

**Universitatea
Transilvania
din Braşov**

**FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ
ŞI ŞTIINŢA CALCULATOARELOR**

**Departamentul de
Electronică şi Calculatoare**

PRACTICĂ

Anul II – ETTI

Anul II – CALC

**Braşov
2019 - 2020**

Cuprins

1. Aspecte de protecția muncii (securitate și sănătate în muncă).....	3
2. Tehnologia lipiturilor	4
2.1. Instrumente și materiale utilizate în tehnologia lipiturilor.....	4
2.2. Operații pregătitoare la lipire	4
2.3. Procesul de lipire.....	5
2.4. Recomandări privind procesul lipirii	5
3. Tehnologia cablajelor imprimate	7
3.1. Caracteristici tehnologice ale cablajelor imprimate.....	7
3.2. Proiectarea cablajului imprimat	7
3.3. Metoda manuală de obținere a cablajului imprimat.....	9
3.4. Aspecte tehnologice privind pregătirea componentelor pentru lipire și poziționarea lor pe cablajul imprimat	10
4. Amplificator de semnal mic cu tranzistor bipolar.....	11
4.1. Placa de probă	11
4.2. Schema circuitului testat	11
4.3. Fixarea PSF-ului tranzistorului	12
4.4. Analiza de semnal mic	13
4.5. Reacția negativă	13
5. Sursă simplă de tensiune stabilizată și reglabilă	14
5.1. Schema.....	14
5.2. Descriere	14
5.3. Lista de componente	15
6. Sursă dublă de alimentare	16
6.1. Schema.....	16
6.2. Descriere	16
6.3. Lista de componente	17
7. Implementări alternative cu un singur transformator de alimentare atât pentru sursa simplă cât și pentru sursa dublă.....	18
7.1. Schema 1	18
7.2. Schema a 2-a	18
8. Implementare virtuală cu ajutorul programului open-source FRITZING	19
8.1. Proiectarea amplificatorului de semnal mic.....	19
9. Codul culorilor la rezistoare.....	20
9.1. Rezistoare marcate cu 4 culori	20
9.2. Rezistoare marcate cu 5 culori	21
9.3. Valori standard de rezistoare.....	22
9.4. Valori standard de condensatoare (valori uzuale).....	22
10. Bibliografie	23

1. Aspecte de protecția muncii (securitate și sănătate în muncă)

Deoarece aparatele electronice utilizate (osciloSCOAPE, generatoare de semnal, multimetre electronice), sursele de alimentare a montajelor precum și instrumentele de lipit (ciocanul electric sau pistolul de lipit) se alimentează de la rețeaua de 220V c.a., trebuie avute în vedere următoarele aspecte:

a. Cauzele accidentelor electrice sunt:

- atingerea întâmplătoare sau apropierea primejdioasă de instalații aflate sub tensiune;
- atingerea unor părți metalice care în mod normal sunt fără tensiune dar care pot căpăta tensiune ca urmare a unor defectări de izolație;
- efectuarea unor manipulări greșite în schemele electrice.

b. Factorul hotărâtor în producerea accidentului de electrocutare este curentul electric care străbate corpul omului, în special curentul care străbate zona inimii și nu tensiunea.

Curentul alternativ la frecvențe industriale de 40...60 Hz este mai periculos decât curentul continuu.

Valorile considerate nepericuloase pentru viața omului sunt:

- 10 mA c.a. cu frecvența de 50 Hz;
- 40 mA c.c.

În aceste cazuri cel electrocutat se mai poate desprinde singur de elementul de instalație de la care a primit tensiunea.

c. Limitarea valorii curentului de electrocutare se face de către rezistența de contact a pielii la locul de intrare și de ieșire a curentului precum și de rezistența internă a organismului. Totalul acestor rezistențe are valori cuprinse între 600 Ω și 100 k Ω , valori care depind de:

- tensiunea aplicată;
- grosimea epidermei;
- starea suprafeței de contact . De exemplu, pielea umedă, murdară sau rănită determină o rezistență mică, ordinul de mărime fiind 600...1000 Ω .

Ținând seama de valoarea minimă a rezistenței de izolație a corpului omenesc, rezultă următoarele valori ale **tensiunilor periculoase**:

- $U \leq 12V$ pentru încăperi cu condiții proaste de lucru (cu praf, umezeală și căldură, pardoseală cu pământ sau ciment);
- $U \leq 36V$ pentru încăperi cu condiții de lucru mai bune;
- $U \leq 65V$ pentru încăperi nepericuloase.

d. Efectele electrocutării sunt cu atât mai periculoase cu cât durata de trecere a curentului prin corp este mai mare și depind mult de traseul urmat de curent prin corpul omenesc.

e. Tehnica securității la lipire:

- rezistența de izolație între ciocanul (pistolul) de lipit și cordonul de alimentare (220V, 50Hz) trebuie controlată periodic, măsurând rezistența de izolație între vârful ciocanului și contactele fișei de alimentare.
- pentru a evita arsurile în timpul lipirii, conductoarele și componentele se țin cu penseta sau cu cleștele lat. **Atenție** la lipirea pieselor și a conductoarelor tensionate (arcuite), deoarece aliajul de lipit se poate împrăști în stropi.
- vaporii de plumb ce se degajă la lipire sunt vătămători. Pentru a nu inhala acești vapori se recomandă o poziție corectă la lipire și aerisirea periodică a laboratorului.

2. Tehnologia lipiturilor

Lipirea este procesul tehnologic de fixare a componentelor electronice și a conductoarelor de conexiuni pe reglete, conectoare, cablaje imprimate, plăci de montaj etc. cu un aliaj de lipit, care se topește la o temperatură mai coborâtă decât metalele îmbinate.

2.1. Instrumente și materiale utilizate în tehnologia lipiturilor

a) Ciocanul sau pistolul de lipit servește la topirea aliajului de lipit și la executarea lipiturilor propriu-zise.

Puterea electrică a ciocanului de lipit depinde de gabaritul pieselor și de mărimea secțiunii conductoarelor. În cazul cablajelor imprimate se recomandă utilizarea unui ciocan de lipit de 15...35 W, cu vârful subțire, care permite atingerea locurilor greu accesibile sau a unui pistol de lipit.

Ciocanul încălzit se păstrează pe un suport metalic. Priza de alimentare și ciocanul se amplasează în partea dreaptă a electronistului pentru a evita căderea ciocanului sau a pistolului în timpul lucrului.

b) Decapantul servește la înlăturarea oxizilor și curățirea suprafețelor metalice înainte de lipire. Decapantul uzual este colofoniul în stare solidă. Lipiturile în locurile greu accesibile se execută folosind colofoniu lichid.

c) Aliajul de lipit cel mai utilizat este “fludorul”, care este o sârmă tubulară din aliaj de lipit, combinată cu colofoniu. Aliajul de lipit **Lp60** conține 60% cositor (staniu) și 40% plumb, având temperatura de topire de 190°C.

d) Alte instrumente necesare lipirii sunt: **penseta, cuțitul, cleștele lat, cleștele rotund, cleștele de tăiat.**

2.2. Operații pregătitoare la lipire

a) Curățirea vârfului ciocanului de lipit

Înainte de a efectua conexiunile, vârful ciocanului de lipit, în stare rece, trebuie curățit la suprafață prin pilire până devine lucios. La fel se procedează cu vârful pistolului de lipit, utilizând în acest scop cuțitul, dacă vârful se umple de o zgură neagră.

Apoi se conectează ciocanul de lipit la rețeaua de tensiune. Starea de încălzire a vârfului se testează topind o bucată de aliaj. Temperatura vârfului este bună dacă acesta se acoperă cu aliaj strălucitor. Înainte de a lua aliaj de lipit pe vârful ciocanului sau pistolului de lipit, acesta se introduce în colofoniu (se topește un pic din colofoniul solid – **Atenție!** o cantitate prea mare de colofoniu creează o zgură neagră care împiedică executarea corectă a lipiturilor).

Periodic, în timpul lucrului, se verifică starea vârfului la ciocanul sau pistolul de lipit și se recondiționează.

b) Pregătirea terminalelor pentru lipire

Înainte de a lipi componentele electronice, terminalele acestora se cositoresc, în scopul reducerii duratei procesului de lipire și pentru a proteja suprafețele lor împotriva oxidării. Terminalele se curăță cu ajutorul cuțitului prin mișcări de translație ale lamei și prin rotirea piesei. În faza următoare se așează terminalul pe colofoniu.

Decaparea în colofoniu se realizează la contactul cu vârful încălzit. Apoi se topește o bucată de aliaj, iar în masa topită se introduce terminalul decapat. Se rotește piesa și cu ajutorul ciocanului de lipit se realizează acoperirea uniformă cu un strat de cositor a întregii suprafețe a terminalului. Nu se cositoresc terminalele pe o lungime de aproximativ 10 mm, situată în vecinătatea corpului piesei.

Cu ajutorul cleștelui lat sau a pensetei, se prinde terminalul din vecinătatea corpului piesei, realizându-se un șunt termic. Se evită astfel supraîncălzirea piesei.

Cositorirea terminalului trebuie realizată într-un timp minim pentru a se evita distrugerea prin încălzire a componentelor (mai ales în cazul în care nu se poate folosi penseta ca șunt termic).

2.3. Procesul de lipire

Lipirea componentelor electronice trebuie să fie precedată de “formarea” terminalelor prin îndoire cu **cleștele rotund**. Apoi terminalele se introduc în găurile cablajului imprimat. Capetele componentelor pasive se taie astfel încât terminalele rămase să depășească cu 2...3 mm suprafața plăcii. Terminalele componentelor active se taie după efectuarea lipirii. Penseta se utilizează ca șunt termic pentru a proteja termic diodele, tranzistoarele, tiristoarele etc. în timpul lipirii.

Procesul de lipire comportă mai multe **operații**:

- preluarea pe vârful ciocanului (pistolului de lipit) a cantității minime de aliaj pentru efectuarea unei lipituri (dozarea cantității minime de aliaj se poate atinge odată cu stăpânirea “artei de a lipi”);
- vârful ciocanului (pistolului), cu picătura de aliaj la capăt se introduce în colofoniu pentru decapare; apoi vârful se aplică pe suprafața componentelor care urmează a fi îmbinate, în vederea încălzirii și lipirii.

Piese metalice trebuie încălzite în zona îmbinării până la temperatura de topire a aliajului de lipit. Distribuția aliajului lichid pe suprafețele care se îmbină trebuie să fie cât mai uniformă.

Lipirea corectă presupune o difuzie a aliajului de lipit în masa metalică a componentelor care se îmbină.

- răcirea naturală și cristalizarea aliajului de lipit. După îndepărtarea ciocanului de lipit, nu se admite mișcarea piesei, până la cristalizarea perfectă a aliajului.

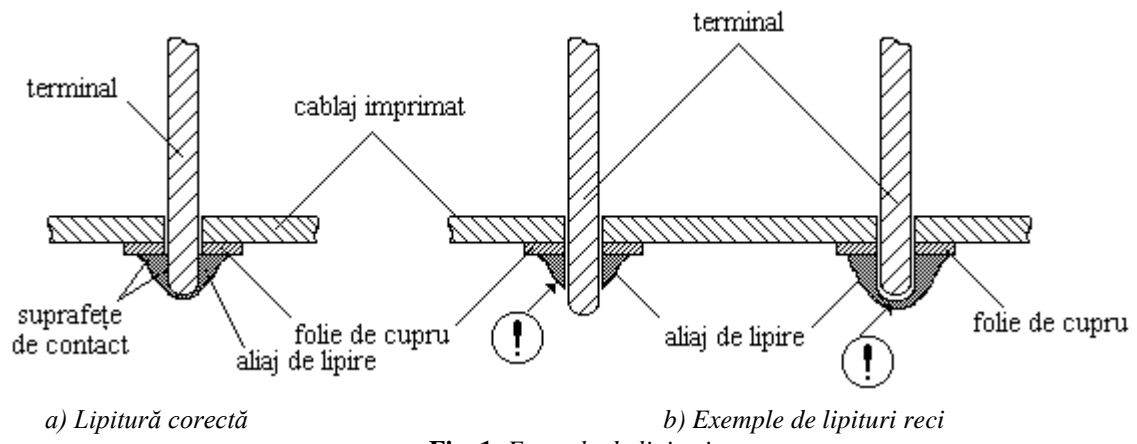
2.4. Recomandări privind procesul lipirii

- durata lipirii nu trebuie să depășească 5 secunde (uzual 2...5 secunde) la dispozitivele semiconductoare și condensatoarele electrolitice;
- în timpul lipirii componentele (terminalele pieselor) se țin cu penseta sau cleștele lat;
- componentele nu trebuie să fie mișcate până la răcirea îmbinării, spre a evita fisurile în lipitură;
- temperatura lipirii este un factor important pentru realizarea unei îmbinări de calitate:
 - când temperatura vârfului ciocanului este prea coborâtă, aliajul se topește greu, timpul de lipire crește iar piesele se pot distruge prin supraîncălzire. Aliajul insuficient încălzit se cristalizează repede și rezultă o “lipitură rece” care nu aderă bine la piese. “Lipitura rece” trebuie refăcută deoarece se poate desprinde cu timpul sau da naștere la “zgomote” în funcționarea circuitului electronic.
 - lipituri necorespunzătoare se obțin și la utilizarea unui ciocan supraîncălzit: în acest caz aliajul de lipit se ia greu de pe vârful ciocanului de lipit iar colofoniul se încălzește prea tare, producând “zgură” și pierzându-și proprietățile decapante.

O lipitură corectă este reprezentată în fig. 1, a.

În această situație, aliajul de lipit face contact de bună calitate atât cu folia metalică (cupru) a circuitului imprimat, cât și cu terminalul componentei asamblate prin lipire.

Dacă din anumite motive, una sau mai multe dintre condițiile impuse lipiturii n-au fost îndeplinite, se ajunge la cazurile din fig. 1, b, în care este reprezentată situația în care apar zone de contact imperfect, marcate cu “!”, în special pe suprafața de contact a aliajului de lipit cu terminalul.

**Fig. 1.** Exemple de lipituri

3. Tehnologia cablajelor imprimate

3.1. Caracteristici tehnologice ale cablajelor imprimate

Cablajul imprimat se compune dintr-un sistem de conductoare plate, dispuse în 1, 2 sau mai multe plane paralele, fixate cu ajutorul unui adeziv pe un suport izolant electric (rigid sau flexibil).

În tabelul 3.1 se prezintă caracteristicile principalelor suporturi electroizolante rigide, utilizate pentru cablaje imprimate:

Tabelul 3.1 Caracteristici ale suporturilor electroizolante pentru cablaje imprimate rigide

Suport izolant		Temperatura maximă de lucru	Rezistența la șoc termic	Rezistența de izolație (MΩ)	Permitivitate relativă la 1 MHz	Caracteristici	Denumire
Material de bază	Material de impregnare						
Hârtie	Rășini fenolice	105 °C clasa A	10 s la 230 °C	2x10 ⁵	4,8	Material standard pentru solicitări obișnuite; gamă de aplicații diverse	PERTI-NAX
Fibre de sticlă	Rășini epoxidice	150 °C clasa F	30 s la 250 °C	5x10 ⁵	5,2	Material standard pentru aparatura de calitate superioară.	STICLO-TEXTOLIT

Traseele conductoare se realizează din **cupru electrolitic de înaltă puritate**.

Grosimile uzuale ale foliei de cupru sunt 35μm sau 70 μm. În unele aplicații profesionale se pot utiliza și **aurul, argintul sau nichelul**.

Îmbunătățirea caracteristicilor de umectare ale foliei conductoare de cupru a cablajului, pentru facilitarea operației de lipire, se poate realiza și prin acoperiri de protecție ale cablajului imprimat cu staniu, aur sau argint.

Clasificarea cablajelor imprimate:

- după **numărul planelor** în care sunt dispuse traseele conductoare:
 - cablaj imprimat simplu;
 - cablaj imprimat dublu;
 - cablaj imprimat multistrat;
- după **modul de realizare a contactelor** între traseele conductoare dispuse în mai multe plane:
 - cablaje cu găuri nemetalizate la care contactul se asigură prin intermediul unor conductoare masive;
 - cablaje cu găuri metalizate;
 - cablaje cu contacte obținute prin creșterea de straturi metalice;
- după **caracteristicile mecanice** ale suportului izolant:
 - rigide;
 - flexibile, tot mai des utilizate în calculatoarele electronice și aparatura electronică aeronautică.

3.2. Proiectarea cablajului imprimat

Proiectarea cablajului imprimat se poate realiza **manual** sau **automat**.

Dimensiunile și forma cablajului imprimat rezultă din următoarele considerente:

- a. mecanice: spațiul disponibil, dimensiunile și forma pieselor sau a terminalelor, modul de fixare a pieselor mari și a radiatoarelor;

- b. electrice: curenți, tensiuni și frecvențe de lucru. Curentul determină lățimea traseelor, tensiunea influențează distanța minimă dintre două trasee vecine iar frecvența limitează lungimea maximă a traseelor paralele;
- c. tehnologice: metoda de obținere a desenului pe suprafața placată – cum ar fi metoda serografică, foto, manuală etc;

Proiectarea cablajelor imprimate. Principalele aspecte care trebuie avute în vedere sunt:

- găurile de conectare pe cablaj a terminalelor componentelor se recomandă să fie dispuse în nodurile unei rețele de coordonate (fictive) cu pasul de 2,54 mm (eventual 2,5 mm – cum ar fi, de exemplu, la foaia de matematică);
- diametrele găurilor de conectare vor avea valorile standardizate: 0,8; 1,3 sau 2 mm, în funcție de dimensiunile terminalelor componentelor (destul de des se utilizează 1 mm);
- traseele conductoare vor fi astfel plasate încât să fie separate cât mai mult căile de semnal mic de cele de semnal mare, căile de joasă frecvență de cele de înaltă frecvență, astfel încât să se înlăture sau să se reducă la minimum influențele reciproce dintre acestea;
- se acordă o atenție deosebită dispunerii și formei conductorului de masă, care va fi realizat sub formă masivă, traseu neîntrerupt, distinct de celelalte trasee;
- lățimea traseelor conductoare este determinată de intensitatea curentului care circulă prin acestea și de temperatura de funcționare. Lățimea conductoarelor imprimate, străbătute de curenți mari, se calculează pe baza densității de curent admisibile $J=20\text{A}/\text{mm}^2$. De exemplu, lățimea l a unui conductor imprimat, parcurs de curentul $I=7\text{A}$, dacă grosimea foliei de cupru a placatului este $h=70\mu\text{m}$, este:

$$l = \frac{I}{h \cdot J} = \frac{7\text{A}}{70 \cdot 10^{-3}\text{mm} \cdot 20\text{A}/\text{mm}^2} = 5\text{mm}$$

- distanța minimă dintre traseele conductoare este determinată de diferența de potențial existentă între ele (tabelul 3.2):

Tabelul 3.2 Distanța minimă dintre traseele conductoare ale unui cablaj imprimat

Tensiunea între conductoare (c.c.) sau valoarea de vârf (c.a.) [V]	Spațiul minim [mm]
0...150	0,65
151...300	1,30
301...500	2,50
peste 500	0,005 V/mm

- în cazul circuitelor care lucrează la frecvențe înalte, proiectarea cablajelor imprimate impune o analiză amănunțită a dimensiunilor și formei traseelor conductoare, a naturii și grosimii conductorului și a suportului izolant. Trebuie avută în vedere și capacitatea distribuită între traseele conductoare. Se determină cu ajutorul unor nomograme.
- la **stabilirea configurațiilor traseelor conductoare și a formei pastilelor de lipire** pe placa de cablaj imprimat se va ține seama de următoarele recomandări:
 - a. se vor alege traseele de cablaj cele mai scurte (fig. 2, a);
 - b. se vor evita unghiurile exterioare ascuțite, care pot produce exfolierea suprafeței (fig. 2, b);

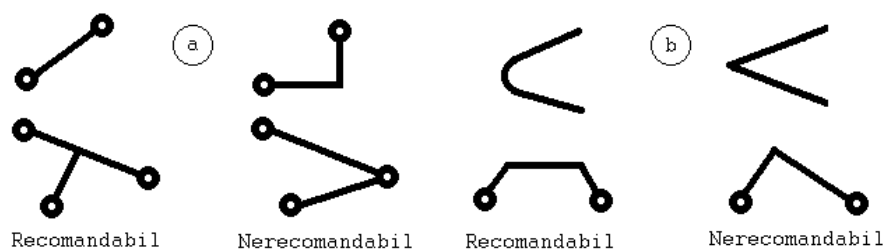


Fig. 2. (a) și (b)

- c. se vor evita unghiurile interioare pronunțate (fig. 2, c);

d. când conductoarele trec printre terminale se vor menține spații egale între terminale și conductoare (fig. 2, *d*);

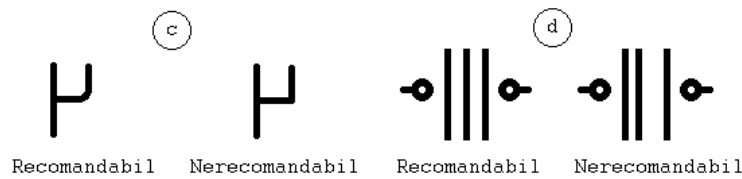


Fig. 2. (c) și (d)

e. se vor evita pastilele de lipire cu suprafață mare, deoarece pot produce probleme în procesul de lipire (fig. 2, *e*);

f. configurația traseului se va menține simetrică în jurul găurii, în scopul producerii de lipituri simetrice (fig. 2, *f*);

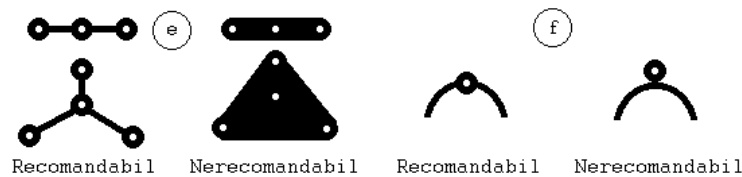


Fig. 2. (e) și (f)

g. raza **R** a pastilei de lipire va fi de 2...3 ori mai mare decât diametrul **d** al găurii de conectare a componentei (fig. 2, *g*);

h. lățimea **l** a conductorului de legătură între pastile va fi 1/2...2/3 din raza **R** a pastilei de lipire (fig. 2, *h*).

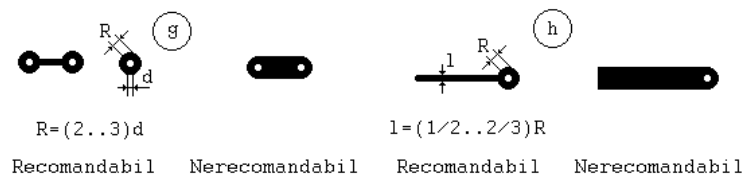


Fig. 2. (g) și (h)

3.3. Metoda manuală de obținere a cablajului imprimat

Desenul cablajului imprimat se transpune pe folia de cupru fie prin vopsire (nitrolac, vopsea duco, colofoniu (sacâz) dizolvat în acetonă și colorat) fie prin bandă adezivă. Vopseaua sau banda adezivă constituie o mască de protecție rezistentă la soluția de corodare (clorura ferică, de exemplu).

Fazele tehnologice ale metodei manuale de realizare a cablajului imprimat:

1. executarea desenului cablajului imprimat, corespunzător feței plantate (cea care conține componentele) la **scara 1:1**, pe hârtie milimetrică sau foaie cu pătrățele. Desenul feței placate cu cupru se obține fie prin copiere pe dosul aceleiași hârtii, cu ajutorul unui indigo, având fața activă spre hârtia milimetrică, fie (în cazul foii cu pătrățele) prin copierea prin transparență, pe un geam, de exemplu;
2. debitarea placatului stratificat la mărimea necesară și degresarea feței cuprate cu detergent sau tix;
3. transpunerea desenului feței placate pe folia de cupru, copierea efectuându-se cu indigo;
4. punctarea centrelor găurilor de plantare a componentelor cu un ac de trasat sau cu ajutorul unui dorn (operație efectuată cu grijă pentru a nu crăpa placatul stratificat);
5. acoperirea cu vopsea a viitoarelor conductoare imprimate cu ajutorul unei pensule foarte subțiri sau cu ajutorul unui toc cu peniță topografică;
6. retușarea desenului cu o lamă, după uscarea vopselei;
7. corodarea în clorură ferică; prin agitarea sau încălzirea soluției de corodare, se poate reduce timpul de corodare;

8. înlăturarea măștii protectoare cu ajutorul unui diluant;
9. acoperirea părții placate cu soluție de colofoniu dizolvat în alcool, cu scopul protejării cuprului împotriva oxidării și pentru decaparea suprafeței;
10. executarea găurilor pentru terminale cu burghiu de 1 mm sau 1,2 mm;
11. plantarea pieselor.

3.4. Aspecte tehnologice privind pregătirea componentelor pentru lipire și poziționarea lor pe cablajul imprimat

- în scopul asigurării unei *bune umectări* de către aliajul de lipit topit, impuritățile grosiere (murdărie, grăsimi etc.) trebuie înlăturate de pe suprafețele de lipire înainte de procesul de lipire. O atenție aparte trebuie acordată unei bune curățiri a suprafețelor de cupru ale cablajului;
- îmbunătățirea sudabilității prin cositorirea bornelor de conectare a unor componente (în general cele pasive, mai rezistente la șoc termic) și a suprafeței de cupru a cablajului;
- suprafețele altor piese (prize de contact) pe care se efectuează lipirea conexiunilor se pregătesc prin cositorire sau argintare, după ce în prealabil au fost degresate și decapate;
- este recomandabil ca dispunerea componentelor pe placa de cablaj să fie cât mai *ordonată*, ceea ce facilitează montarea, lipirea și depanarea și permite controlul influențelor electrice reciproce. Componentele cu montare axială trebuie dispuse în *rânduri ordonate*, având – pe cât posibil *aceeași orientare și aceeași dimensiune de montare*. Componentele polarizate (diode, condensatoare electrolitice ș.a.) trebuie *ordonate* avându-se în vedere direcția de polarizare;
- componentele active sau pasive, cu gabarit mic sau mijlociu se pot fixa direct pe cablaj, fie prin implantarea terminalelor componentelor în găuri (modul de fixare utilizat în majoritatea cazurilor) fie prin așezarea terminalelor direct pe contactele de lipire (CI cu capsulă de tip flat-pack sau dispozitivele de tip SMD);
- componentele mai voluminoase sau mai grele (condensatoare electrolitice, transformatoare, radiatoare etc.) trebuie fixate corespunzător pe cablaj, de obicei cu ajutorul unor dispozitive mecanice de susținere (socluri, coliere de strângere, șuruburi și piulițe ș.a.);
- echiparea cu componente a plăcilor de cablaj imprimat necesită o operație anterioară de pregătire sau formare a componentelor, prin aducerea terminalelor acestora la forma cea mai avantajoasă pentru echipare și contactare (fig. 3):
 - componentele trebuie formate astfel încât marcajul să fie dispus în sus, ceea ce permite ca ele să poată fi identificate cu ușurință dacă placa este privită perpendicular spre fața de dispunere a componentelor;
 - trebuie avut grijă ca raza de îndoire a terminalelor componentelor să nu fie prea mică (sub 1,5 mm) iar această operație să nu se efectueze prea brusc, pentru a nu afecta integritatea terminalelor;
 - în scopul reducerii solicitării termice a componentelor în procesul de lipire dar și în timpul funcționării montajului, se recomandă acele moduri de formare și montare care asigură o distanță suficientă a componentei față de placă și o lungime suficientă a terminalelor (de exemplu diodele redresoare, de comutație și Zener cilindrice evacuează căldura prin terminale și din această cauză trebuie să fie formate cu terminale mai lungi);
- pe cât posibil se preferă montarea orizontală a componentelor cu terminale axiale; doar în cazuri speciale (din considerente de spațiu disponibil foarte mic) se pot monta aceste componente și vertical;

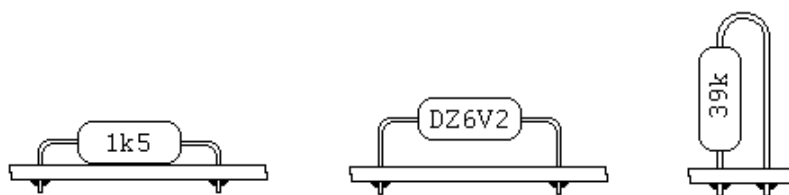


Fig. 3. Exemple de formare și montare a componentelor cu terminale axiale

4. Amplificator de semnal mic cu tranzistor bipolar

4.1. Placa de probă

Pentru verificarea montajelor electronice se poate cumpăra din comerț o placă cu găurele la distanța de 2,54 mm (fig. 4, a) sau se realizează o placă de probă. Se utilizează o plăcuță de circuit imprimat (simplu sau dublu placat) pe care se realizează, prin zgâriere, insule de formă pătrată, cu latura de 8...10 mm (fig. 4, b).

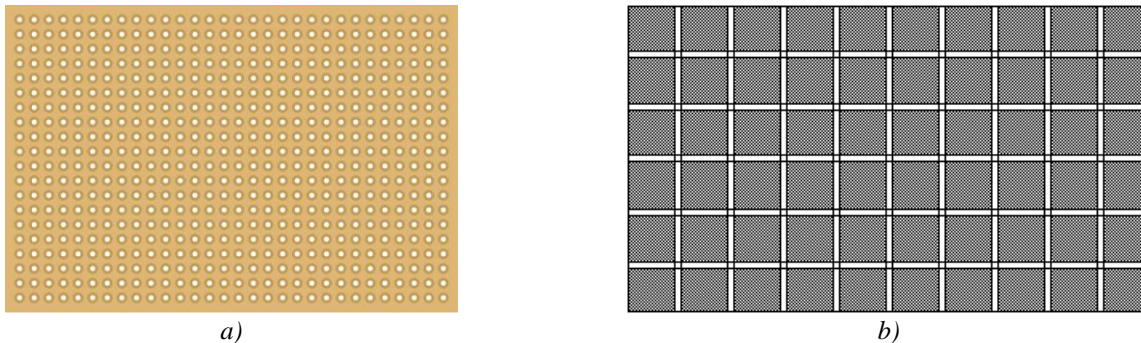


Fig. 4. Placa de probă

4.2. Schema circuitului testat

Amplificatorul de semnal mic se poate realiza cu tranzistor bipolar *npn* sau *pnp* (fig. 5).

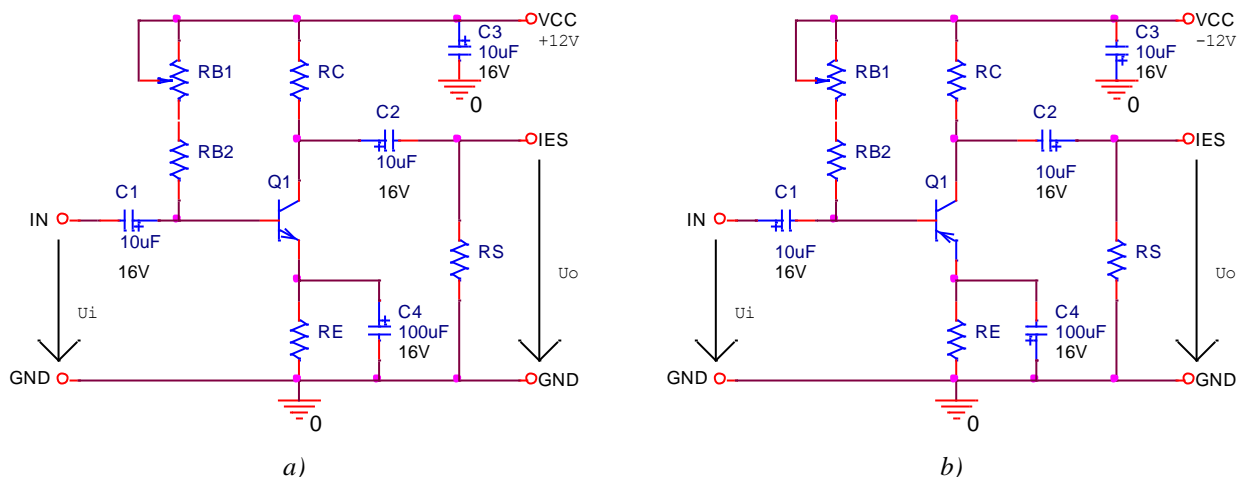


Fig. 5. Schema amplificatorului de semnal mic.
a) cu tranzistor npn; b) cu tranzistor pnp

Se poate porni de la următoarele tipuri/valori de componente:

- Q1 – npn* de mică putere (curent de colector $\cong 100\text{mA}$, putere disipată $\cong 300\text{mW}$);
- Q1 – pnp** de mică putere (curent de colector $\cong 100\text{mA}$, putere disipată $\cong 300\text{mW}$);
- C1=C2=C3=10 μF /16V;
- RB1= potențiomtru semireglabil 2,2M Ω
- RB2=470k Ω ;
- RC=3,3k Ω ;
- RS=10k Ω ...100k Ω ;
- RE=470 Ω ...560 Ω ;

- $C_4=100\mu\text{F}/16\text{V}$;

* 2N5551 (la MIKADO)

** 2SA539, 2SA933, 2SA608 (la MIKADO)

Ordinea terminalelor și modul lor de citire pentru capsula din plastic de tipul TO-92 se ia din foile de catalog (*Internet*). “TO” înseamnă **T**ypical **O**utline (contur tipic).

De exemplu la tranzistorul 2SA539 (fig. 6, a) diferă ordinea pinilor față de tranzistorul 2SA608 (Fig. 6, b).



Fig. 6. Ordinea terminalelor și modul lor de citire

4.3. Fixarea PSF-ului tranzistorului

Pentru ca semnalul de ieșire să poată urmări o variație sinusoidală, punctul static de funcționare (PSF) al tranzistorului trebuie să se caracterizeze prin $U_{CE} = \frac{E_C}{2}$ (fig. 7).

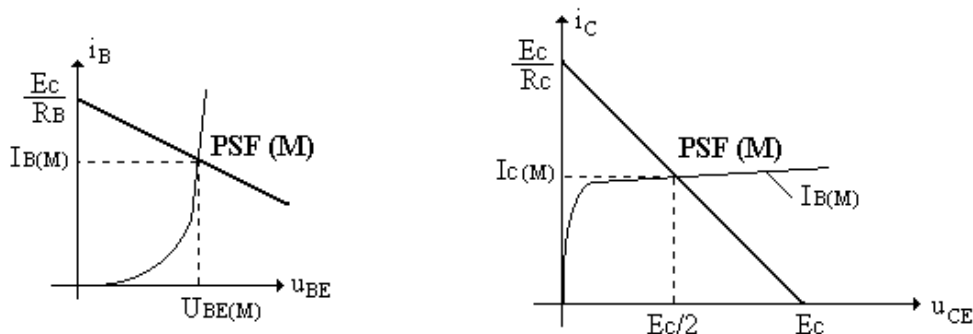


Fig. 7. Punctul static de funcționare al tranzistorului

Se alimentează montajul cu o tensiune continuă egală cu 12V.

Se poziționează cursorul potențiometrului semireglabil R_{B1} pe poziție mediană.

PSF-ul tranzistorului se determină prin măsurarea tensiunii colector-emitor.

Dacă $U_{CE} < \frac{E_C}{2}$, atunci PSF-ul se află în zona de curenți de colector mai mari decât $I_{C(M)}$,

ceea ce înseamnă că pe caracteristica de intrare PSF-ul se află în zona de curenți de bază prea mari ($I_C = \beta I_B$). Pentru a regla corect PSF-ul, I_B trebuie micșorat, ceea ce presupune ajustarea potențiometrului semireglabil R_{B1} la valoare mai mare decât cea existentă în momentul măsurării U_{CE} .

Asemănător, dacă $U_{CE} > \frac{E_C}{2}$, atunci PSF-ul se află în zona de curenți de colector mai mici

decât $I_{C(M)}$, ceea ce înseamnă că pe caracteristica de intrare PSF-ul se află în zona de curenți de bază prea mici. Pentru a regla corect PSF-ul, I_B trebuie mărit, ceea ce presupune ajustarea potențiometrului semireglabil R_{B1} la valoare mai mică decât cea existentă în momentul măsurării U_{CE} .

4.4. Analiza de semnal mic

Amplificarea în tensiune

Se aplică la intrarea circuitului un semnal cu valoarea efectivă egală cu $1...3\text{mV}$, de la un generator de semnal sinusoidal. Se măsoară valoarea efectivă a semnalului de pe rezistența de sarcină. Amplificarea se determină cu relația:

$$A_u = \frac{U_{o,ef}}{U_{i,ef}}$$

Rezistența de intrare a montajului

Rezistența de intrare a montajului, $R_{i,montaj}$, se poate determina printr-o măsurătoare indirectă. Semnalul se aplică prin intermediul unei rezistențe de valoare cunoscută, $R_{proba}=5...10\text{k}\Omega$ (fig. 8, a).

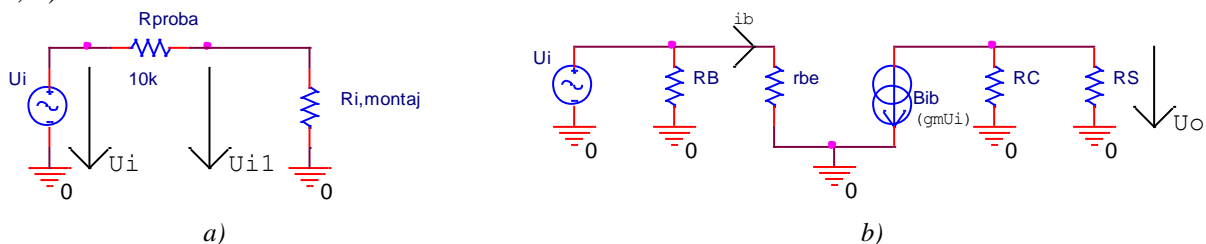


Fig. 8. Analiza de semnal mic. (a) Schema de determinare a rezistenței de intrare
(b) Circuitul echivalent de semnal mic al amplificatorului fără reacție

Se fac două măsurători:

- Se măsoară tensiunea U_i în punctul de conectare a acestui semnal la montaj, în amonte de R_{proba} (înainte de R_{proba});
- Se măsoară tensiunea U_{i1} după rezistența de probă, R_{proba} .

Rezistența de intrare se determină cu relația:

$$R_{i,montaj} = \frac{U_{i1}}{U_i - U_{i1}} R_{proba}$$

Rezistența de ieșire a montajului

Rezistența de ieșire a montajului (fig. 8, b) este dată, cu bună aproximație, de relația:

$$R_{o,montaj} \cong R_C$$

unde s-a neglijat rezistența de ieșire a tranzistorului, r_o (r_{ce}).

Rezistența BE a tranzistorului, r_π

Rezistența BE a tranzistorului, r_π (r_{be}) (fig. 8, b) se determină cu relația:

$$r_\pi = \frac{R_B R_{i,montaj}}{R_B - R_{i,montaj}}$$

unde $R_B = R_{B1} + R_{B2}$

4.5. Reacția negativă

Se studiază influența reacției negative asupra:

1. Amplificării în tensiune;
2. Rezistenței de intrare a montajului.

Reacția negativă se obține prin lăsarea în emitor doar a rezistenței R_E (fig. 5). În acest scop se scoate din circuit condensatorul electrolitic C_4 .

5. Sursă simplă de tensiune stabilizată și reglabilă

5.1. Schema

Montajul cu un tranzistor realizat anterior (fig. 5) poate să fie alimentat și dintr-o sursă simplă și reglabilă de tensiune stabilizată realizată în cadrul practicii. Schema electrică se prezintă în fig. 9:

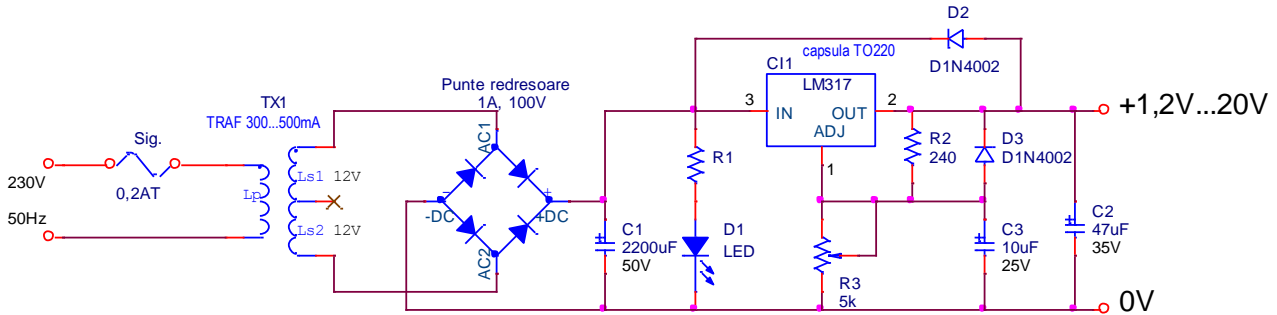


Fig. 9. Schema electrică a sursei de tensiune stabilizate și reglabile

5.2. Descriere

Schema conține un redresor dublă alternanță compusă din transformatorul de rețea (**TRAF**) cu două înfășurări în secundar și redresorul propriu-zis care este un redresor în punte. Cele 4 diode care alcătuiesc puntea pot fi componente de sine stătătoare (4 diode de tipul 1N4002) sau pot fi integrate într-o singură componentă cu 4 terminale (notate cu ~, ~ + și -) numită **punte redresoare monofazăată**.

Filtrarea tensiunii redresate se realizează cu ajutorul condensatorului electrolitic C1.

D1 este un LED (**L**ight **E**mitting **D**iode – diodă emisivă de lumină) iar R1 este rezistența care limitează curentul prin diodă. Dacă D1 este de 1mA, se estimează o cădere de tensiune pe gruparea serie R1, D1 de aproximativ 32V $[(12V + 12V)\sqrt{2} - 2 \times 0,7V]$ și se consideră că pe LED cade o tensiune de aproximativ 2V, atunci valoarea rezistenței R1 se determină cu ajutorul relației:

$$R1 = \frac{32V - 2V}{1mA} = 30k\Omega \text{ sau } R1 = \frac{32V - 2V}{5mA} \cong 6,2k\Omega \text{ sau } R1 = \frac{32V - 2V}{10mA} = 3k\Omega$$

Stabilizarea tensiunii se realizează cu ajutorul circuitului integrat (CI) LM317. CI are terminalul de ajustare (ADJ) conectat la divizorul de tensiune R2, R3. Relația tensiunii de ieșire stabilizate este:

$$U_O = U_{REF} \cdot \left(1 + \frac{R3}{R2}\right) + R3 \cdot I_{ADJ}$$

unde curentul prin terminalul de ajustare este, conform datelor de catalog, $I_{ADJ} = 50...100\mu A$ iar tensiunea de referință $U_{REF} = 1,25V$.

Se poate alege $U_{Omax} = 20V$. În aceste condiții rezultă:

$$\frac{R3}{R2} \cong \frac{U_{Omax} - U_{REF}}{U_{REF}} = \frac{20 - 1,25}{1,25} = 15$$

Buna funcționare a CI-LM317 impune un curent minim de ieșire de 10mA. În gol (fără sarcină) acest curent circulă prin R2 și R3. Dar căderea de tensiune pe R2 este egală cu U_{REF} , de unde rezultă relația de dimensionare pentru R2:

$$R2 \leq \frac{U_{REF}}{10mA}$$

Se poate alege, de exemplu, $R2=120\Omega$ (valoare standard) și atunci rezultă pentru R3 valoarea standard de $1,8k\Omega$ (poate fi rezistor fix)

SAU $R2=240\Omega$ (valoare standard indicată în foile de catalog) $\Rightarrow R3=3,6k\Omega$ (rezistor fix) sau potențiometru de $5k\Omega/1W$.

Condensatorul electrolitic C2 asigură impedență mică la ieșirea sursei iar C3 reduce ripple-ul tensiunii de referință. Pe intrare, în paralel cu C1 se poate conecta un condensator ceramic de $0,1\mu F$.

D2 și D3 sunt diode de protecție. D2 previne descărcarea prin C11 a condensatorului C2 în caz de scurtcircuit la intrare, D3 previne descărcarea condensatorului C3 prin C11 în caz de scurtcircuit la ieșire iar D2 + D3 previn descărcarea lui C3 prin C11 în caz de scurtcircuit la intrare.

5.3. Lista de componente

Componentele necesare la realizarea sursei sunt descrise în tabelul 5.1

Tabelul 5.1

Nr. crt.	Denumire din schemă	Tip/valoare	Caracteristici	Buc.
1.	Sig	Siguranță fuzibilă	0,2AT sau 0,315AT	1
2.	TRAF	Transformator rețea, 230V, 50Hz	două înfășurări secundare de 12 V, curent maxim debitat 300...500 mA	1
3.	Punte redresoare	Diode 1N4002 sau punte redresoare 1W01	1 A (curent prin diode), 100V (cel puțin, tensiune inversă pe diode)	4 diode sau 1 punte
4.	C1	2200 μF , 50V	Condensator electrolitic cu aluminiu	1
5.	C2	47 μF , 35V	Condensator electrolitic cu aluminiu	1
6.	C3	10 μF , 25V	Condensator electrolitic cu aluminiu	1
7.	R1	30 k Ω sau 6,2k Ω sau 3k Ω	rezistor cu peliculă de carbon, seria RCG1025, toleranța $\pm 5\%$, putere disipată 0,25 W	1
8.	R2	120 Ω sau 240 Ω	rezistor cu peliculă de carbon, seria RCG1025, toleranța $\pm 5\%$, putere disipată 0,25 W	1
9.	R3	1,8k Ω sau 3,6k Ω sau potențiometru 5k $\Omega/1W$	rezistor cu peliculă de carbon, seria RCG1025, toleranța $\pm 5\%$, putere disipată 0,25 W	1
10.	D1	LED roșu (de preferință)	1 mA sau 5mA sau 10mA *	1
11.	D2, D3	1N4002	1A curent direct, 100V tensiune inversă	2
12.	C11	LM317	Stabilizator integrat de tensiune pozitivă Capsulă TO220	1
13.		Radiator	Pentru CI – LM317	1

6. Sursă dublă de alimentare

6.1. Schema

O sursă de alimentare utilă în laboratorul electronistului este sursa dublă de tensiune. La ieșirea acestei surse se obțin două tensiuni (de obicei egale) una pozitivă în raport cu masa iar cealaltă negativă în raport cu masa (fig. 10).

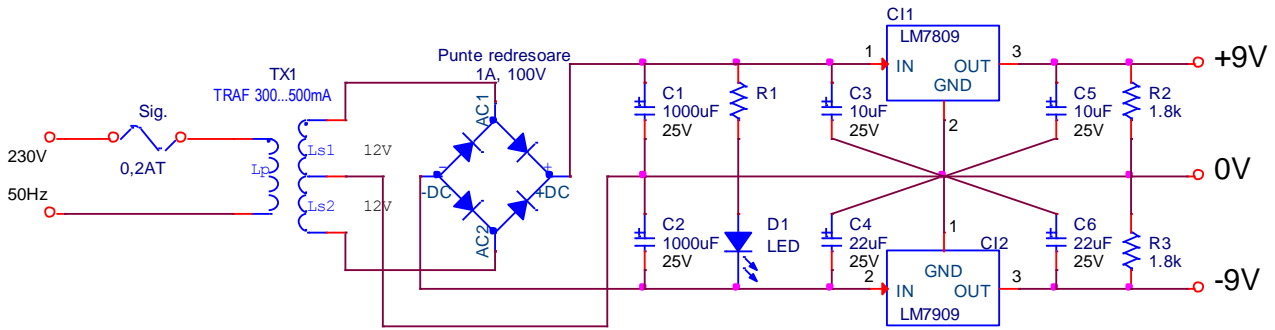


Fig. 10. Schema electrică a sursei duble de tensiune

6.2. Descriere

Schema conține un redresor dublă alternanță compusă din transformatorul de rețea (**TRAF**) cu două înfășurări în secundar și redresorul propriu-zis care este un redresor în punte. Cele 4 diode care alcătuiesc puntea pot fi componente de sine stătătoare (4 diode de tipul 1N4002) sau pot fi integrate într-o singură componentă cu 4 terminale (notate cu ~, ~ + și -) numită chiar **punte redresoare monofazată**.

Filtrarea tensiunii redresate se realizează cu ajutorul condensatoarelor electrolitice C1 și C2.

D1 este un LED (**L**ight **E**mitting **D**iode – diodă emisivă de lumină) iar R1 este rezistența care limitează curentul prin diodă. Dacă D1 este de 1mA, se estimează o cădere de tensiune pe gruparea serie R1, D1 de aproximativ 32V $[(12V + 12V)\sqrt{2} - 2 \times 0,7V]$ și se consideră că pe LED cade o tensiune de aproximativ 2V, atunci valoarea rezistenței R1 se determină cu ajutorul relației:

$$R1 = \frac{32V - 2V}{1mA} = 30k\Omega \text{ sau } R1 = \frac{32V - 2V}{5mA} \cong 6,2k\Omega \text{ sau } R1 = \frac{32V - 2V}{10mA} = 3k\Omega$$

Stabilizarea tensiunilor redresate pozitivă, respectiv negativă se realizează cu ajutorul a două circuite integrate (CI) cu rol de stabilizatoare de tensiune: CI1-LM7809 pentru tensiunea pozitivă, respectiv CI-LM 7909 pentru tensiunea negativă (fig. 10). Dacă se utilizează circuite LM7812, respectiv LM7912, se recomandă condensatoare de filtrare C1=C2=2200μF/25V.

Condensatoarele electrolitice C3, C4, C5 și C6 asigură stabilitatea în frecvență a circuitelor stabilizatoare. Aceste condensatoare sunt necesare mai ales atunci când CI se află la **o distanță mai mare de 5 cm față de redresor**.

Rezistențele R2 și R3 asigură un consum minim de 5 mA în lipsa sarcinii și, în special, în cazul stabilizatorului de tensiune negativă se recomandă utilizarea lui R3 pentru a asigura stabilitatea circuitului (adică o tensiune constantă la ieșire). În lipsa lui R3 tensiunea de ieșire are fluctuații și valoarea nu e constantă așa cum ar trebui.

6.3. Lista de componente

Componentele necesare la realizarea sursei sunt descrise în tabelul 6.1

Tabelul 6.1

Nr. crt.	Denumire din schemă	Tip/valoare	Caracteristici	Buc.
1.	Sig	Siguranță fuzibilă	0,2AT sau 0,315AT	1
2.	TRAF	Transformator rețea, 230V, 50Hz	două înfășurări secundare de 12 V, curent maxim debitat 300...500 mA	1
3.	Punte redresoare	Diode 1N4002 sau punte redresoare 1W01	1 A (curent prin diode), 100V (cel puțin, tensiune inversă pe diode)	4 diode sau 1 punte
4.	C1, C2	1000 μ F (470 μ F) 25V	Condensator electrolitic cu aluminiu	2
5.	R1	30k Ω sau 6,2k Ω sau 3k Ω	rezistor cu peliculă de carbon, seria RCG1025, toleranța \pm 5%, putere disipată 0,25 W	1
6.	D1	LED roșu	1 mA sau 5mA sau 10mA *	1
7.	C3, C5	10 μ F, 25V	Condensator electrolitic cu aluminiu	2
8.	C4, C6	22 μ F, 25V	Condensator electrolitic cu aluminiu	2
9.	CI1	LM7809	Stabilizator integrat de tensiune pozitivă	1
10.	CI2	LM7909	Stabilizator integrat de tensiune negativă	1
11.	R2, R3	1,8k Ω	rezistor cu peliculă de carbon, seria RCG1025, toleranța \pm 5%, putere disipată 0,25 W	2

7. Implementări alternative cu un singur transformator de alimentare atât pentru sursa simplă cât și pentru sursa dublă

7.1. Schema 1

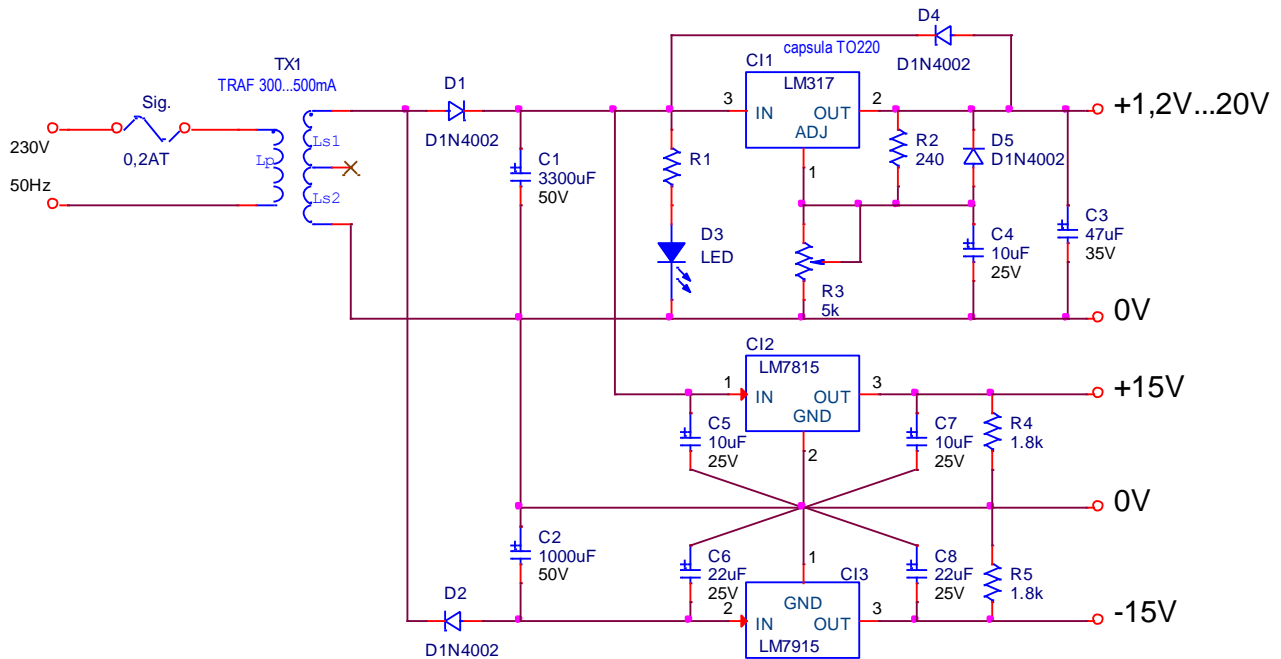


Fig. 11.

7.2. Schema a 2-a

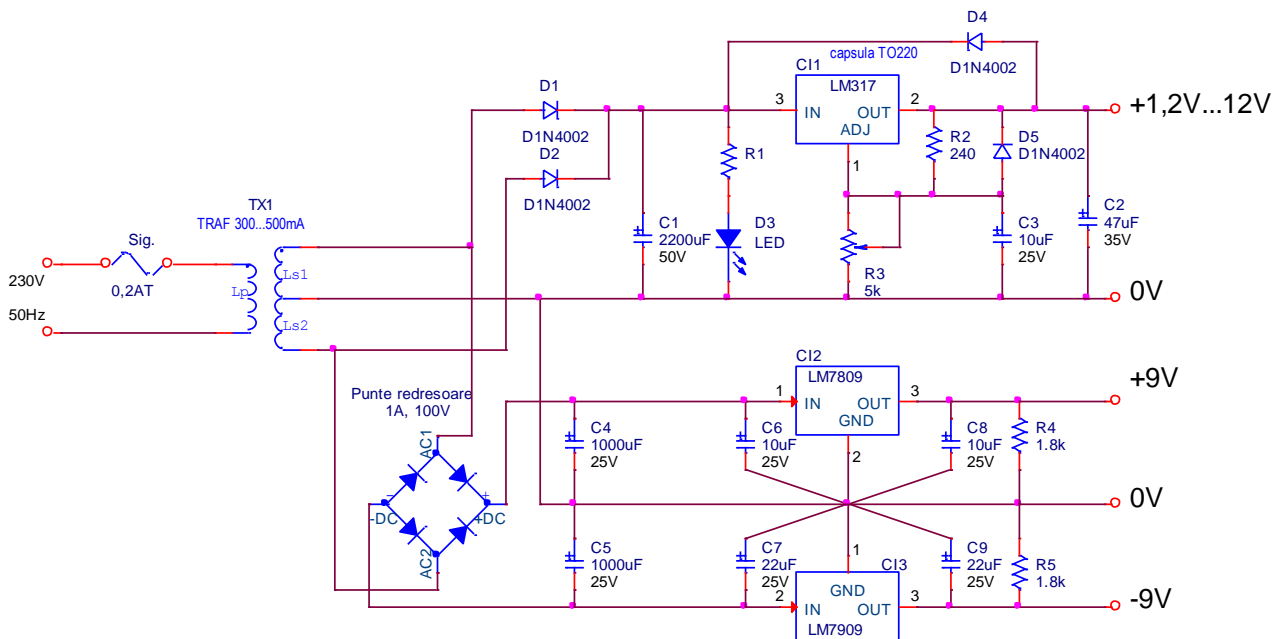


Fig. 12.

8. Implementare virtuală cu ajutorul programului open-source FRITZING

8.1. Proiectarea amplificatorului de semnal mic

O așezare orientativă a componentelor se prezintă în fig. 13:

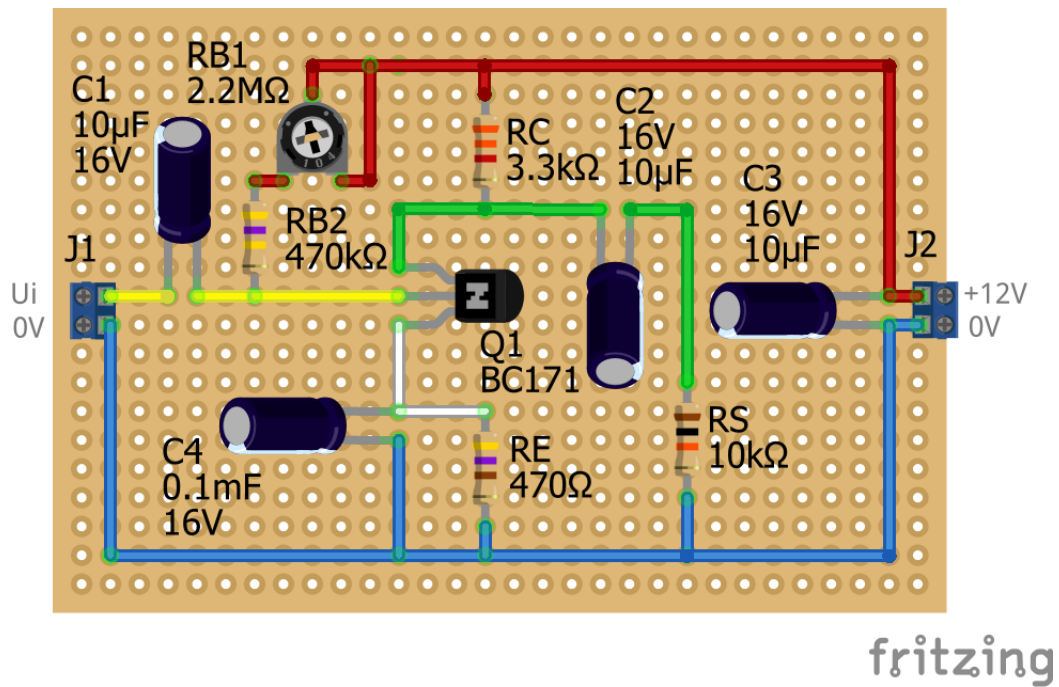


Fig. 13. Așezare orientativă a componentelor pentru amplificatorul de semnal mic

9. Codul culorilor la rezistoare

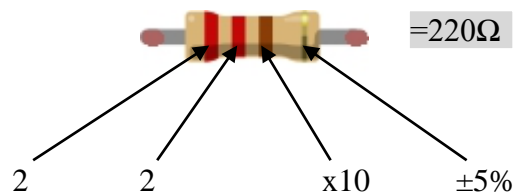
9.1. Rezistoare marcate cu 4 culori

Pentru seriile de valori E6, E12 și E24:

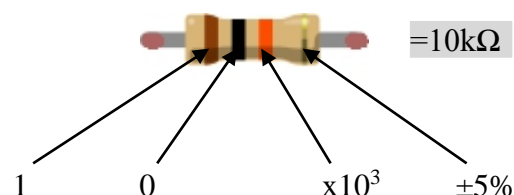
- banda 1 - prima cifră semnificativă
- banda 2 - a doua cifră semnificativă
- banda 3 - ordinul de multiplicare
- banda 4 - toleranța

culoarea	banda 1	banda 2	banda 3	banda 4
Negru	0	0	$\times 1$	
Maro	1	1	$\times 10$	
Rosu	2	2	$\times 100$	
Portocaliu	3	3	$\times 10^3$	
Galben	4	4	$\times 10^4$	
Verde	5	5	$\times 10^5$	
Albastru	6	6	$\times 10^6$	
Violet	7	7	$\times 10^7$	
Gri	8	8	$\times 10^8$	
Alb	9	9	$\times 10^9$	
Auriu			$\times 0,1$	5%
Argintiu			$\times 0,01$	10%
fara culoare				20%

Exemple



sau



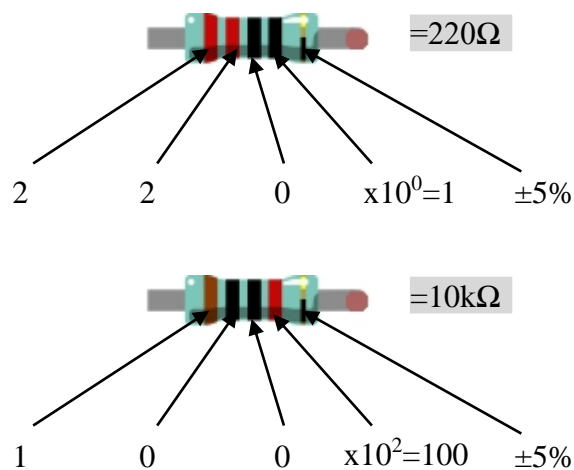
9.2. Rezistoare marcate cu 5 culori

Pentru seriile de valori E48, E96 si E192:

- banda 1 - prima cifră semnificativă
- banda 2 - a doua cifră semnificativă
- banda 3 - a treia cifră semnificativă
- banda 4 - ordinul de multiplicare
- banda 5 - toleranța

culoarea	banda 1	banda 2	banda 3	banda 4	banda 5
Negru	0	0	0	x 1	
Maro	1	1	1	x 10	1%
Rosu	2	2	2	x 100	2%
Portocaliu	3	3	3	x 10 ³	
Galben	4	4	4	x 10 ⁴	
Verde	5	5	5	x 10 ⁵	0.50%
Albastru	6	6	6	x 10 ⁶	0.25%
Violet	7	7	7	x 10 ⁷	0.10%
Gri	8	8	8	x 10 ⁸	0.05%
Alb	9	9	9	x 10 ⁹	
Auriu				x 0.1	5%
Argintiu				x 0.01	10%

Exemple



9.3. Valori standard de rezistoare

Tolaranță $\pm 10\%$, seria E12

1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tolaranță $\pm 5\%$, seria E24

1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

9.4. Valori standard de condensatoare (valori uzuale)

These fixed capacitor values are the most commonly found										
pF	pF	pF	pF	μ F	μ F	μ F	μ F	μ F	μ F	μ F
1.0	10	100	1000	0.01	0.1	1.0	10	100	1000	10,000
1.1	11	110	1100							
1.2	12	120	1200							
1.3	13	130	1300							
1.5	15	150	1500	0.015	0.15	1.5	15	150	1500	
1.6	16	160	1600							
1.8	18	180	1800							
2.0	20	200	2000							
2.2	22	220	2200	0.022	0.22	2.2	22	220	2200	
2.4	24	240	2400							
2.7	27	270	2700							
3.0	30	300	3000							
3.3	33	330	3300	0.033	0.33	3.3	33	330	3300	
3.6	36	360	3600							
3.9	39	390	3900							
4.3	43	430	4300							
4.7	47	470	4700	0.047	0.47	4.7	47	470	4700	
5.1	51	510	5100							
5.6	56	560	5600							
6.2	62	620	6200							
6.8	68	680	6800	0.068	0.68	6.8	68	680	6800	
7.5	75	750	7500							
8.2	82	820	8200							
9.1	91	910	9100							

10. Bibliografie

1. Helerea, E., Pană, Gh. ș.a. – *Materiale pentru electrotehnică și electronică*. Îndrumar de laborator, Universitatea Transilvania, Brașov, 1991.
2. Bacivarof, I.C. – *Conexiuni prin lipire în aparatura electronică*, Editura Tehnică, București, 1984.
3. Bășoiu, M. – *Service TV. Defecțiuni datorate comportamentului în timp al lipiturilor de asamblare componente – cablaj imprimat*. In: *Conex club*, nr. 2, 2000, p. 16.
4. Dascălu, D. ș.a. – *Dispozitive și circuite electronice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
5. Vladimirescu, A. – *SPICE*, Editura Tehnică, București, 1999.
6. Tudor, M. – *SPICE*, Editura Teora, București, 1996.
7. Stojanov, I. și Pașca, S. - *Analiza asistată de calculator a circuitelor electronice. Ghid practic PSpice*, Editura Teora, București, 1997
8. <http://vega.unitbv.ro/~pana/ectc/modele.spice/lab.ms/>
9. <http://fritzing.org/home/>
10. <http://www.atelierulelectric.ro/cc.htm>
11. http://www.bertys.ro/codul_culorilor_rezistente.htm
12. http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/1/W/1/0/1W10.shtml
13. <http://www.onsemi.com/pub/Collateral/1N4001-D.PDF>
14. <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/LM317-D.PDF>
15. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf>
- 16.