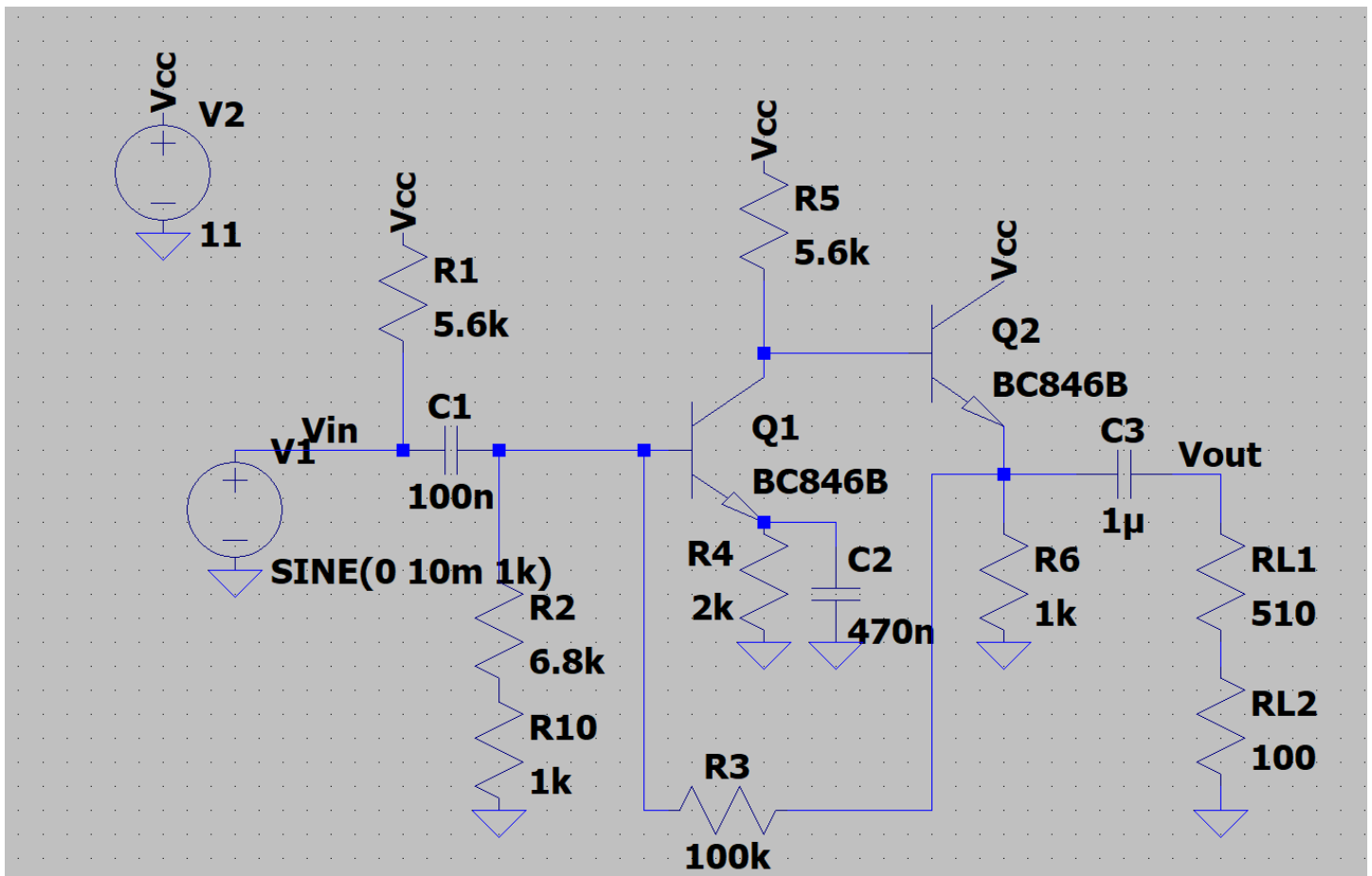


Figura 2.3.1 Schema electronică a preamplificatorului audio

2.4 Schema controlului in tensiune

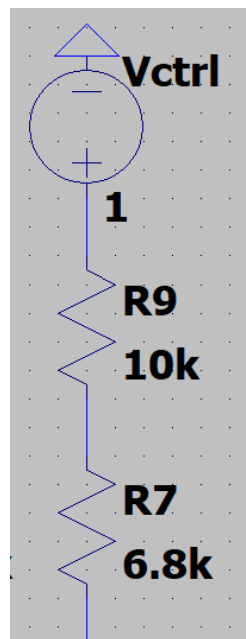


Figura 2.4.1 Schema electronică a controlului în tensiune

2.5 Schema finală

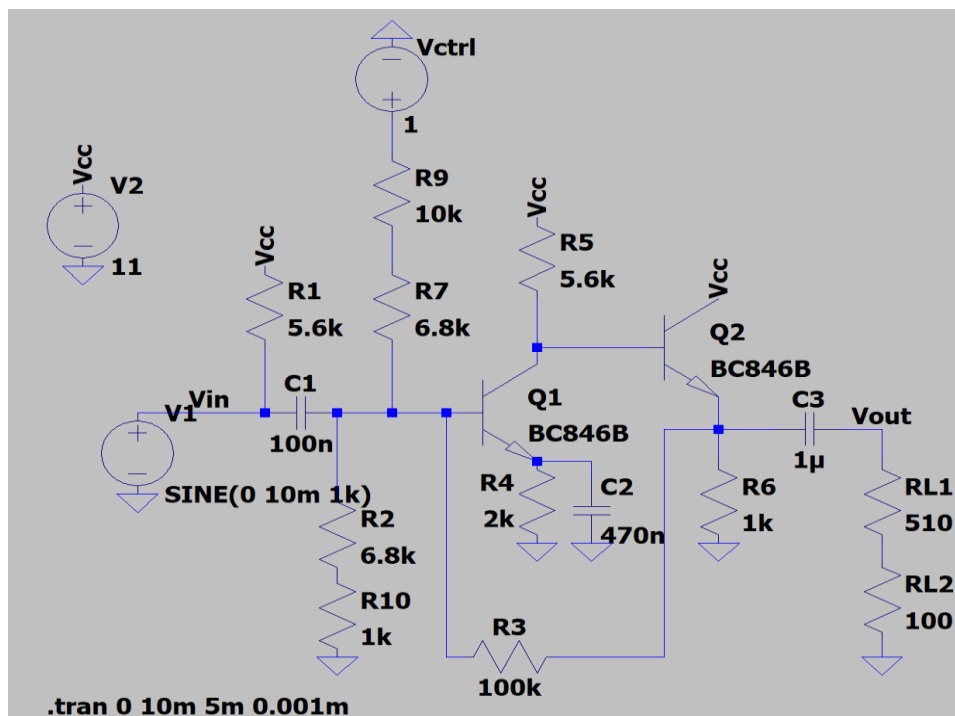


Figura 2.5.1 Schema electronică a montajului final

3. Conținutul tehinc al proiectului

3.1 Punctul static de funcționare

Punctul Static de Funcționare

$Q_1; Q_2$ sunt NPN BC 846B)

$\Rightarrow V_{CE\max} = 65V$

$I_{C\max} = 200mA$

$P = 200mW$

$\beta = 290$ (at f_c din typical values)

$Q_1; Q_2 - RAN \Rightarrow V_{BE} = V_{EB} = 0.6V$

- Condensatoarele dering galuri. $\Rightarrow I_L \approx 0$; Curentii de Baza ≈ 0

$V_{CC} = I_1 R_1 \Rightarrow I_1 = \frac{V_{CC}}{R_1} = \frac{11}{5.6} = 1.964mA$

$V_{BE1} + I_{C1} \cdot R_4 = 0 \Rightarrow I_{C1} = \frac{V_{BE1}}{R_4} = \frac{0.6}{2} = 0.3mA$

$V_{CC} = I_{C1} \cdot R_5 + V_{BE2} + I_{C2} \cdot R_6 \Rightarrow I_{C2} = \frac{V_{CC} - I_{C1} R_5 - V_{BE2}}{R_6} = \frac{11 - 1.68 - 0.6}{1} = 8.72mA$

$V_{CC} = R_5 I_{C1} + V_{CE1} + R_4 I_{C1} \Rightarrow V_{CE1} = V_{CC} - R_5 I_{C1} - R_4 I_{C1} = 11 - 1.68 - 0.3 = 9.02V \Rightarrow V_{BE1}$

$V_{CC} = V_{CE2} + I_{C2} R_6 \Rightarrow V_{CE2} = V_{CC} - I_{C2} R_6 = 11 - 8.72 = 2.28V > V_{BE2}$

$I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta} = \frac{0.3}{290} \approx 1\mu A$

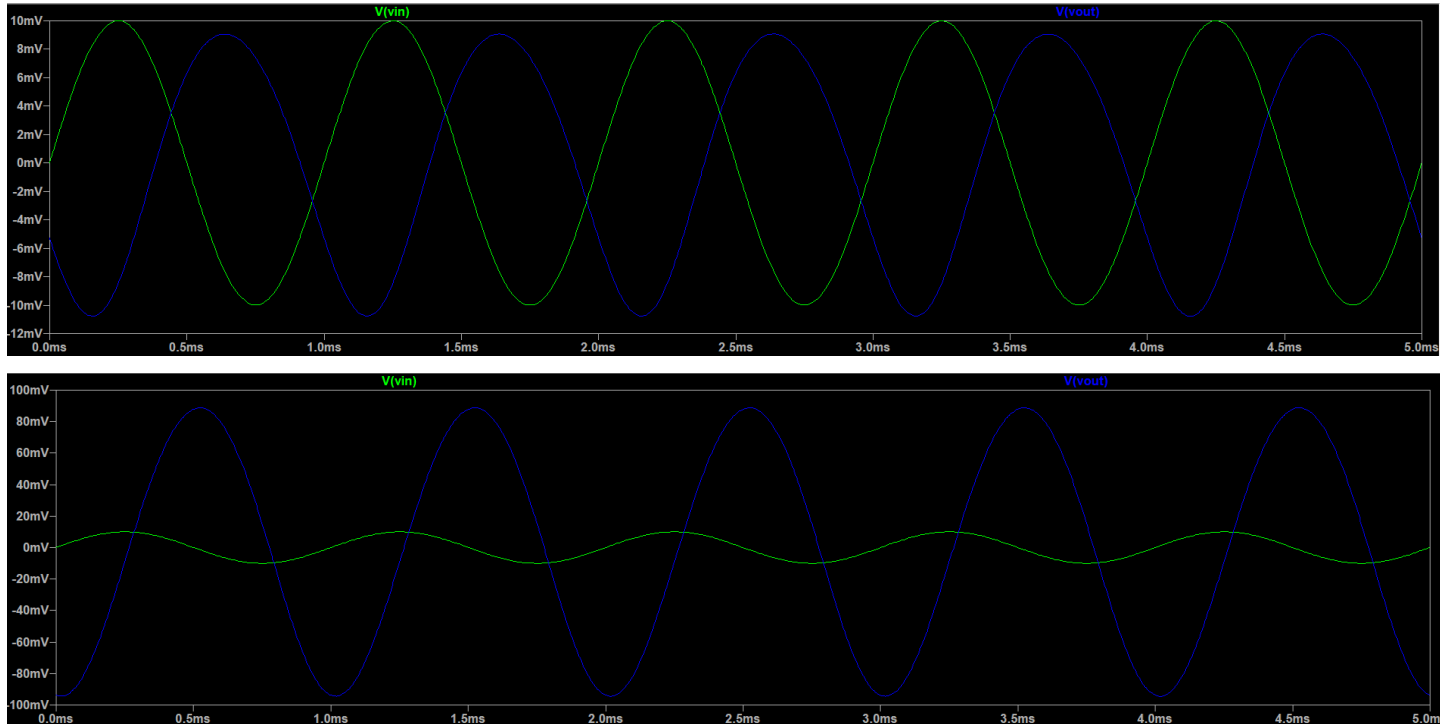
$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta} = \frac{8.72}{290} \approx 30\mu A$

$P_1 = I_{C1} \cdot V_{CE1} = 2.706mW$

$P_2 = I_{C2} \cdot V_{CE2} = 19.88mW$

4. Simularea montajului in LTSpice

4.1 Simularea preamplificatorului audio



- A) Tensiunea de control=0;
- B) Tensiunea de control=1;

Figura 4.1.1 Simularea în domeniul frecvență a preamplificatorului audio

5. Realizarea structurii de interconectare PCB

5.1 Crearea unui proiect si importarea schemei in Altium

Se creează un nou proiect unde o sa importăm schema din LTSpice in Altium.

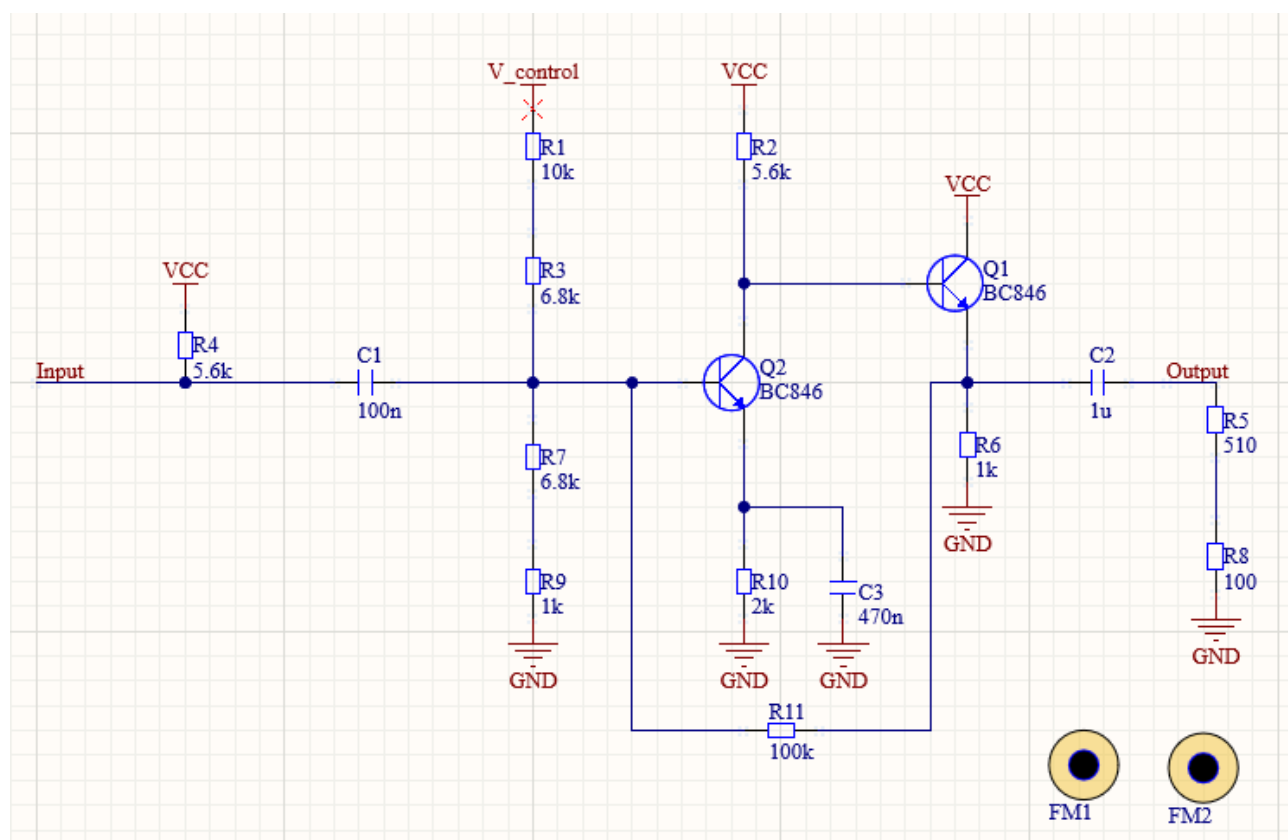


Figura 5.1.1 Schema electronică a montajului realizată în Altium Designer

Odată ce am importat schema electronică se trece la următorul pas in crearea PCB-ului.

5.2 Alocarea de footprinturi PCB

Alocarea footprinturilor se face astfel: **Tools – Footprint Manager**. Pentru condensatoare se folosește footprintul CAP0805 specific condensatoarelor ceramice, pentru rezistoare se folosește RES0805, iar pentru tranzistoare s-a folosit SOT23.

Pasul următor este trecerea la realizarea structurii PCB. Pentru acest lucru se vor verifica dacă toate componentele din schema electrică au asociate câte un footprint PCB.

Se va asocia tuturor componentelor câte o capsulă (se va completa tabelul BOM din anexa 2.1.8 cu coloana PCB Footprint). Aceste capsule (și numele lor) se vor copia din bibliotecile mediului Allegro PCB Editor. Se vor adăuga în tabel și noile componente care nu au fost prevăzute din schema inițială de simulare (test-pointuri, footprint conector/conductor electric, cele 2 diode LED și rezistențele serie asociate acestora).

| Footprint Manager - [P1_Agapie.PrjPcb] | | | | | | | |
|---|------------|--------------------|------------------|----------------|------------|----------------------|--|
| Component List | | | | | | | |
| Drag a column header here to group by that column | | | | | | | |
| 18 Components (1 Selected) | | | | | | | |
| Selected | Designator | Comment | Current Footp... | Design Item ID | Part Count | Sheet Name | |
| | C1 | 100n | CAP0805 | CAP0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | C2 | 1u | CAP0805 | CAP0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | C3 | 470n | CAP0805 | CAP0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | FM1 | Fiducial Marker FM | | FM? | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | FM2 | Fiducial Marker FM | | FM? | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | Q1 | BC846 | SOT23-3 | BC846 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | Q2 | BC846 | SOT23-3 | BC846 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R1 | 10k | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R2 | 5.6k | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R3 | 6.8k | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R4 | 5.6k | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R5 | 510 | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R6 | 1k | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R7 | 6.8k | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R8 | 100 | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R9 | 1k | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R10 | 2k | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |
| | R11 | 100k | RES0805 | Res0805 | 1 | P1_AGAPIE_SCH.SchDoc | |

Figura 5.2.1 Meniul Footprint Manager

5.3 Realizarea PCB-ului

Pentru realizarea PCB-ului se vor parcurge următorii pași:

➤ Definirea conturului de placă (Board Outline)

Acest contur se definește în funcție de cerințele de proiect. Se poate cere o anumită dimensiune a lui și în acest caz componentele vor fi plasate în mod convenabil pentru a îndeplini această condiție (uzual această situație se întâlnește de exemplu în industria automotive unde se cer anumite module electronice în spațiul fizic dedicat) sau în cazul validării unui concept sau al unui prototip realizat de “hobby” această dimensiune nu este impusă și atunci limita PCB ului va fi determinată de componentele plasate pe placă.

➤ Mutarea originii în colțul din stânga jos (Change Draw origin)

Orice desen mecanic implică existența unei origini/referințe în funcție de care sunt calculate toate celelalte elemente fizice (exemplu poziția componentelor sau al traseelor). În electronică se consideră colțul din stanga jos al plăcii ca fiind referința întregului proiect PCB.

➤ Definirea numărului de layere (Cross section Editor)

Un PCB poate avea în mod uzual între 1 strat electric (de regulă fața de jos “Bottom” cu trasee și pe fața “Top” se află componentele în tehnologie THD) sau mai multe straturi electrice în funcție de complexitatea produsului (exemplu o placă de bază de laptop are în mod uzual 8 straturi electrice iar plasarea componentelor este realizată atât pe fața “Top” cât și pe fața “Bottom” folosind componente cu lipire pe suprafață – SMD).

➤ Setarea spațierilor și lățimilor din proiect (constraints manager)

Orice proiect PCB va avea în funcție de cerințele din etapa de proiecta și simulare, anumite capacități de curent ale traseelor dar și limitări de natură EMC (evitarea cuplajelor nedorite sau definirea unor semnale zgomotoase sau sensibile la zgomot pentru care se definesc zone de protecție). Aceste aspecte se vor defini folosind clase de trasee și componente. De exemplu în funcție de grosimea stratului de cupru al layerului electric de pe fața “Top”, al variației de temperatură pe traseu, al temperaturii ambiante și al curentului transportat de un anumit traseu, se va calcula lățimea traseului.

➤ Plasarea componentelor pe placă

Componentele pe placa se vor plasa pornind de la poziția componentelor de putere (care au o disipare termică mare sau transportă un curent important) sau al conectorilor, sau al componentelor cu o dimensiune fizică mare (de exemplu un condensator electrolitic de valoare mare) și terminând cu plasarea componentelor de mici dimensiuni aflate în proximitatea circuitelor deja amplasate.

➤ Rutarea traseelor

Traseele electrice care vor uni terminalele componentelor se vor proiecta ținându-se cont (după cum am menționat în secțiunea 4.6. C si D si E) atât de capacitățile termice și de curent dar și de limitările impuse de elementele EMC (exemplu: traseele analogice și cele digitale sunt tratate în mod diferit la fel cum traseele de putere ale unui amplificator audio au reguli diferite față de cele de semnal mic ale amplificatorului diferențial de la intrare). Aceste trasee se pot

realiza pe diferite fețe electrice iar pentru legătura între diferitele “layere electrice” se folosesc elemente de tip VIAS care pot fi îngropate (pentru proiecte cu mai mult de 2 layere electrice, exemplu într-un proiect cu 4 layere electrice conectează layerul 2 de 3) sau care străpung structura de pe layerul Top pe layerul Bottom (exemplu același proiect cu 4 layere electrice, acest VIAS leagă straturile 1,2,3 și 4).

➤ Așezarea convenabilă a marcajelor

În proiectul PCB pe lângă elementele de natură electrică (trasee și VIAS-uri) există și o serie de elemente cu rol de ghidaj pentru depanare și măsurători sau pentru poziționare componente în timpul asamblării. Aceste elemente pot fi plasate pe layerele non-electrice de tip “SilkScreen” sau “Assambly” sau “Mechanic”.

➤ Verificarea întregului proiect

După ce au fost realizate toate etapele anterioare și întregul circuit PCB este finalizat, se trece la etapa de verificare automată (folosind mediul Orcad), verificare manuală (urmărind anumite reguli de proiectare impuse), iar la final se vor introduce elementele necesare unei inspecții optice automate sau de plasare automată de componente – *indicatori Fiduciali* (“Fiducial Markers”)

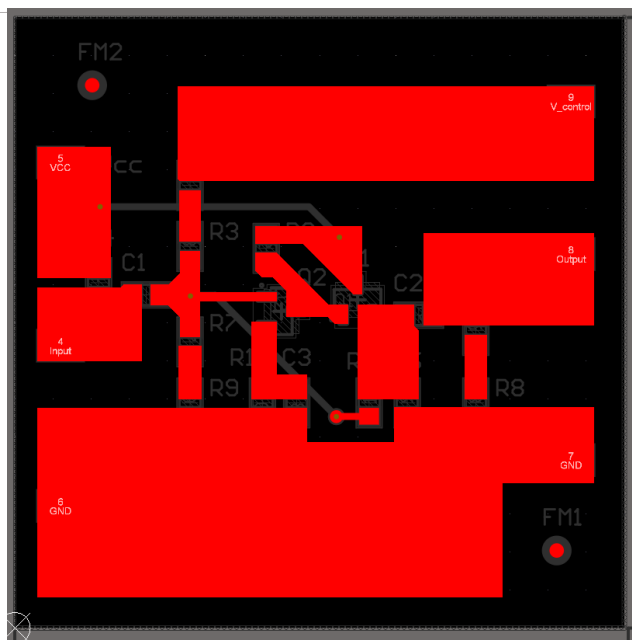


Figura 5.3.1 Layer-ul Top al PCB-ului

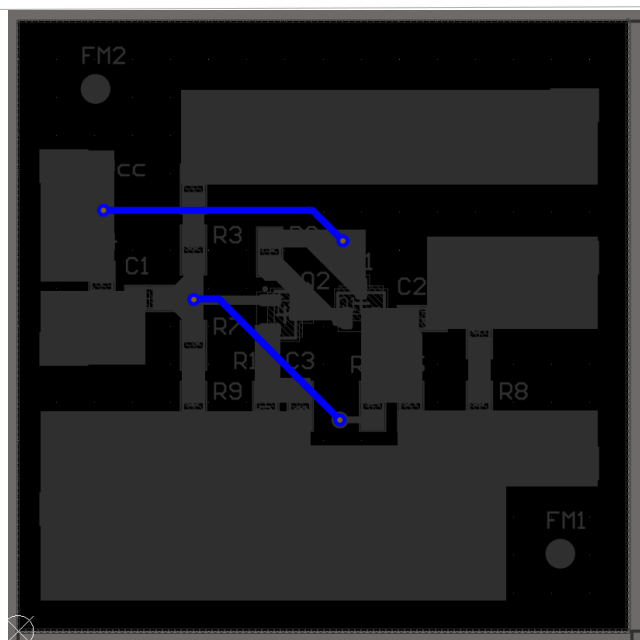


Figura 5.3.2 Layer-ul Bottom al PCB-ului

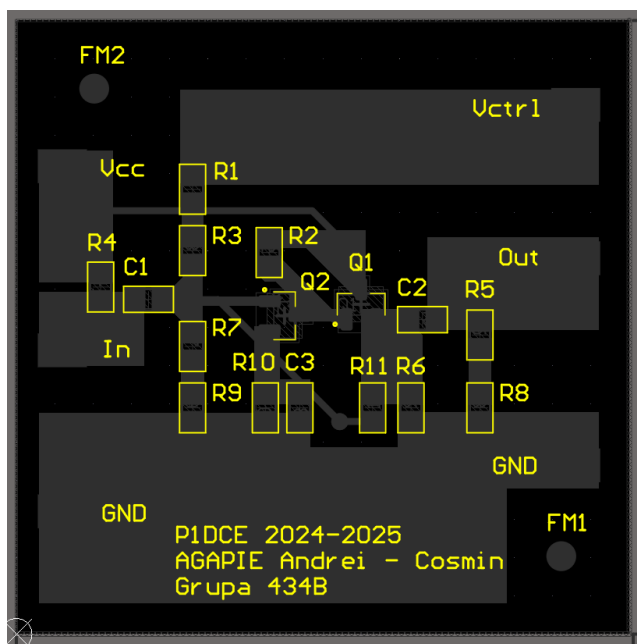


Figura 5.3.3 Layer-ul Top Overlay al PCB-ului

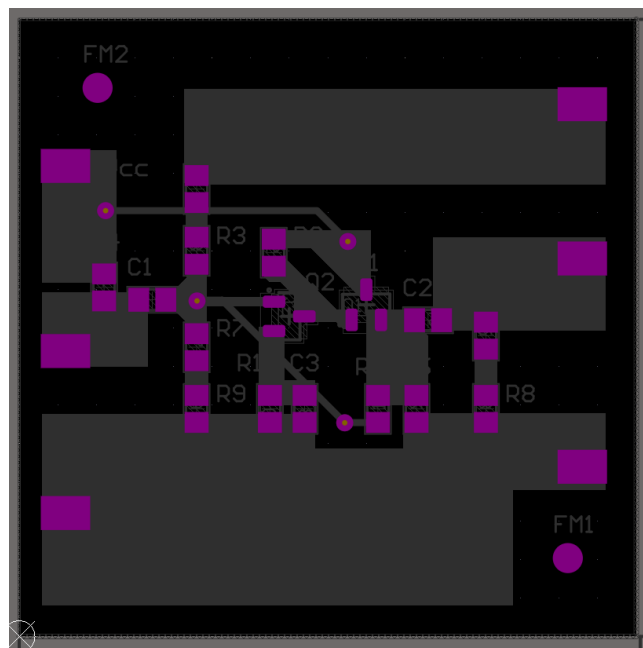


Figura 5.3.4 Layer-ul Top Pads al PCB-ului

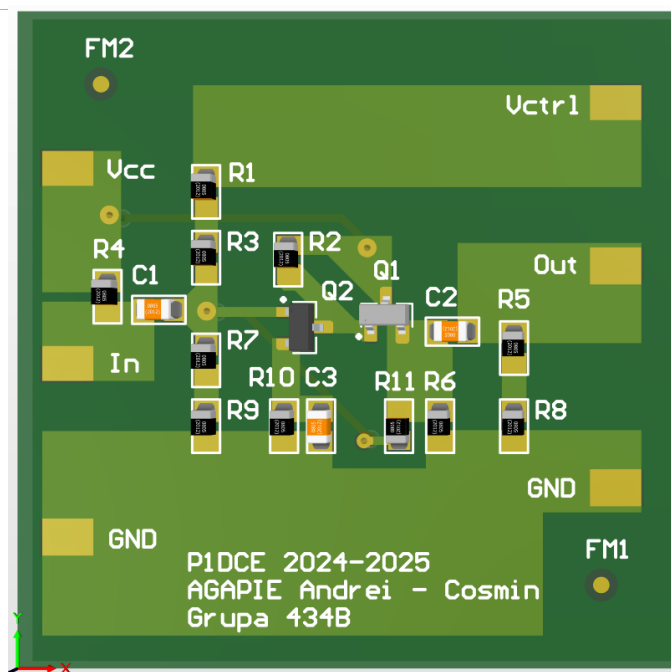


Figura 5.3.5 Vederea 3D a PCB-ului (TOP)

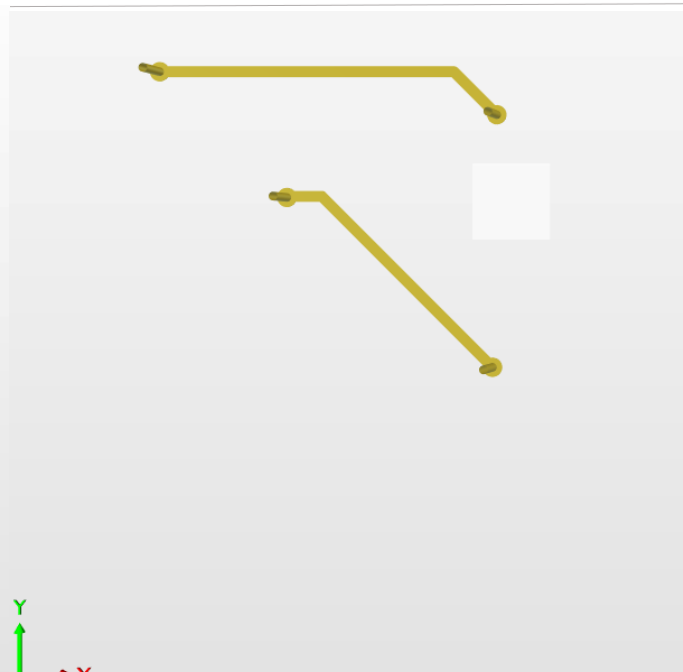


Figura 5.3.6 Vederea 3D a PCB-ului (Bottom)

5.4 Generarea fișierelor Gerber

Realizarea structurii PCB și obținerea unui layout corect nu este suficient pentru a putea fi trimis la fabrică întregul proiect. În lumea electronicii există un “limbaj” comun pentru fabricația PCB-ului iar fișierele care conțin toate datele de fabricație poartă numele de “fișiere Gerber”.

5.5 Bill Of Materials (BOM)

| Nr. Crt. | Nume | Catalog | Cod distrib | Nume prod | Prod | Clasă | Qty fix | Qty final | Qty min | Descriere | Distribuitor |
|----------|-------|------------------------|------------------|--------------------|-----------|--------------------|---------|-----------|---------|--|--------------|
| 11 | 100 | (LINK) | SMD0805-100R-5% | 0805S8J010 1T5E | ROYAL OHM | rezistor | 1 | | | Rezistor SMD, chip, 0805, 100Ω, ±5%, 0.125W | TME România |
| 16 | 510 | (LINK) | SMD0805-510R-5% | 0805S8J051 1T5E | YAGEO | rezistor | 1 | | | Rezistor SMD, chip, 0805, 510Ω, ±5%, 0.125W | TME România |
| 20 | 1k | (LINK) | SMD0805-1K-5% | 0805S8J010 2T5E | ROYAL OHM | rezistor | 2 | | | Rezistor SMD, chip, 0805, 1kΩ, ±5%, 0.125W | TME România |
| 23 | 2k | (LINK) | SMD0805-2K-5% | 0805S8J020 2T5E | ROYAL OHM | rezistor | 1 | | | Rezistor SMD, chip, 0805, 2kΩ, ±5%, 0.125W | TME România |
| 29 | 5.6k | (LINK) | SMD0805-5K6-5% | 0805S8J056 2T5E | ROYAL OHM | rezistor | 2 | | | Rezistor SMD, chip, 0805, 5.6kΩ, ±5%, 0.125W | TME România |
| 30 | 6.8k | (LINK) | SMD0805-6K8-5% | RC0805JR-076K8L | YAGEO | rezistor | 2 | | | Rezistor SMD, chip, 0805, 6.8kΩ, ±5%, 0.125W | TME România |
| 33 | 10k | (LINK) | SMD0805-10K-5% | 0805S8J010 3T5E | ROYAL OHM | rezistor | 1 | | | Rezistor SMD, chip, 0805, 10kΩ, ±5%, 0.125W | TME România |
| 38 | 100k | (LINK) | SMD0805-100K-5% | 0805S8J010 4T5E | ROYAL OHM | rezistor | 1 | | | Rezistor SMD, chip, 0805, 100kΩ, ±5%, 0.125W | TME România |
| 69 | 100nF | (LINK) | CL21B104KB CNNNC | CL21B104KB CNNNC | SAMSUNG | condensator | 1 | | | ceramic; MLCC; 100nF; 50V; X7R; ±10%; SMD; 0805 | TME România |
| 72 | 470nF | (LINK) | CC0805MRY 5V8474 | CC0805MRY 5V8BB474 | YAGEO | condensator | 1 | | | Condensator; ceramic; MLCC; 470nF; 50V; Y5V; -20++80%; SMD; 0805 | TME România |
| 73 | 1uF | (LINK) | CL21B105KB FNNNG | CL21B105KB FNNNG | SAMSUNG | condensator | 1 | | | Condensator; ceramic; MLCC; 1uF; 50V; X7R; ±20%; SMD; 0805 | TME România |
| 87 | NPN | (LINK) | BC846B | BC846B | DIOTEC | tranzistor bipolar | 2 | | | Tranzistor bipolar NPN, SMD, SOT23, 65V, 100mA | TME România |

Figura 5.5.1 Fisierul BOM

6.Asamblare PCB

6.1 Unelte necesare

Lipirea componentelor reprezintă fixarea și punerea în contact electric a terminalelor acestora folosind un aliaj tip SnAgCu. Pentru acest lucru sunt necesare câteva unelte: stație de lipit, cositor (aliajul de lipire) și flux. Unele aliaje de lipire sunt disponibile cu unul sau mai multe nuclee de flux care trec prin centrul firului de lipire. Acest flux incorporat ajută procesul de lipire, totuși uneori poate fi nedorit din mai multe motive (ex: metoda de curățare după lipire).

Fluxul este un agent chimic folosit în procesul de lipire cu principalul scop de pregătire a suprafețelor de lipire prin înlăturarea oxizilor și impurităților.

Tresa absorbantă pentru extras cositor poate fi folosită pentru refacerea unor lipituri incorecte sau curățarea cositorului în exces.

6.2 Procedura de lipire

Temperatura vârfului de lipit se va regla la o temperatură de aproximativ 370°C (pentru lipit componentele din acest proiect), iar la finalul procesului de lipire vârful acesteia nu trebuie curățat de cositor pentru a preveni oxidarea lui cât timp nu este folosit.

Tresa absorbantă se folosește prin plasarea acesteia între zona de cupru ce se dorește a fi curățată și ciocanul de lipit. Odată ce temperatura acesteia ajunge la punctul de topire al aliajului va transfera aliajul de pe PCB pe aceasta până se saturează. Nu este recomandată mișcarea orizontală a acesteia pe PCB deoarece poate desprinde padurile componentelor de pe substrat. Se folosește doar perpendicular pe zonele ce se doresc a fi curățate.

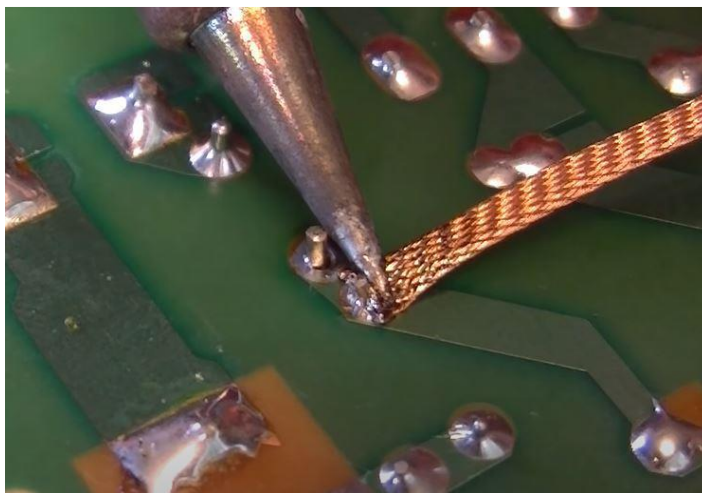


Figura 6.2.1 Folosirea Tresei

6.3 Lipirea componentelor SMD cu 2 terminale

Pasul 1 - La lipirea manuală a componentelor SMD(rezistențe, condensatoare, inductoare etc.) se va proceda la umplerea unui pad cu cositor înainte de montarea componente.

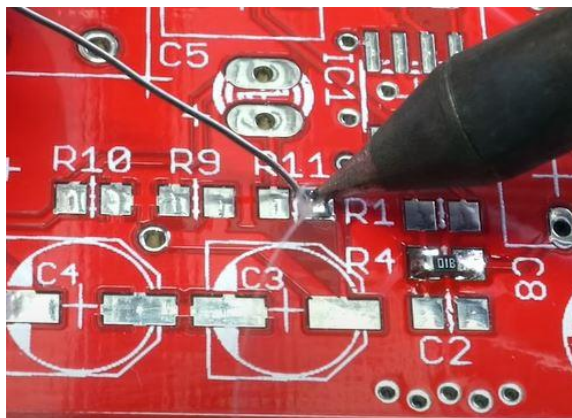


Figura 6.3.1 SMD 2 terminale

Pasul 2 – Se ia componenta cu o pensetă și se plasează în apropierea locului de lipire. Se va folosi vârful ciocanului de lipit pentru a topi cositorul de pe pad și fără a fi dat la o parte(aliajul trebuie menținut topit) se va muta componenta pe poziție. Odată ce aceasta este fixată corect se poate îndepărta vârful ciocanului de lipit de pe pad.

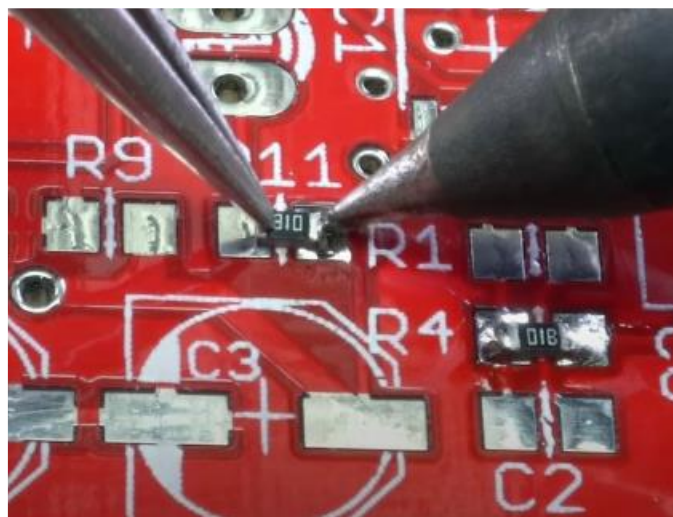


Figura 6.3.2 SMD 2 terminale

Pasul 3 – Lipirea terminalului rămas nelipit.

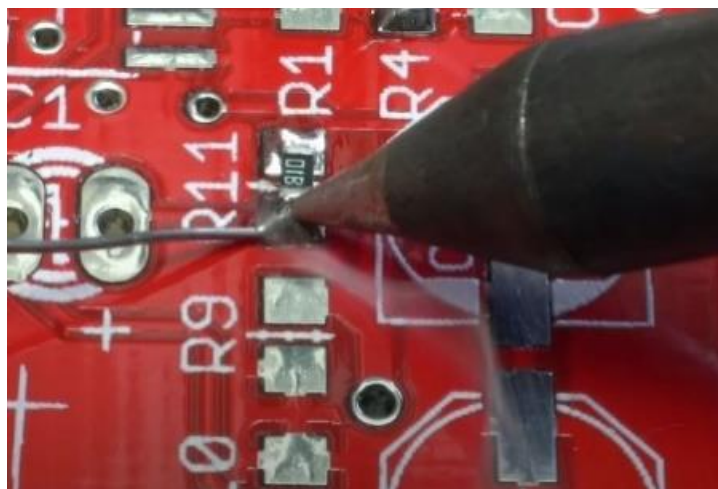


Figura 6.3.3 SMD 2 terminale

6.4 Lipirea componentelor SMD cu mai multe terminale

Pasul 1 – Se umple un pad din margine cu cositor.



Figura 6.4.1 SMD cu mai multe terminale

Pasul 2 – Se folosește penseta pentru a plasa componenta pe poziție în timp ce cositorul este menținut topit de ciocanul de lipit. După ce aceasta este fixată se poate proceda la lipirea terminalului din colțul opus, iar la final restul de terminale pot fi lipite.

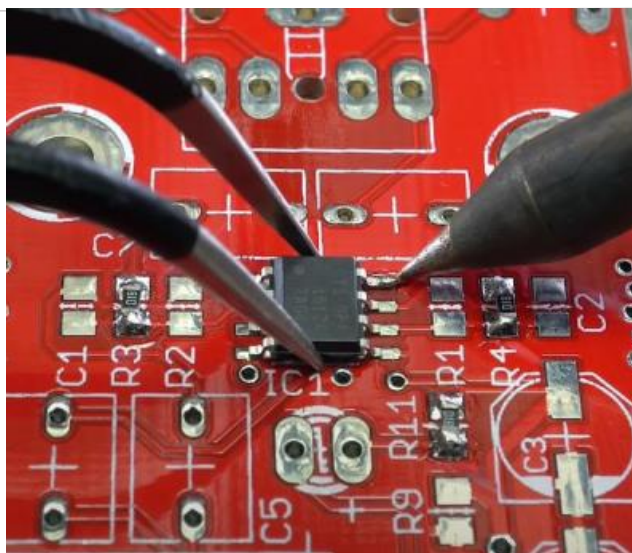


Figura 6.4.2 SMD cu mai multe terminale

6.5 Testarea PCB ului

Mai departe după procesele de lipire a componentelor, în general PCB-urile fabricate în serii mari pentru o multitudine de aplicații sunt testate electric. Acest proces se poate face prin mai multe metode, dintre care unul constă în testarea pe “pat de cuie” (Figura 6.5.1) sau cu flying probes (Figura 6.5.2).

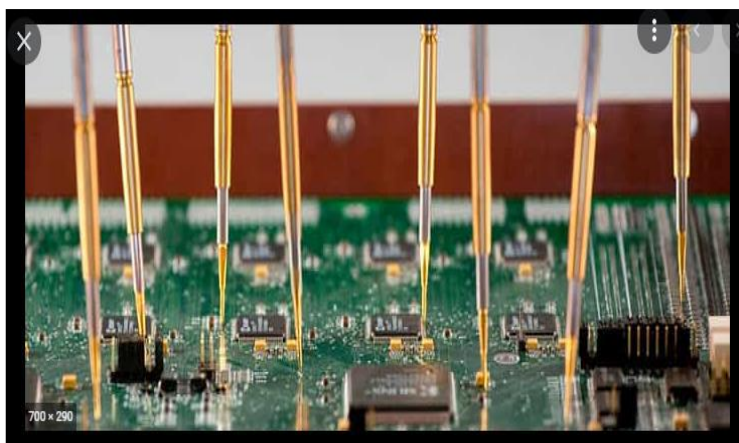


Figura 6.5.1 Flying probes



Figura 6.5.2 Pat de cuie (pogo-pins)

Pentru ca acest lucru să fie posibil, PCB-urile sunt proiectate încă de la început cu puncte de test ce permit testarea electrică a elementelor PCB-ului (trasee, via-uri, componente electrice etc), dar și testarea funcțională a montajului. De asemenea, mai pot fi folosite pentru programarea unor eventuale circuite dacă este necesar (memorii, microprocesoare, FPGA-uri etc.). Acest proces de testare se efectuează cu ajutorul unui echipament special ce este programat să testeze montajul respectiv. De asemenea, la proiectarea cablajului și funcționalității circuitului se implementează și diverse funcții de test ascunse în mod normal în utilizare.

7. Manual de utilizare

- **Preamplificatorul este proiectat pentru a lucra la tensiunea de alimentare $V_{cc}=11V$;**
- **Tensiunea de intrare se recomandă să aibă valoarea de 1mV;**
- **Se vor conecta bornele – la GND;**
- **Tensiunea de intrare va intra prin borna V_{in} ;**
- **Tensiunea de ieșire se va conecta la borna V_{out} ;**
- **A nu se atinge componentelor în timpul funcționării și a nu se face scurt între bornele circuitului;**

8. Concluzie

Proiectul legat de preamplificatorul audio cu control al amplificării prin tensiune exterioară a constituit o oportunitate valoroasă pentru aprofundarea cunoștințelor în domeniul electronicii. În cadrul acestuia, am dobândit experiență în utilizarea unor instrumente esențiale, precum LTSpice, pentru simularea circuitelor, și Altium Designer, pentru proiectarea plăcilor de circuit imprimat (PCB).

Întregul proces de lucru a fost bine organizat și riguros, contribuind semnificativ la dezvoltarea competențelor tehnice și la consolidarea înțelegerii modului în care conceptele teoretice pot fi aplicate în realizări practice.

9. Bibliografie

- <http://www.dce.pub.ro>;
- <http://cetti.ro/v2/labtie.php>