

**Clubul Copiilor Tg.Frumos
Jud. Iasi**

**Metode de realizare a montajelor
electronice simple**

Ing. Crismariuc Gheorghe

Cuprins

Introducere	1
CAPITOLUL I	
A. Alegerea schemei de principiu	2
B. Descifrarea schemei de principiu.....	4
CAPITOLUL II	
1. Elemente pasive de circuit.....	6
A. Rezistoare.....	6
B. Condensatoare.....	10
C. Bobine.....	14
2. Elemente active de circuit.....	16
A. Dioda.....	16
B. Tranzistorul.....	20
3. Componente SMD.....	25
CAPITOLUL III	
A. Cablaje imprimate.....	29
B. Proiectarea circuitelor imprimate.....	31
C. Realizarea cablajelor imprimate.....	36
CAPITOLUL IV	
Criterii de montare a componentelor.....	49
Tehnica lipirii componentelor.....	50
Considerații tehnice privind SMD.....	52
Aliaje pentru lipit.....	55
Bibliografie	58

Introducere

Electronica s-a impus definitiv în cele mai diverse domenii ale vieții contemporane influențând profund dezvoltarea științelor, a producției și chiar modul de viață a oamenilor. Ramură de vârf a economiei naționale, industria electronică a cunoscut și cunoaște o evoluție extraordinară cu multiple aplicații economico-sociale.

Electronica este azi principalul „generator” de progres tehnic, în contextul industrial al țărilor dezvoltate, contribuind în mod hotărâtor la creșterea productivității muncii, la ridicarea calității produselor, la introducerea în fabricație a tehnologiilor noi, la perfecționarea metodelor de conducere și de organizare a producției.

Luând în considerare importanța acestui domeniu, tot mai mulți tineri sunt atrași de electronică. Primele noțiuni pot fi dobândite în cadrul cursurilor gimnaziale la orele de Educație tehnologică, Fizică Cercurile de Electronică din Palate și Cluburi ale Copiilor sau din școli. Construirea și experimentarea diverselor montaje electronice are ca rezultat crearea unui produs util având satisfacția muncii împlinite.

Electronica își propune așadar să ofere copiilor un bagaj de cunoștințe care să permită lărgirea orizontului cunoașterii, completarea cunoștințelor primite în școală, aprofundarea noțiunilor de electronică prin acumularea de cunoștințe teoretice și căpătarea de deprinderi practice.

Capitolul I

A Alegerea schemei de principiu

Realizarea constructivă a unor montaje electronice este determinată de necesitatea de a intra în posesia acestora din diferite motive:

- autodotarea laboratorului;
- concursuri și expoziții;
- pentru uz personal: avertizoare sonore, jocuri de lumini, amplificatoare, alimentatoare.

La alegerea schemei este bine să ținem cont de performanțele acestuia, de piesele disponibile, dotarea laboratorului, competențele acumulate, etc.

Iată câteva criterii hotărâtoare în alegerea optimă a schemei de principiu:

1. Competențele acumulate:

Este un criteriu foarte important, deoarece la nivelul unui colectiv de elevi stadiul de pregătire este diferit. Astfel, deși noțiunile provin din aceeași sursă, iar interesul depus în asimilarea cunoștințelor este relativ aceeași, rezultatele obținute diferă.

Deasemenea, înclinațiile și aptitudinile pentru tehnică în general și electronică în special sunt diferite de la individ la individ.

Ținând seama că electronica este principalul „generator” de progres, fiind prezentă peste tot, în toate domeniile, se impune o continuă formare de noi specialiști.

Pasiunea pentru acest domeniu poate fi „sădită” în clasele gimnaziale în cadrul orelor de fizică, educație tehnologică, cercuri de electronică din școli și clubul copiilor.

2. Gradul de complexitate al lucrării:

Se știe că uneori obținem aceleași rezultate sau rezultate apropiate abordând montaje simple. Sunt însă și situații când este necesar să se abordeze lucrări cu un grad sporit de complexitate obținând parametri pe măsură.

Concluzionând, nivelul de pregătire trebuie să corespundă cu gradul de dificultate al lucrării.

3. Baza materială existentă:

Un alt criteriu de care trebuie să ținem cont în alegerea unei lucrări, în vederea realizării ei practice este baza materială existentă în laborator.

În anumite cazuri se începe realizarea unui circuit electronic deși o parte din componentele necesare lipsesc în speranța procurării lor pe parcurs. În aceste circumstanțe lucrarea începută va fi abandonată mai devreme sau mai târziu într-un anumit stadiu.

Trebuie menționat că un reper cât de mic poate deveni de o importanță majoră. Se recomandă așadar ca după alegerea unei lucrări să se alcătuiască o listă a

componentelor electronice, notând corect tipurile și valorile, precum și tensiunile de lucru. Având la dispoziție toate componentele sau eventualii înlocuitori, putem declanșa operațiunea de realizare practică trecând la următoarea etapă. Având procurate componentele electronice putem trece fără risc la conceperea cablajului imprimat unde orice detaliu este important.

4. Existența aparaturii de verificare și reglaj:

Activitatea de realizare a circuitelor electronice presupune existența unei dotări cu aparate și dispozitive de măsurare, verificare și reglaj: AVO-metru, capacimetru, beta-metru, frecvenț-metru, osciloscop, generator de semnal etc.

5. Realizarea în stadiu de experiment a montajului pe bancul de probă:

Considerând condițiile menționate ca fiind îndeplinite înainte de realizarea propriu-zisă a montajului electronic, este indicat să-l realizăm pe bancul de probă având astfel posibilitatea să eliminăm eventualele greșeli de tipar sau de concepție, găsind adevărata valoare a componentelor prin tatonare.

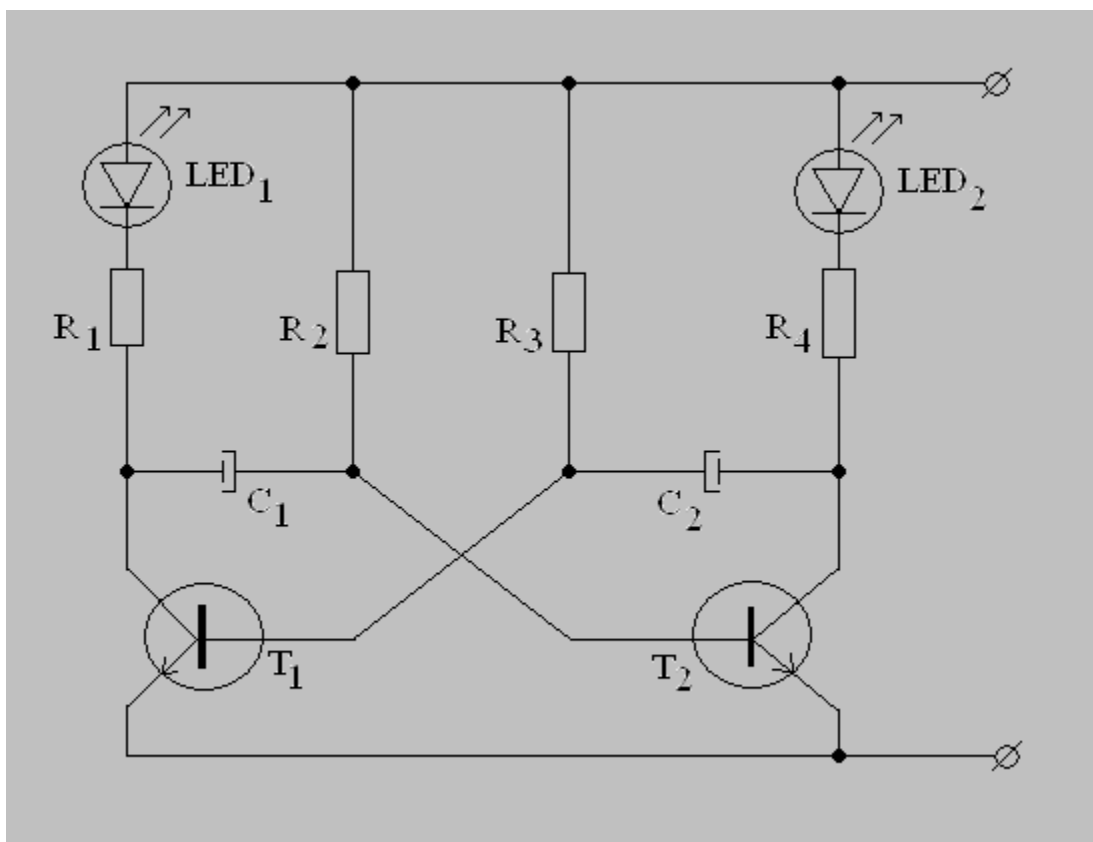


Figura 1: Schema de principiu (electrică)

B Descifrarea schemelor de principiu

Realizarea practică a montajelor electronice au o influență deosebită asupra elevilor dezvoltându-le creativitatea și spiritul de inițiativă.

În momentul intrării în posesia schemei de principiu constatăm că este compusă dintr-o multitudine de semne convenționale (radio-simboluri) reprezentând diferite componente electronice active și pasive legate între ele prin linii drepte verticale și orizontale (uneori oblice) întrerupte etc.

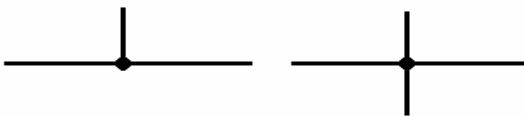
Descifrarea schemei alese începe încă de la transcrierea acesteia. Această operație se face începând cu piesa cea mai importantă (tranzistor, circuit integrat). În cazul existenței unui anumit număr de componente active transcrierea se începe din zona stângă a schemei continuând cu celelalte circuite și componente.

Cu această ocazie se realizează o recunoaștere a componentelor (active sau pasive) necesare și dispozitivelor, procurarea eventualelor echivalențe, dar și a traseelor care interconectează aceste piese pe care le vom denumi elemente de circuit.

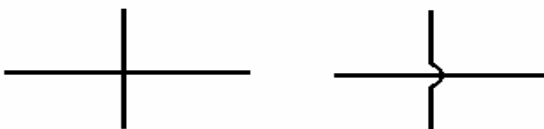
Elemente de circuit:



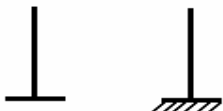
Linie de contact



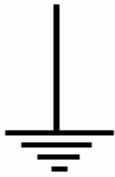
Linii de circuit în contact



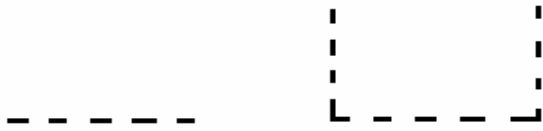
Linii de circuit fără contact



Legare la masă



Legare la pământ



Ecranul sau blindajul



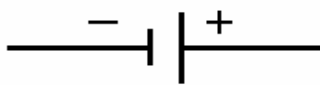
Cuplaj mecanic între două elemente reglabile



Contact normal deschis



Contact normal închis



Element galvanic



Lampă de semnalizare bec

CAPITOLUL II

1. ELEMENTE PASIVE DE CIRCUIT

A. Rezistoare:

1. Prezentare generală:

Rezistorul este componenta electronică pasivă cea mai utilizată în circuitele electronice. În practică se mai folosește și denumirea de rezistență.

Definiție: Rezistorul este componenta electronică pasivă care are proprietatea de a se opune trecerii curentului electric.

Simbolul grafic pentru rezistor este:

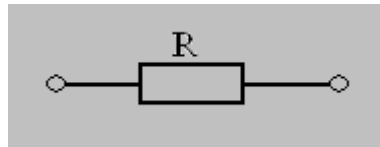


Figura 2: rezistența

Unitatea de măsură a rezistenței este ohmul Ω și are ca multipli kilohmul ($K\Omega$) și megaohmul ($M\Omega$) între care există relațiile: $1M\Omega = 10^3K\Omega = 10^6\Omega$.

2. Parametrii rezistoarelor:

Valoarea nominală este mărimea rezistenței marcată (în clar sau în codul culorilor) pe corpul rezistorului.

Exemplu: 1,5K – 1K5 ; 100 Ω – 100 ; 1,2M Ω – 1M2.

Valorile nominale sunt standardizate și formează serii de progresii geometrice notate cu E₆: E₁₂: E₂₄. Numărul seriei arată câte valori nominale se găsesc într-o decadă, adică în intervalul 1-10, 10-100 etc. (a se vedea tabelul seriilor de valori).

Toleranța reprezintă abaterea maximă exprimată în procente, a valorii reale a rezistenței față de valoarea ei nominală.

Exemplu: un rezistor cu valoarea nominală de 10K și toleranța $\pm 20\%$ poate avea orice valoare cuprinsă între 8 și 12K.

Cu cât toleranța este mai mică cu atât valoarea reală este mai apropiată de cea nominală.

Seriile de valori nominale și clasele de toleranță a rezistoarelor:

Seria	E ₆	E ₁₂	E ₂₄	E ₄₈	E ₉₆	E ₁₉₂
Toleranța	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm 2,5\%$	$\pm 1,25\%$	$\pm 0,6\%$

Codificarea literară a toleranței valorii rezistenței:

Litera	B	C	D	F	G	I	K	M
Toleranța	$\pm 0,1$	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	± 1	± 2	$\pm 5\%$	± 10	± 20

Puterea disipată maximă este cea mai mare putere de c.c. sau c.a. la care rezistorul poate lucra sigur un timp îndelungat în condiții de mediu exterior determinate $T=+25^{\circ}C$.

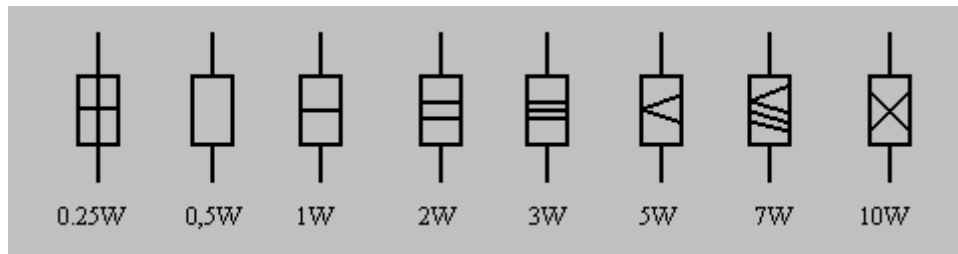


Figura 3: Mod de notare în schemă a puterilor de disipație pentru rezistoare

Tensiunea nominală reprezintă tensiunea care poate fi aplicată la bornele rezistorului în condiții normale ale mediului înconjurător fără ca rezistorul să se distrugă.

3. Clasificarea rezistoarelor:

Rezistoarele pot fi:

- Liniare:

◆ fixe:

- ✦ bobinate
- ✦ peliculare
- ✦ volum

◆ reglabile:

- ✦ potențiometre:
 - chimice
 - bobinate
- ✦ semireglabile

- Neliniare

- ◆ termorezistoare
- ◆ varistoare
- ◆ fotorezistoare.

4.

Simbolizarea rezistoarelor:

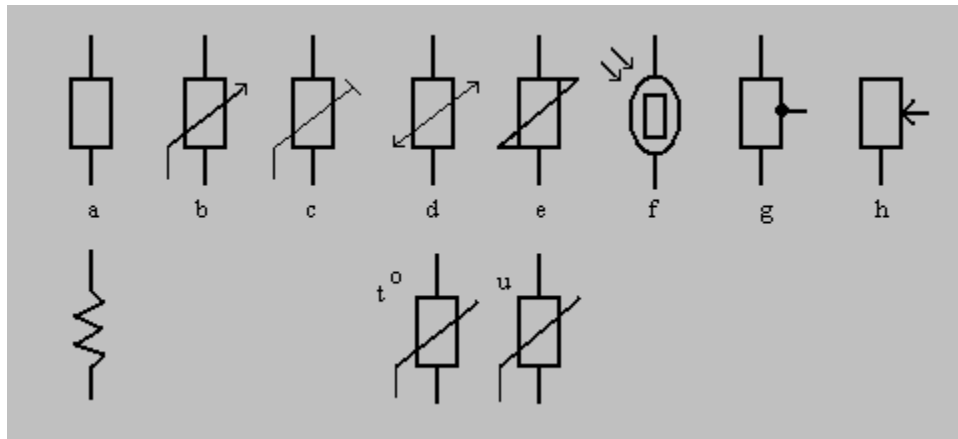


Figura 4: Simboluri grafice pentru rezistoare:
a-rezistor cu rezistența fixă; b-potențiomtru; c-rezistență semireglabilă;
d-termistor; e-varistor; f-fotorezistor; g-rezistor cu priză intermediară;
h-rezistor cu rezistență reglabilă

5. Marcarea rezistoarelor în codul culorilor:

Constă în aplicarea a patru inele colorate pe corpul rezistorului. Codul culorilor se utilizează pentru marcarea mărimii rezistenței nominale și a toleranței pe rezistoare miniatură, pe care aceste mărimi se pot scrie în clar. Acest sistem de marcarea are avantajul că valoarea unei rezistențe se poate citi indiferent de poziția pe care o are piesa în montaj.

Codul culorilor la rezistoare este prezentat în tabelul următor:

Culoare	Prima cifră: A	A doua cifră: B	Coefficient de multiplicare: C	Toleranța: D
Negru		0	1	
Maro	1	1	10	±1%
Roșu	2	2	10 ²	±2%
Portocaliu	3	3	10 ³	
Galben	4	4	10 ⁴	
Verde	5	5	10 ⁵	
Albastru	6	6	10 ⁶	
Violet	7	7	10 ⁷	
Gri	8	8	10 ⁸	
Alb	9	9	10 ⁹	
Auriu			10 ⁻¹	±5%
Argintiu			10 ⁻²	±10%
Nici o culoare				±20%

Tabel 1: Codul culorilor la rezistoare

$$R = AB \times 10^C \cdot D$$

Exemplu:

A – Galben – 4

B – Violet – 7

C – Roșu – 10^2

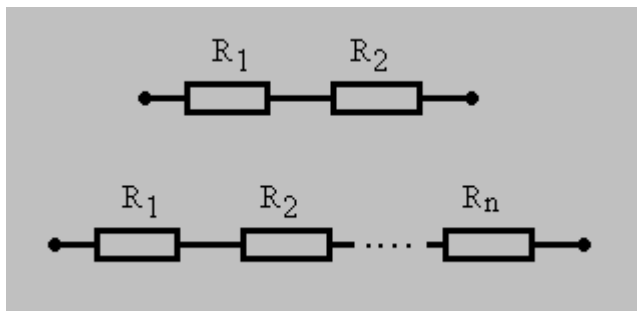
D – Auriu – 5%

$$R=AB \cdot 10^C \cdot D=47 \cdot 10^2 \cdot 5\%=4700\Omega \cdot 5\%=4,7K\Omega - 4K7.$$

6. Conectarea rezistoarelor în circuit:

În circuitele electronice, uneori este nevoie de o anumită valoare de rezistență care nu se găsește ca valoare nominală în seriile de valori; prin conectarea în serie, paralel sau mixtă (combinată) a mai multor rezistoare se poate ajunge la valoarea dorită.

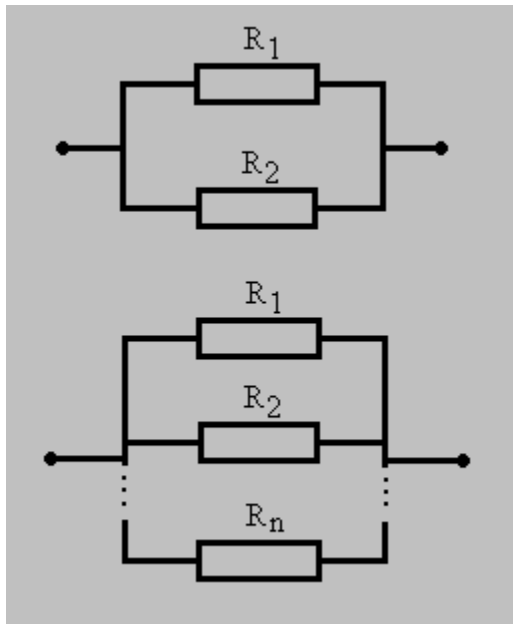
Conectarea în serie: (figura 5)



$$R_e=R_1+R_2$$

$$R_e=R_1+R_2+\dots+R_n=\sum_{i=1}^n R_i$$

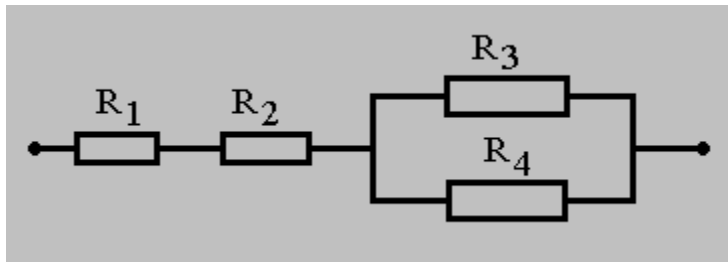
Conectarea în paralel: (figura 6)



$$\frac{1}{R_e}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} \Rightarrow R_e=\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2}$$

$$\frac{1}{R_e}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+K+\frac{1}{R_n}=\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Conectarea mixtă: (figura 7)



$$R_e = R_1 + R_2 + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

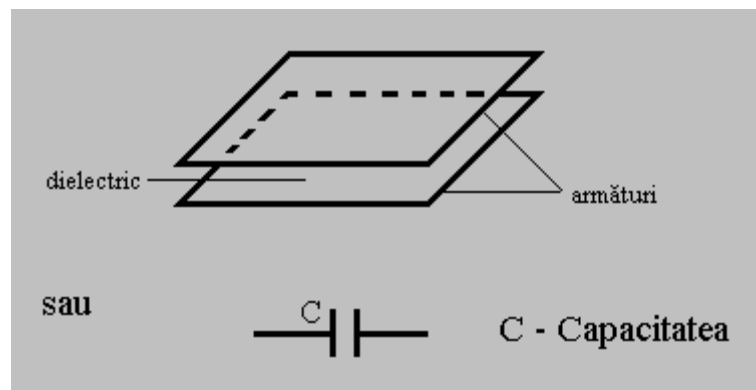
B. Condensatoare:

1. Prezentare generală:

Condensatorul este o componentă electronică pasivă, care, alături de rezistor este utilizată frecvent în circuitele electronice.

Definiție: Condensatorul electric sau capacitorul este un dispozitiv compus din două armături despărțite printr-un dielectric care are proprietatea de a acumula sarcini electrice.

Simbolul grafic pentru condensator este: (figura 8)



Unitatea de măsură a capacității este faradul F. În practică faradul este o unitate de măsură foarte mare. De aceea se folosesc multiplii acestuia: microfaradul (μF), nanofaradul (nF) și picofaradul (pF).

$$1\text{F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^9 \text{nF} = 10^{12} \text{pF}$$

$$1\mu\text{F} = 10^3 \text{nF} = 10^6 \text{pF}$$

2. Parametrii condensatoarelor:

Capacitatea nominală reprezintă valoarea înscrisă pe corpul condensatorului. Pentru condensatoare cu $c_n \leq 1\mu\text{F}$ capacitatea nominală respectă valorile normalizate din seriile E₆, E₁₂, E₂₄ (vezi tabelul seriilor de valori).

Toleranța reprezintă abaterea maximă a valorii reale a capacității față de valoarea ei nominală. Dacă pentru condensatoarele sub $1\mu\text{F}$ se respectă valorile corespunzătoare seriei de valori, pentru $c_n > 1\mu\text{F}$ valorile nominale și toleranțele depind de firma producătoare. Pentru condensatoarele electrolitice se dau de obicei toleranțe

nesimetrice: (0%+50%), (0%+80%), (-10%+30%), (-10%+50%), (-10%+100%) sau (-20%+80%).

Capacitatea reală a unui capacitor poate fi diferită de capacitatea nominală datorită unor factori ca: precizia tehnologiei de fabricație, tensiunea și frecvența de lucru, temperatura și umiditatea mediului ambiant, timpul de stocare.

Tensiunea nominală u_n este tensiunea continuă maximă sau tensiunea alternativă eficace maximă care poate fi aplicată continuu la terminalele condensatorului.

Valorile uzuale ale tensiunii nominale sunt:

6, 12, 16, 25, 40, 63, 70, 100, 125, 250, 350, 450, 500, 650, 1000.

3. Clasificarea condensatoarelor:

a) După natura dielectricului:

- cu dielectric gazos (vid, aer, gaze)
- cu dielectric lichid (ulei)
- cu dielectric solid
- cu oxid metalic-electrolitice (Aluminiu, Tantal, Niobiu)

b) Din punct de vedere constructiv:

- fixe - ajustabile - variabile

c) Dielectrici uzuali:

- | | | | |
|----------|-------------------|---------------|------------|
| - vid | - ceramică | - bachelită | - aluminiu |
| - aer | - porțelan | - polietilenă | - tantal |
| - apă | - mică | - poliester | - niobiu |
| - hârtie | - sticlă de cuarț | - teflon | |

4. Simbolizarea condensatoarelor:

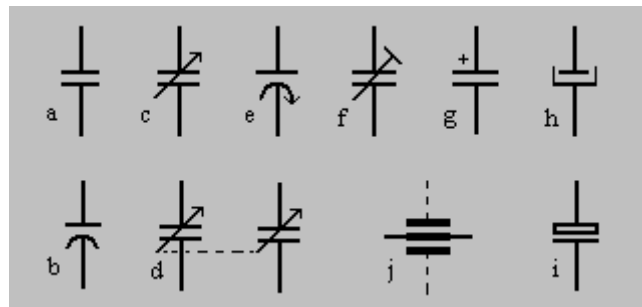


Figura 9: Simboluri grafice pentru condensatoare:

- a) și b)- simbol general pentru condensatoare; c)- condensator variabil;
d)- condensatoare variabile duble; e) și f)- condensator ajustabil (trimmer);
g), h) și i)- condensator electrolitic; j)- condensator de trecere

5. Marcarea condensatoarelor în codul culorilor:

Marcarea în codul culorilor este aplicată mai ales condensatoarelor ceramice. Citirea indicațiilor colorate pentru acest tip de condensatoare se face începând de la terminale.

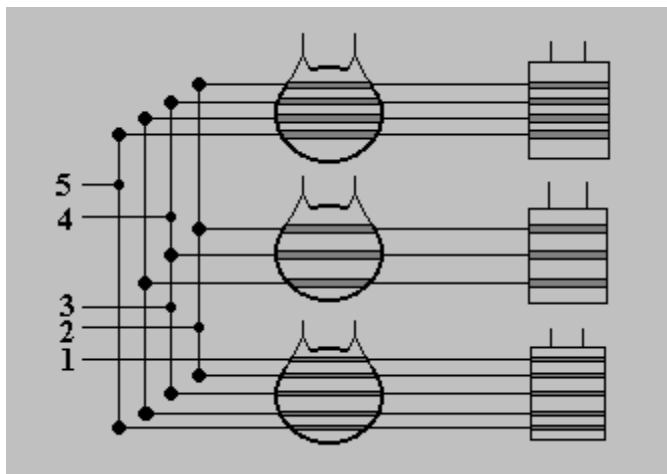


Figura 10: Marcarea în codul culorilor pentru condensatoarele ceramice:

- 1- coeficient de temperatură;
- 2- prima cifră
- 3- a doua cifră
- 4- coeficient de multiplicare
- 5- toleranța

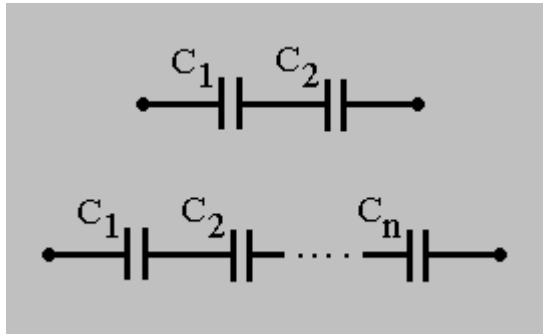
Tabel 2: Codul culorilor pentru condensatoare:

Culoarea	1	2	3	4	5	
	Capacitatea				Toleranța	
	Coeficient de temperatură $10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$	Prima cifră	A doua cifră	Factor de multiplicare	pF pentru $C < 10\text{pF}$	% pentru $C > 10\text{pF}$
Negru	0	0	0	1	± 2	± 20
Maro	-33	1	1	10^1	$\pm 0,1$	± 1
Roșu	-75	2	2	10^2	$\pm 0,25$	± 2
Portocaliu	-150	3	3	10^3	-	± 3
Galben	-220	4	4	10^4	-	-
Verde	-330	5	5	-	$\pm 0,5$	± 5
Albastru	-470	6	6	-	-	-
Violet	-750	7	7	-	-	-
Gri	-2200	8	8	-	-	- 20+30
Alb	+120	9	9	-	± 1	± 10
Auriu	+100			10^{-1}		
Argintiu						

6. Conectarea condensatoarelor în circuit:

Ca și în cazul rezistoarelor și capacitoarele se pot grupa în serie, paralel sau mixtă.

Conectarea în serie: este echivalentă cu o mărime a distanței dintre armături; capacitatea totală va fi mai mică decât fiecare din capacitățile componente.

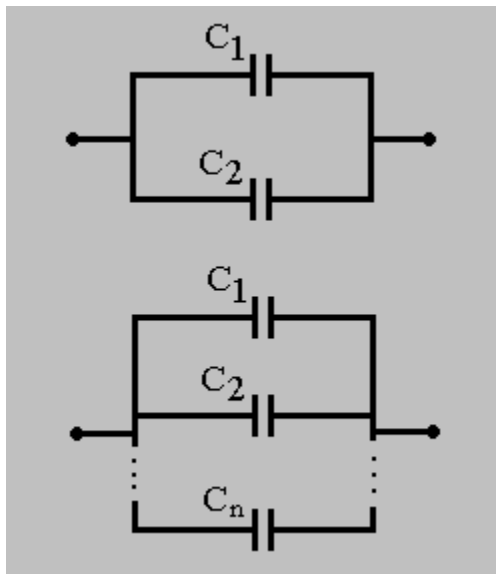


$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Figura 11

Conectarea în paralel: efectul este similar cu mărirea suprafeței armăturilor:



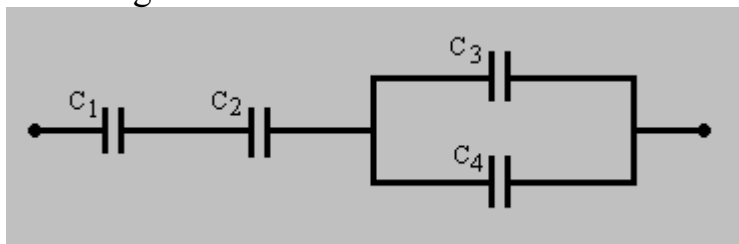
$$C_t = C_1 + C_2$$

$$C_t = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Figura 12

Conectarea mixtă:

Figura 13



$$C_t = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} + C_3 + C_4$$

C. Bobine:

1. Prezentare generală:

În jurul unui conductor parcurs de curent electric se formează un câmp magnetic.

Definiție: bobinele electrice sunt componente electronice pasive constituite dintr-un sistem de spire în serie care înlănțuiesc același circuit magnetic, fie pentru a produce o anumită tensiune magnetomotoare (când spirele sunt conduse de curent electric) ca proprietate a unui circuit electric de a se opune oricărei variații a curentului electric ce-l parcure, fie pentru a fi sediul unei tensiuni electromotoare induse (când circuitul magnetic e străbătut de flux magnetic variabil în timp) ca proprietate a bobinei de a acumula energie în câmp magnetic.

Simbolul grafic pentru bobină este:

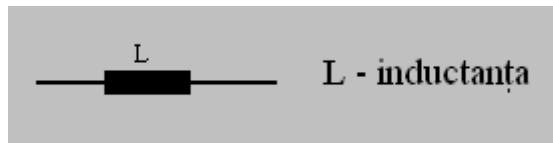


Figura 14

Unitatea de măsură a inductanței se numește Henry (H) care are ca submultipli milihenry ($1\text{mH}=10^{-3}\text{H}$), microhenry ($1\mu\text{H}=10^{-6}\text{H}$) și nanohenry ($1\text{nH}=10^{-9}\text{H}$).

Structura bobinelor: datorită diversității foarte mari a bobinelor utilizate în radioelectronică nu există o producție de serie mare (standardizată).

Elementele componente ale unei bobine sunt:

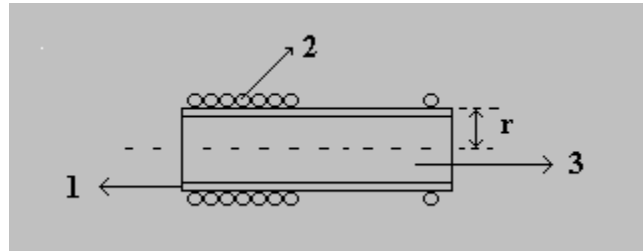


Figura 15: Structura bobinelor:

1. carcasa; 2. bobinajul; 3. miezul.

Carcasa: suportul pe care se înfășoară conductorul bobinei.

Înfășurarea (bobinajul)

Miezul: intră în componenta majorității bobinelor, deoarece permite obținerea unor inductanțe de valori mai mari și reglabile.

Ecranul: este facultativ și se utilizează pentru a înlătura potențialele cuplaje parazite.

2. Parametrii caracteristici ai unei bobine:

- inductanța L
- rezistența totală de pierderi
- factorul de calitate
- capacitatea (parazită) proprie
- stabilitatea (parametrilor bobinei)
- puterea, tensiunea și curentul maxim admise pentru a nu produce transformări inversabile în bobină.

3. Simbolizarea bobinelor:

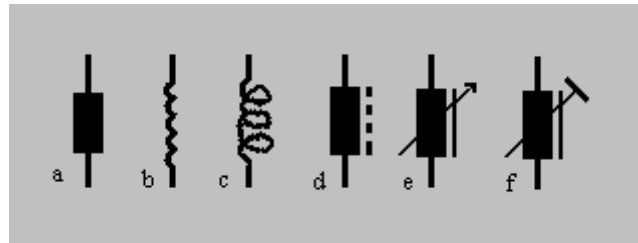


Figura 16: Simboluri folosite pentru bobine:

- a),b),c)- inductanță, bobină, înfășurare semn general; d)- inductanța cu miez magnetic;
e)- inductanță variabilă continuu cu miez magnetic;
f)- inductanță semivariabilă cu miez magnetic.

4. Aplicații ale bobinelor:

Transformatorul – două sau mai multe bobine cuplate, ansamblate pe același miez magnetic formează un transformator.

Simboluri:

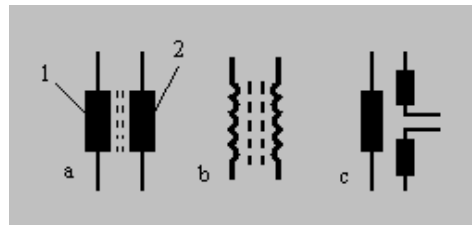


Figura 17:

a,b – transformator simbol general (1. primar; 2. secundar)

c – transformator cu două înfășurături secundare

Clasificare:

- transformator coborâtor de tensiune, se folosește pentru obținerea de tensiuni mai mici decât cea de rețea (inclusiv obținerea tensiunii de rețea din rețele de înaltă tensiune);
- transformator ridicător de tensiune (circuitul de alimentare a tuburilor cinescop etc);
- transformatoare separatoare de tensiune 1/1;
- transformatoare de semnal.

2. ELEMENTE ACTIVE DE CIRCUIT

MATERIALE SEMICONDUCTOARE:

Materialele semiconductoare se situează din punct de vedere electric între metale și izolatoare. În anumite condiții, materialele semiconductoare pot conduce curentul electric. Pentru utilizarea materialelor semiconductoare (Ge, Si) la fabricarea componentelor electronice, în rețeaua lor cristalină sunt introduse controlat impurități donoare (fosfor, arsen, etc) sau acceptoare (bar, aluminiu, galiu, etc) de electroni.

În funcție de natura impurității se obțin semiconductoare de tip n – care au un surplus de electroni, sau de tip p – care au un surplus de goluri, golul reprezentând lipsa unui electron din rețeaua atomică a cristalului.

Contactul a două semiconductoare, unul de tip p și unul de tip n (numită joncțiunea PN) permite trecerea curentului electric doar într-un sens.

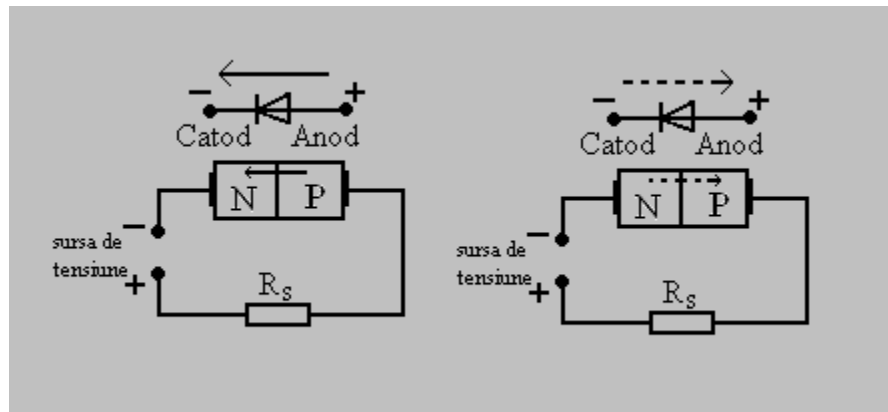


Figura 18: Circuitul de polarizare a unei joncțiuni p-n
a- polarizare directă; b- polarizare inversă.

A. Diode

DIODA SEMICONDUCTOARE:

Dacă se conectează polul pozitiv (+) al unei baterii la regiunea P și polul negativ (–) la regiunea N electronii vor fi atrași din regiunea P către plusul bateriei; același lucru se întâmplă și în regiunea N, sarcinile pozitive circulând spre minusul bateriei. Dacă se schimbă polaritatea aplicând minusul pe regiunea P și plus pe regiunea N prin diodă nu va trece curentul electric. Deci dioda se caracterizează prin conductivitate unidirecțională.

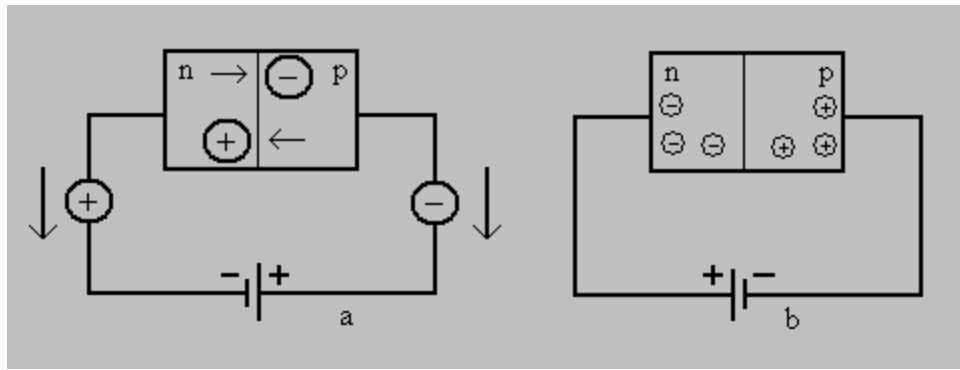


Figura 19:

a) polarizare în sens direct a diodei; b) polarizare în sens invers a diodei

Definiție: dioda semiconductoră este un dispozitiv electronic format dintr-o joncțiune p-n la extremitățile căreia sunt fixate conductoare de legătură.

Reprezentare grafică:

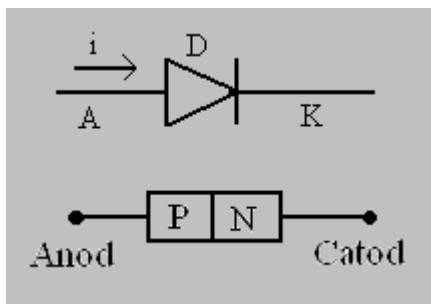


Figura 20:

Structura unei diode și reprezentarea ei în scheme.
Sensul convențional al curentului prin diode.

Dacă la anod se aplică o tensiune pozitivă se spune că dioda este polarizată direct.

DIODE REDRESOARE:

Diodele redresoare utilizează proprietatea joncțiunii p-n de a conduce un curent relativ mare în polarizare directă și un curent mic neglijabil în polarizarea inversă. (figura 21).

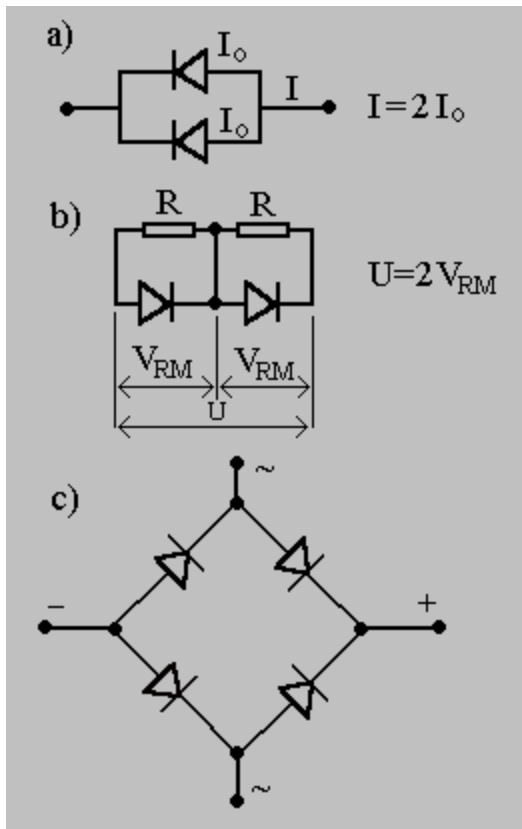
DIODE REDRESOARE RAPIDE:

Sunt utilizate la redresarea tensiunilor alternative și la comutarea semnalelor cu frecvența cuprinsă între 1000-100000 Hz.

DIODE DE COMUTAȚIE:

Aceste diode sunt utilizate la comutarea rapidă a unor semnale, la detecție în IF, la mixarea semnalelor în RF.

Figura 21



a) montarea în paralel

b) montarea în serie

c) puntea redresoare

DIODE STABILIZATOARE DE TENSIUNE: (Zenner)

Se caracterizează prin faptul că funcționează, în mod obișnuit, în domeniul de polarizare inversă a caracteristicii $U - I$.

Reprezentarea grafică este:

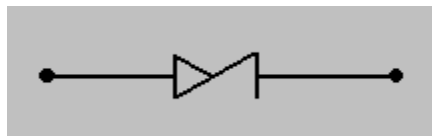


Figura 22

Montarea diodelor Zenner se face după schema:

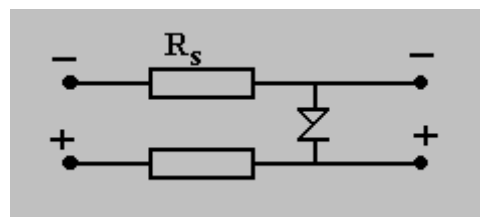


Figura 23

DIODE VARICAP:

Sunt dispozitive semiconductoare a căror capacitate este puternic dependentă de tensiunea aplicată la borne, deci, polarizate invers, pot înlocui capacitatoarele variabile. Reprezentarea grafică este:

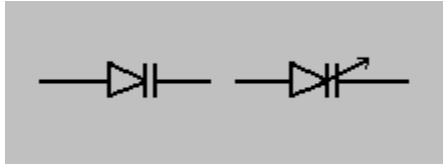


Figura 24

DIODE PIN:

Această diodă are o structură de tipul **p – i – n** (o regiune de mare rezistivitate **i** cuprinsă între două regiuni puternic dopate **n:p**). Comandate de semnalul RAA diodele PIN sunt utilizate la atenuarea controlată a semnalelor de radiofrecvență în etajele de intrare a receptoarelor radio și TV.

DIODE SCHOTTKY:

Se utilizează la receptoarele de foarte înaltă frecvență, în mixere echilibrate cu zgomot redus.

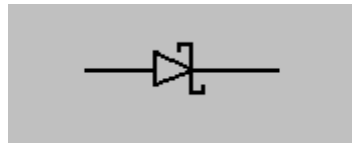


Figura 25

DIODE TUNEL:

Au multiple aplicații în amplificatoarele și oscilatoarele de microunde.

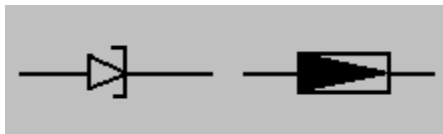


Figura 26

DIODE GUNN:

Sunt utilizate în oscilatoare de microunde.

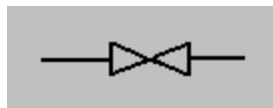


Figura 27

Observație: să le vedem pe toate:

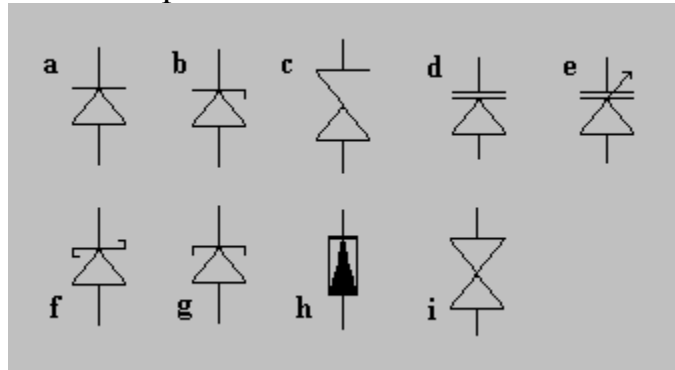


Figura 28:

a-dioda semiconductoră; b și c-dioda Zenner; d și e-dioda varicap;
f-dioda Schotty; g și h-dioda tunel; i-dioda Gunn.

B. Tranzistoare

TRANZISTORUL BIPOLAR:

1. Prezentare generală:

Definiție: Tranzistorul este un dispozitiv semiconductor compus din două joncțiuni p-n, formate pe același cristal semiconductor determinând astfel trei regiuni distincte.

Simbolul grafic: (dispunerea joncțiunilor și simbolurilor tranzistorelor)

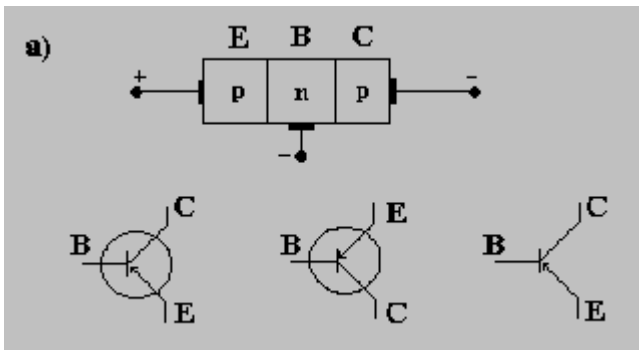


Figura 29 a)
Tranzistore de tip p-n-p

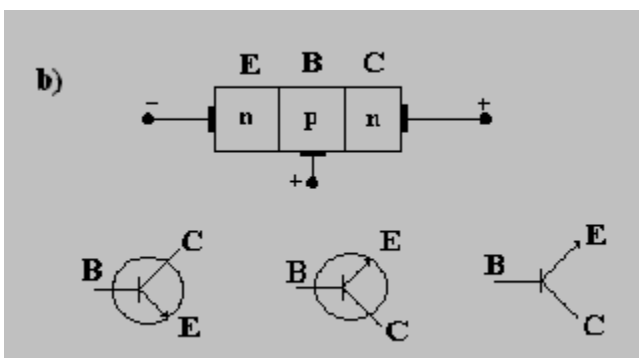


Figura 29 b)
Tranzistore de tip n-p-n

2. Parametrii tranzistorelor:

Caracteristicile electrice ale tranzistorului reprezintă valori ale unor parametri indicate de fabricant în scopul utilizării lui potrivit cerințelor. Fabricantul precizează într-o foaie de catalog atât parametrii limită de funcționare ai tranzistorelor, cât și caracteristicile de funcționare pentru diferite regimuri de lucru, sub formă de diagrame.

V_{cB_0} [V]	– tensiunea colector bază maximă
V_{cE_0} [V]	– tensiunea colector emitor maximă
V_{EB_0} [V]	– tensiunea bază emitor maximă
I_c [mA]	– curentul maxim de colector
P_{tot} [mW]	– puterea totală disipată
T_j	– temperatura maximă a joncțiunii
$h_{21E} - \beta$	– factorul de amplificare în curent
f_T [MHz]	– frecvența de tranziție
F	– factorul de zgomot.

3. Clasificare:

• După materialul semiconductor utilizat:

- tranzistore cu germaniu
- tranzistore cu siliciu

Se încearcă utilizarea unor materiale cu caracteristici deosebite în anumite condiții de lucru. Se menționează materialele semiconductoare compuse (exemplu: GaAs) și semiconductoarele organice.

• După semnul tensiunii de polarizare:

- tranzistor p-n-p
- tranzistor n-p-n

• Din punct de vedere al puterii disipate:

- tranzistore de mică putere: $P \leq 0,3W$
- tranzistore de medie putere: $0.3W < P \leq 5W$
- tranzistore de putere: $P > 5W$

• Din punct de vedere al frecvențelor de funcționare:

- tranzistore de joasă frecvență: $f < 30MHz$
- tranzistore de frecvențe înalte: $30MHz < f \leq 300MHz$
- tranzistore de frecvențe foarte înalte: $f > 300MHz$

• Conform tehnologiei de realizare:

- tranzistore cu joncțiuni obținute prin „CREȘTERE”
- tranzistore cu joncțiuni obținute prin „ALIERE”
- tranzistore cu joncțiuni obținute prin „DIFUZIE”
- tranzistore obținute prin „EPITAXIE”.

4. Moduri de conectare a tranzistorelor:

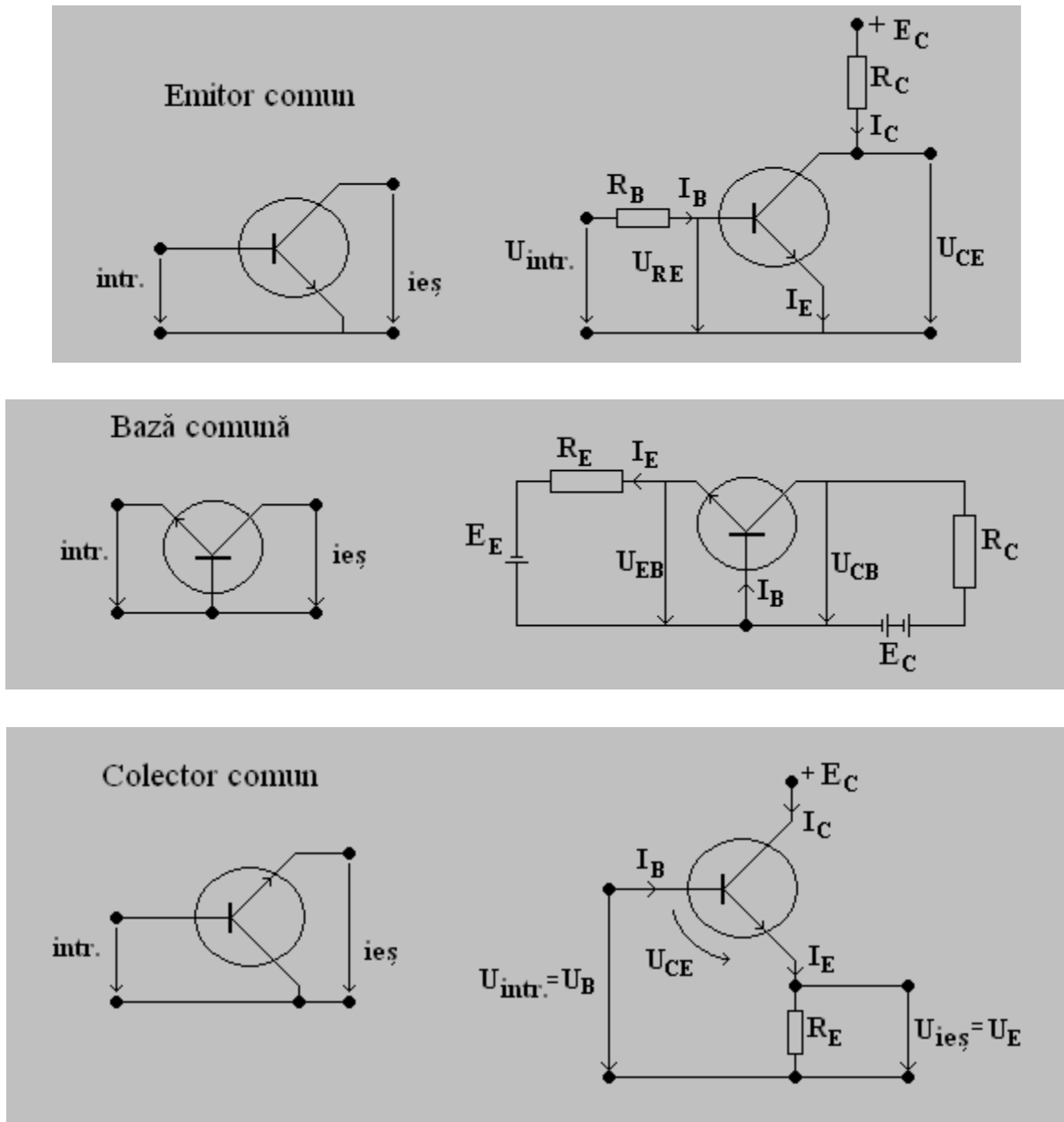


Figura 30: Tipuri de conexiuni ale tranzistorului:

- a) tranzistor în montaj emitor comun;
- b) tranzistor în montaj bază comună;
- c) tranzistor în montaj colector comun.

Tipul conexiunii Mărimea	Emitor comun EC	Bază comună BC	Colector comun CC
Impedanța de intrare Z_i	medie	mică	mare
Impedanța de ieșire Z_e	medie	mare	mică
Amplificarea în curent A_i	mare 10-100	<1	mare
Amplificarea în tensiune A_u	mare <1000	mare >100	<1
Amplificarea în putere	sute <1000	mii <10000	10
Defazaj față de semnalul inițial	antifază 180	în fază 0^0	În fază 0^0

Tabel 3: Principalele caracteristici ale celor trei tipuri de montaj

Concluzii:

Montajul cu emitor comun este cel mai des folosit, având amplificarea în tensiune și putere foarte mare. Se pot folosi și etaje succesive de acest tip conectate direct, ieșirea unuia cu intrare celuiilalt.

Montajul cu bază comună se folosește acolo unde trebuie adoptată o rezistență de ieșire mică la o rezistență de sarcină mare, amplificare în putere și tensiuni mari.

Montajul cu colector comun (repetor pe emitor) se folosește la adoptarea unei impedanțe mari de ieșire a sursei de semnal la o impedanță de sarcină redusă. Este folosit la amplificatoarele de joasă frecvență moderne fără transformator de ieșire și, de asemenea, pentru adaptarea la cablul coaxial de joasă impedanță.

În vederea îmbunătățirii performanțelor unui circuit care folosește un singur tranzistor s-au realizat scheme electrice cu doi tranzistori astfel interconectați încât să fie obținute avantaje evidente.

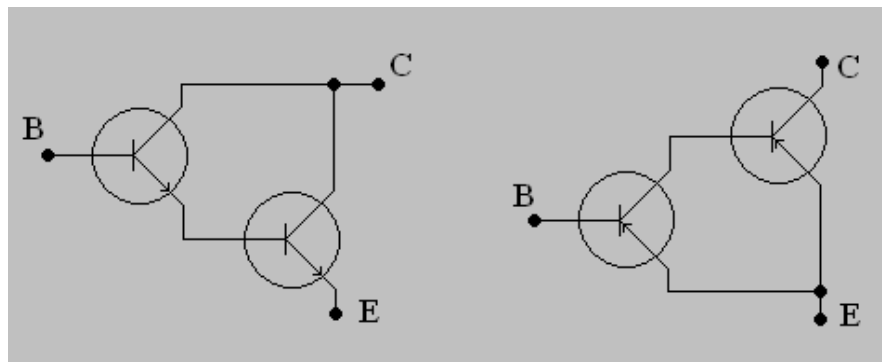


Figura 31: Montaje Darlington NPN și PNP

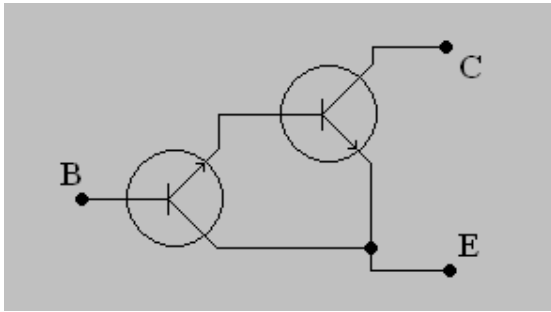


Figura 32: Montaj Super – D

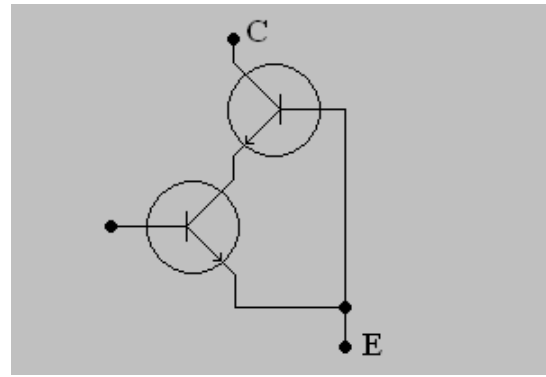


Figura 33: Montaje cascod

Tranzistorul cu efect de câmp (T.E.C. și M.O.S. T.E.C.)

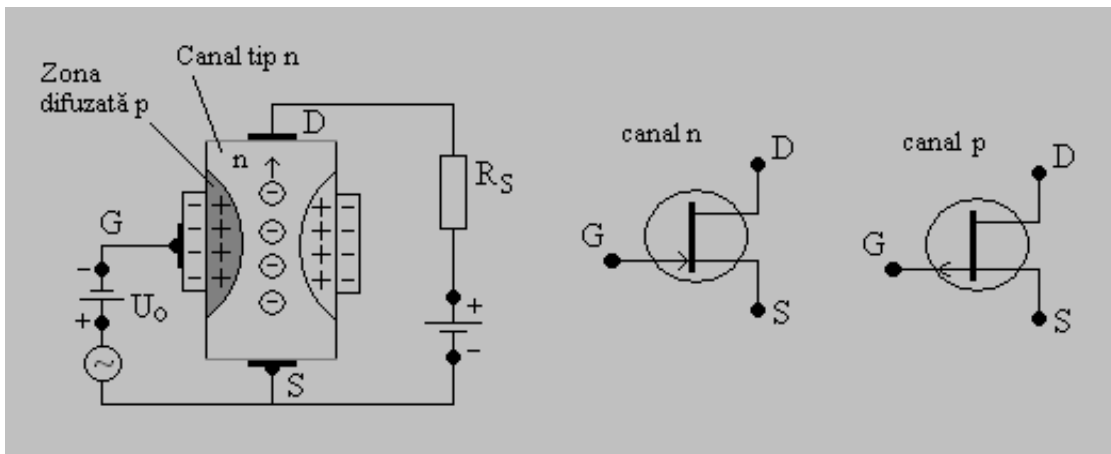


Figura 34: Structura și simbolul tranzistorului cu efect de câmp

Tranzistorul unijonțiune (dioda cu bază dublă)

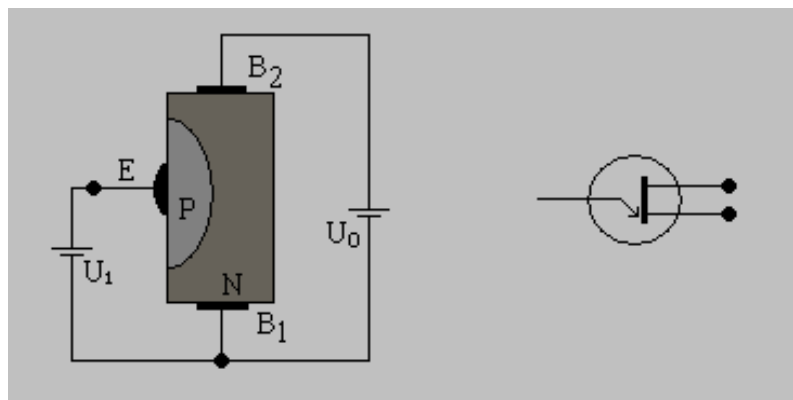


Figura 35: Structura și simbolul tranzistorului unijonțiune TUJ

3. COMPONENTE SMD

a. Rezistoarele:

Sunt de formă paralelipipedică asemănătoare unor foarte mici „cărămizi” cu două zone metalice (cositorite) la capetele opuse, destinate sudării pe cablaj. Ele se fabrică pentru toate valorile, de la 1 Ω la 10 M Ω (inclusiv 0 ohmi pentru ștrapuri, de obicei de culoare verde și inscripționate cu 0). Marcajul valorii se face cu ajutorul a trei cifre. De exemplu: cea pe care scrie 224 este de 220 k Ω (22×10^4). Dimensiunile lor sunt de obicei de 1,6 x 3,2 mm și au puteri de la o optime de watt până la un sfert de watt și toleranța $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ sau $\pm 20\%$. Structura și tehnologia de obținere sunt similare structurii și tehnologiei rezistoarelor cu pelicula de oxizi metalici: pe un substrat de alumina Al_2O_3 de înaltă puritate, se depun prin serigrafie, la extremități, două zone plane din peliculă de argint-paladiu AgPd, iar între acestea pelicula rezistivă. Structura și grosimea acestei pelicule sunt determinate de valoarea nominală a rezistenței ce se dorește a fi obținută, ajustarea efectuându-se cu un fascicul laser, după fixarea peliculei rezistive prin tratament termic. Urmează apoi depunerea unui strat metalic la extremitățile cipului rezistiv, care asigură circuitul electric între pelicula rezistivă și circuitul imprimat și permite fixarea rezistorului pe placa de cablaj. Pelicula rezistivă este protejată cu un strat de glazură.

b. Condensatoare ceramice:

Folosite în această tehnologie sunt condensatoare multistrat tip „cip” și sunt disponibile cu valori între 0,5 pF÷1 μ F și au de obicei dimensiuni mult mai variate, cele uzuale fiind în jurul cotelor 1,6 x 0,8 mm. Sunt caracterizate printr-o mare capacitate specifică (capacitate de utilizare pe unitatea de volum). Având dimensiuni mici și valori nominale în limite largi tind să înlocuiască celelalte tipuri de condensatoare folosite în circuitele electronice. Materialul dielectric este o pastă ceramică. Aceasta prin laminare pe suport, permite obținerea unor folii ceramice foarte subțiri de dimensiuni relativ mari față de dimensiunile unui condensator multistrat finit și care va contribui la formarea a „n” componente identice. Pe această folie se depune prin serigrafie o configurație de „n” pelicule de argint-paladiu care constituie armătura stângă a condensatoarelor; pe o altă folie, se depune o configurație similară care constituie armătura dreaptă a condensatoarelor. După suprapunerea acestor folii în număr diferit de straturi (în funcție de valoarea nominală a capacității care trebuie realizată) și presarea lor, urmează decuparea „cip”-urilor condensatoarelor și fixarea proprietăților lor prin tratament termic. Prin metalizare la extremitățile cipului se asigură o structură de condensatoare legate în paralel – structuri pieptene. Sub această formă de „cip” neprotejat, condensatorul este folosit în tehnologia straturilor groase (componente pentru circuite hibride). Zona metalizată care scurt-circuitează armăturile „stângă” respectiv „dreapta” servește și pentru sudarea prin lipire a terminalelor din sârmă de cupru dublu cositorită. Condensatorul este protejat prin acoperirea printr-un strat de rășină epoxidică.

Marcare acestor tipuri de condensatoare se face astfel:

- capacitatea nominală se notează în clar.
- toleranța se notează în cod literar: F-1%, G-2%, J-5%, K-10% sau M-20%.
- Tensiunea nominală în cod de cifre: 1-25Vcc, 2-50Vcc, 3-100Vcc, 4-200Vcc.

Exemplu: condensatorul marcat 0,56M₁ are:

$$C_n = 560\text{nF} \quad t = \pm 20\% \quad U_n = 25\text{V}$$

c. Condensatoare electronice cu Aluminiu:

Sunt realizate pentru $C_n = 0,1 \div 2,2 \mu\text{F}$, toleranța $\pm 10\% \div \pm 50\%$, tensiune nominală $U_n = 6,3 \div 63\text{V}$ și dimensiuni $8 \times 3,6 \times 3,7 \text{ mm}$ sau $12 \times 3,6 \times 3,7 \text{ mm}$. Au aceeași structură ca și condensatoarele electrolitice cu electrolit lichid: folii de aluminiu asperizate, bobinate împreună cu straturi de hârtie impregnate în electrolit lichid; totul este închis în cutie de aluminiu protejat într-o capsulă de plastic. Două zone metalizate, axiale permit conectarea condensatorului pe PCI.

d. Condensatoare electronice cu tantal:

Au aceeași structură ca și condensatoarele cu tantal cu terminale. Se obțin pentru $C_n = 0,1 \mu\text{F} \div 100 \mu\text{F}$, cu toleranța $\pm (5, 10, 20)\%$ și $U_n = 4 \div 50\text{V}$, iar dimensiunile sunt cuprinse între limitele: $2,54 \times 1,27 \times 1,27 \text{ mm}$.

e. Termistoare:

Folosite în tehnologia SMD, au coeficient de temperatură negativ și sunt construite sub forma unor discuri de diametru $\varnothing = 2,9 \text{ mm}$, de înălțime $H = 0,7 \div 3 \text{ mm}$, cu două zone metalice de contact pe o față a discului. Sunt de valoare nominală de $2,2 \text{ k}\Omega$, cu constante $B = 3,350 \div 4,300\text{K}$. Există și termistoare cu coeficient de temperatură pozitiv, dar de asemenea și varistoare miniatură.

f. Rezistoare semivariabile:

S-au construit tipuri cermet, simple sau multitură, cu valoare nominală în gama $1\Omega \div 500\text{k}\Omega$, de toleranță ± 10 , cu $P_n = 0,5\text{W}$ (la 85°) și dimensiunile $5,1 \times 5,1 \times 3,8 \text{ mm}$ sau $6,4 \times 6,5 \times 5,1 \text{ mm}$.

g. Potențiometri SMD:

Sunt executați de obicei pe ceramică (tehnologie RPM – rezistență cu peliculă metalică) și au valori între $10\Omega \div 10\text{M}\Omega$.

h. Bobinele:

Sunt și ele limitate ca performanțe și ca valoare a inductanței, date fiind dimensiunile lor foarte mici, fapt ce impune folosirea unui fir foarte subțire, iar ecranarea lor fiind imposibilă, iar în acest caz trebuie să se apeleze la bobinele clasice. Totuși, ca șocuri de RF sau chiar pentru miniconvertoare sau surse de comunicație ele fac față cu succes. Valorile inductanței pentru bobinele construite în această tehnologie sunt cuprinse, în funcție de valoarea inductanței între următoarele limite:

- lungime $L=2,79\div 4,064\text{mm}$
- lățime $l=2,03\div 2,794\text{mm}$
- înălțime $H=1,40\div 2,54\text{mm}$
- diametrul conductorului $0,27\div 0,762\text{mm}$

i. Întrerupătoare SMD:

Sunt de obicei de tip bareță (mai rar rotative) mergând de la 2 .. 12 poziții și pot comuta doar curenți mici (până la 100 mA). Acest curent limită, relativ mic, nu reprezintă un impediment, deoarece curenții vehiculați de obicei pe un cablaj cu SMD depășesc rar valori de zeci de mA.

j. Cristale cuarț de tip SMD:

Se realizează într-o gamă extrem de variată mergând de la 30KHz .. 20MHz. Tot aici trebuie amintit și faptul că se produc rezonatoare ceramice pentru radio (455KHz și 10,7MHz) ce pot fi lipite direct pe cablaj (tot SMD-uri).

k. Tranzistorele SMD

Se fabrică într-o gamă largă, singura limitare fiind puterea lor, datorită micilor dimensiuni. Plaja lor acoperă de la tranzistorii cu siliciu de joasă și înaltă frecvență (unii chiar foarte înaltă, până la 25 GHz și mai nou chiar 50GHz) până la MOS-uri, FET-uri sau TUN-uri! Tranzistorii bipolari sunt realizați în capsula SOT23, de plastic cu trei terminale scurte (3 x 2,5 mm). Există pe deasupra și o capsulă cu 4 terminale pentru MOSFET cu dublă grilă (SOT143) precum și o capsulă de medie putere, până la 1W, puțin mai mare (SOT89).

l. Diode SMD:

Se fabrică și ele într-o gamă foarte mare care se extinde pe zi ce trece: varicap de comunicație, redresoare (inclusiv punți SMD), zenner, schotky, LED-uri, etc. toate în capsulă cilindrică (SOD80) sau de tranzistor (SOT23).

m. Circuite integrate SMD:

Acoperă toată plaja posibilă: TTL-uri (clasice, fast sau schotky), CMOS-uri (inclusiv microprocesoare și microcontroler), RAM-uri statice, EPROM-uri, etc. Toate micile capsule (DIL, adică dual in line, 8 până la 28 sau mai mulți pini) sunt botezate SO8 .. SO28 după prescurtarea „Small Outline” urmată de numărul de piciorușe. Pentru circuitele ce au un număr foarte mare de pini se apelează la capsula tip „Plastic Leaded Chip Carrier” sau PLCC care pot avea peste 80 de terminale (deci mai mult de 40 pe fiecare latură!). Pentru cei care au avut prilejul să privească într-un PC, peisajul populat cu astfel de componente a devenit ceva familiar.

Lista nu este exhaustivă și e bine de reținut că aproape orice componentă clasică există și în varianta SMD (sau se încearcă a se realiza acum!). Toate componentele specifice acestei tehnologii sunt livrate în benzi cu capsule, bobinate pe role, în magazine speciale sau în vrac, în funcție de echipamentul automat de poziționare aflat în dotare.

Capitolul III

A. CABLAJE IMPRIMATE:

Utilizarea cablajelor imprimate constituie la ora actuală o tehnică universală de (inter) conectare a componentelor electronice atât în echipamentele electronice profesionale, cât și în cele de larg consum.

1) Avantajele folosirii cablajelor imprimate:

- permit reducerea volumului și masei circuitelor electronice prin creșterea densității de montaj a componentelor electronice;
 - contribuie la creșterea siguranței în funcționare a circuitelor electronice prin eliminarea firelor de legătură între componente;
 - conduce la simplificarea operațiilor de asamblare, la reducerea duratei de execuție și permite automatizarea lor în cazul unor producții de serie;
 - reduce cazurile de montare greșită a componentelor electronice și asigură o bună reproductibilitate a montajelor;
 - asigură montaje cu o bună comportare la acțiuni mecanice (vibrații, șocuri) și climatice (căldură, umiditate);
 - contribuie la miniaturizarea montajelor electronice și, deci a echipamentelor în ansamblu;
- facilitarea interconectării ușoare a blocurilor funcționale în cazul unor montaje de mare anvergură;
- montajele realizate folosind metoda circuitelor imprimate sunt comode în exploatare, se pot monta și demonta cu rapiditate;
 - de asemeni, conferă un aspect de produs finit, având o estetică deosebită deoarece în locul unei dispunerii haotice a conexiunilor se obține o plăcuță cu o distribuție regulată a componentelor montate pe ea.

2) Suportul placat:

Materialul semifabricat utilizat pentru realizarea cablajelor imprimate este suportul sau stratificatul placat cu cupru. El se realizează prin lipirea unei folii de cupru pe un suport izolant, cu ajutorul unui adeziv.

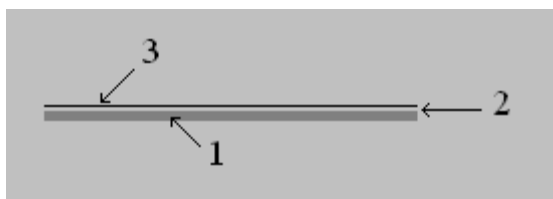


Figura 36: Suportul placat:

1. suportul izolant; 2. adezivi; 3. metalul de placare.

3) Clasificare:

Cablajele imprimate simplu strat (figura 36) sunt cablaje care sunt folosite în realizarea echipamentelor electronice de larg consum; datorită prețului lor scăzut are o largă răspândire în rândul masei mari de amatori.

Cablaje imprimate dublustrat (figura 37) au avantajul că pot asigura o densitate ridicată a componentelor, la un preț de cost relativ coborât. Acest gen de cablaj este abordabil de către amatorii cu un nivel mai ridicat de pregătire.

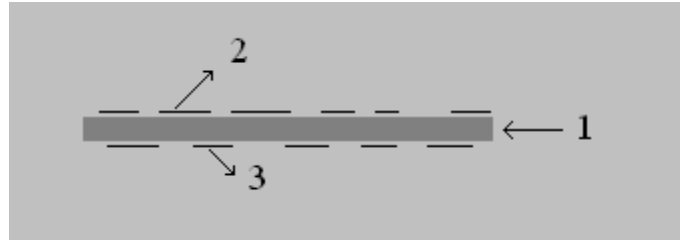


Figura 37: Cablaj imprimat dublustrat:

1-suportul izolant; 2-trasee fața superioară; 3-trasee fața inferioară.

Cablaje imprimate multistrat se folosesc la montarea componentelor electronice cu mai multe terminale în cazul în care nu putem folosi cablaje imprimate dublustrat. Numărul de straturi se determină prin împărțirea schemei electrice (de implantat) pe rețele de circuite funcționale astfel încât fiecare circuit funcțional să fie dispus pe un strat. Evitarea influenței reciproce între straturi se realizează prin dispunerea rațională a straturilor, unul față de altul, sau prin introducerea de straturi ecran. Acest tip de cablaj este inaccesibil la nivelul de amator.

După tipul suportului izolant cablajele imprimate se împart în:

- cablaje imprimate rigide;
- cablaje imprimate flexibile;
 - * reducerea greutateii și volumului cu cca 50-80%
 - * disiparea termică îmbunătățită
 - * reducerea costului

Acest tip de cablaj tinde să înlocuiască formele de cablu filare care fac legătura între diverse blocuri ale echipamentelor electronice cât și cablajele imprimate rigide. Grosimea cablajelor imprimate flexibile, de obicei, nu depășește 0,5 mm.

Există posibilitatea realizării de cablaje pe suporturi metalice utilizând plăci de aluminiu oxidat având ca avantaje:

- o mai bună evacuare a căldurii dezvoltate în cablaj;
 - o mai mare rigiditate mecanică;
- o fixare mai sigură a componentelor.

4) Caracteristici ale suportului placat:

Dimensiunile suportului placat cu cupru diferă de la fabrică la fabrică, cele mai frecvent întâlnite fiind cu valorile 900x900 sau 900x1800 mm.

Grosimea placatului este reglementată prin norme sau standarde. (tabelul 4)

Grosimea totală a suportului placat (mm)	Toleranța (mm)
0,15 – 0,30	±0,05
0,30 – 0,80	±0,075
0,80	±0,1
1,6	±0,2
2,4	±0,3
3,2	±0,3

Tabelul 4

Aderența foliei de cupru pe suport nu trebuie să fie influențată de diversele tratamente termice și chimice impuse de tehnologia de realizare a cablajului imprimat. Rezistența mecanică la dezlipire este de 2-2,5 kg/cm². Rezistența la șoc termic trebuie să fie mare.

B. PROIECTAREA CIRCUITULUI IMPRIMAT

Este o etapă deosebit de importantă de care depinde funcționarea încă de la primele probe, la parametrii propuși a circuitelor electronice propuse.

Proiectarea desenului de cablaj se realizează pe hârtie milimetrică sau pe hârtie de matematică. Liniile orizontale și verticale de pe foaia pe care se lucrează formează o rețea de coordonate.

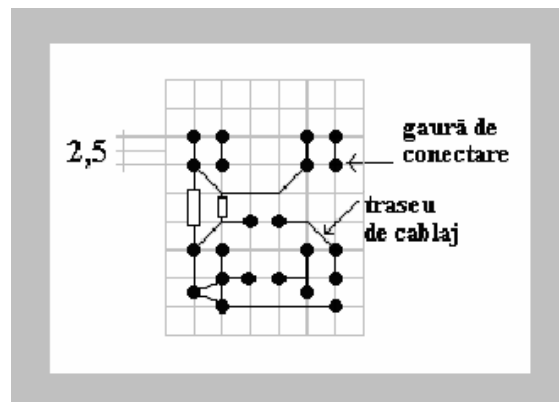


Figura 38

Pasul rețelei de coordonate determină densitatea de montaj pe cablul imprimat (figura 38). Conform recomandărilor C.E.I. acest pas este de 2,54 mm. Totuși foarte multe țări au adoptat pasul 25 mm care este compatibil cu sistemul metric. În funcție de distanța dintre terminalele componentelor cu mai multe terminale (circuitele integrate) pasul rețelei poate fi 1,25 mm.

Centrele găurilor de fixare și de conectare, ca și suprafețele de contactare (lipire) trebuie să se dispună în modurile rețelei de coordonate.

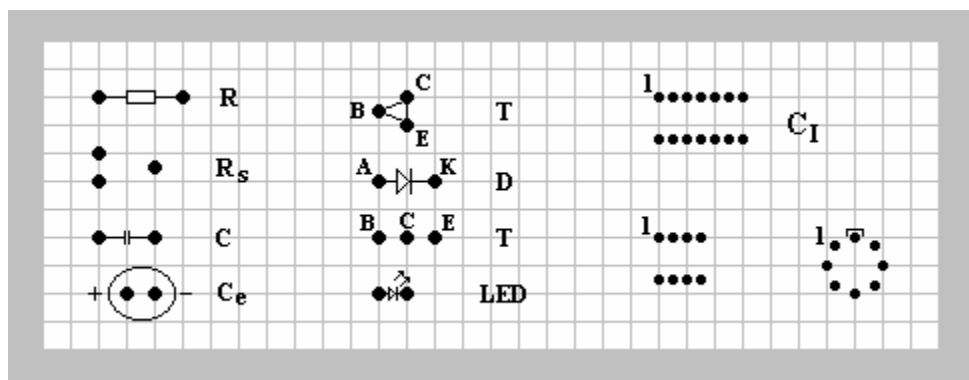


Figura 39: Dimensiuni folosite în realizarea desenului de cablaj.

Diametrele minime ale găurilor pentru fixare și pentru conectarea componentelor determină în mare măsură densitatea de montaj pe cablaj: ele trebuie să fie în concordanță cu diametrul terminalelor componentelor și cu grosimea suportului izolant. (tabelul 5)

Diametrul terminalului componentei (mm)	Diametrul găurii	
	Nemetalizate (mm)	Metalizate (mm)
0,4	0,6	0,6
0,6	0,8	1,1
0,8	1,0	1,3
1,0	1,3	1,5
1,2	1,5	1,8
1,5	1,8	2,0

Tabelul 5

În activitatea de realizare (proiectare) a desenului de cablaj se va ține cont de următoarele reguli:

- gabaritul componentelor și de poziția pe care acestea urmează să le ocupe;
- conductoarele imprimate se dispun pe liniile rețelei de coordonate sau sub un unghi de 45° ;
- desenul va cuprinde toate legăturile dintre piese încât conexiunile dintre acestea să nu se intersecteze;
- cu cât lățimea conductoarelor este mai mică cu atât densitatea de montaj pe cablaj va fi mai mare;
- lățimea traseelor, dar și distanța între acestea se stabilesc în funcție de intensitatea curentului care îl parcurge și de căderea de tensiune admisă pe conductor de rezistența mecanică necesară;
- configurația finală a desenului de cablaj trebuie să evite formarea unor impedanțe sau capacități parazite, sau dispunerea lor în apropierea circuitelor de alimentare.

Conductoare imprimate:

Conductorul imprimat constituie elementul de bază al unui circuit imprimat; un conductor imprimat constă din conductorul propriu-zis și din părțile sale intermediare sau finale – suprafețele de contact cu găurile de montaj (pastilele de lipire) pe care se lipesc terminalele componentelor sau conexiunile cu circuitele exterioare sau alte blocuri.

Conductorul îndeplinește diferite funcții care depind de circuitul din care face parte; aceste funcționalități diferite condiționează diferite cerințe.

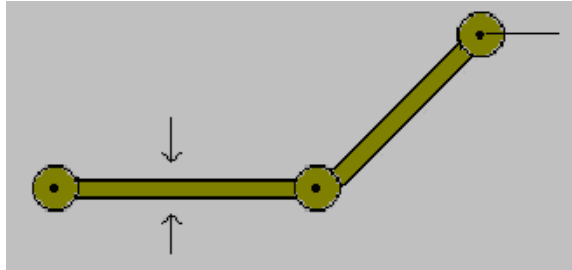


Figura 40

Lățimea conductorului imprimat depinde în principal de:

- intensitatea curentului care îl parcurge;
- căderea de tensiune admisă pe conductor;
- rezistența mecanică necesară;
- tehnologia de execuție a circuitului imprimat respectiv.

Datorită formei lor aplatizate, care determină o suprafață de radiație termică mare, conductoarele imprimate cedează ușor la căldură și ca urmare admit densități mari de curent, mai mari decât în cazul conductoarelor obișnuite. Pentru aceste conductoare imprimate, densitatea de curent admisă în mod normal este de 20 A/mm^2 . Dacă se respectă această densitate de curent conductorul imprimat practic nu se încălzește.

De obicei conductoarele imprimate se execută din folie de cupru cu grosimea de $0,05 \text{ mm}$ și în acest caz pe fiecare mm linie lățime a conductorului se poate admite un curent până la 1 A .

Pentru conductoarele lungi, prin care trec curenți mari, trebuie să se verifice căderea de tensiune ΔU pe conductor:

$$\Delta U = IRI/1000$$

unde:

I – intensitatea (curentul) în A;

l – lungimea conductorului în mm

R – se ia din tabelul de mai jos:

Dimensiunile conductorului cu grosimea $50 \mu\text{m}$		Rezistența conductorului [Ω/m]
Lățimea [mm]	Secțiunea [mm^2]	
0,5	0,025	1

1	0,05	0,5
2	0,1	0,25
3	0,15	0,17

Distanța minimă necesară dintre conductoare pentru evitarea străpungerii depinde de tensiunea dintre cele două conductoare; se stabilește conform tabelului:

Intervalul dintre conductoare [mm]	Tensiunea de lucru maximă admisibilă [V]
0,5	200
1	330
2	550
3	700

În condițiile unui laborator de amator în care chiar o distanță de 0,5 mm între conductoarele imprimate se obține cu destulă greutate nu trebuie să se meargă la distanțele cât mai mici.

În unele cazuri este important să se cunoască capacitatea parazită C_p dintre conductoare în următoarele situații:

În cazul conductoarelor dispuse pe o singură față cablată se folosește diagrama din figura 41.a calculată pentru pertinax cu grosimea de 1,5 mm.

În cazul circuitelor imprimate duble capacitatea parazită dintre conductoarele dispuse pe fețe opuse se obține cu ajutorul diagramei din figura 41.b.

Dacă unul dintre conductoare este mai lat decât celălalt cu mai mult de 2,5 ori (figura 41,c și d), atunci capacitatea obținută cu diagramele din figurile a) și b) se înmulțește cu coeficientul 1,25.

Accesul la componente trebuie să fie cât mai ușor pentru o eventuală înlocuire sau pentru ajustări și reglaje.

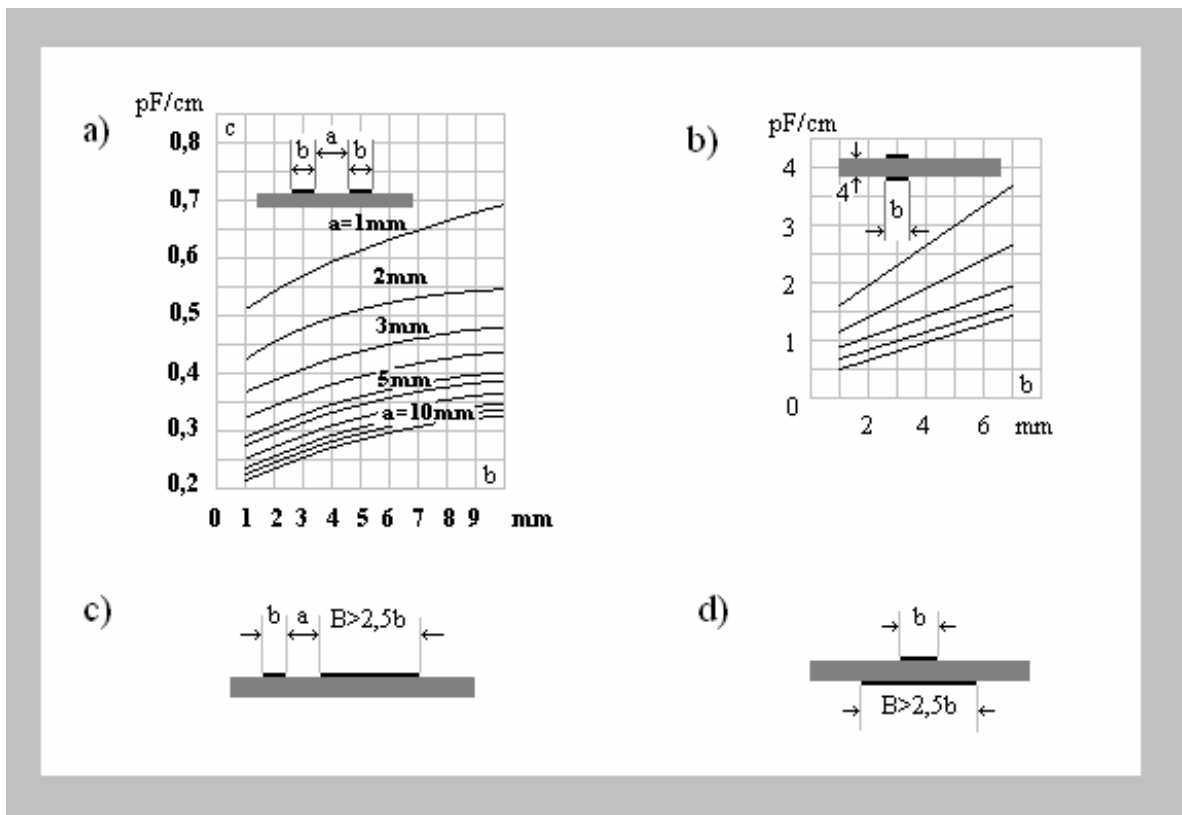


Figura 41

În cazul abordării montajelor complexe se apelează la o structurare modulară bazată de regulă pe etajele funcționale, modulele astfel realizate fiind conectate cu ajutorul unor mufe (conectoare) pe o placă de bază.

Încă de la proiectare va trebui să ținem seama de funcționalitatea unor componente. Astfel în montaj pot exista rezistoare de wataj mare care, prin căldura ce o degajă, pot influența buna funcționare a componentelor vecine.

În cazul tranzistorelor căldura poate duce la ambalarea termică și distrugerea acestora.

De asemeni se va evita montarea lângă condensatoarele electrolitice, care datorită căldurii se pot usca în timp.

În proiectare vom ține cont de necesitatea unor radiatoare și de gabaritul acestora.

Configurația finală a desenului de cablaj va cuprinde și punctele de alimentare, cele de ieșire și alte conexiuni.

Proiectarea desenului de cablaj este o activitate foarte interesantă și pun adesea probleme complexe, care pot avea mai multe soluții.

C. REALIZAREA CABLAJELOR IMPRIMATE

Realizarea (proiectarea) desenului de cablaj constituie o activitate deosebit de complexă atât pentru amatori cât și pentru profesioniști. La desenarea cu mâna configurația cablajului depinde exclusiv de pregătirea și experiența profesională a proiectantului.

Așadar aptitudinile și deprinderile necesare pentru activitatea de proiectare a desenului de cablaj cu o corectitudine și estetică corespunzătoare se acumulează după nenumărate încercări și exerciții desfășurate în timp.

Pe lângă condițiile amintite (tensiuni, curenți, gabaritul componentelor, influențe termice, capacități parazite, rezistențe interne, etc) configurația finală a desenului de cablaj poate fi influențată de:

- numărul de componente care intră în componența schemei de principiu (complexitatea lucrării);
- metoda abordată de proiectant (manuală sau asistată de calculator);
- experiența proiectantului;
- performanțele așteptate la montajul propus.

1. Criterii de proiectare a desenului de cablaj:

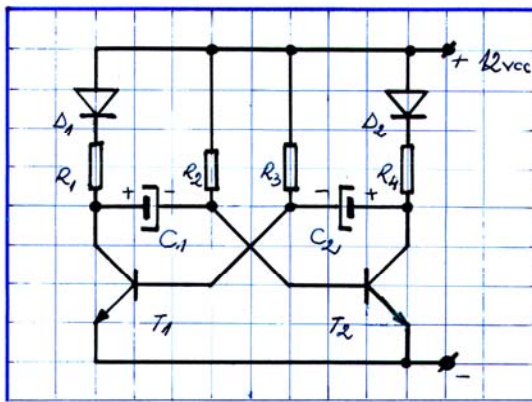
După o primă etapă de alegere a schemei de principiu, de procurare și verificare a componentelor, de testare a funcționalității pe bancul de probă, pentru realizarea montajului electronic se trece la următoarea etapă – proiectarea cablajului imprimat.

O etapă preliminară se referă la analizarea schemei de principiu (figura 42.a). De fapt, stabilirea componentei active, tranzistor, CI, de la care începem să „construim” desenul de cablaj.

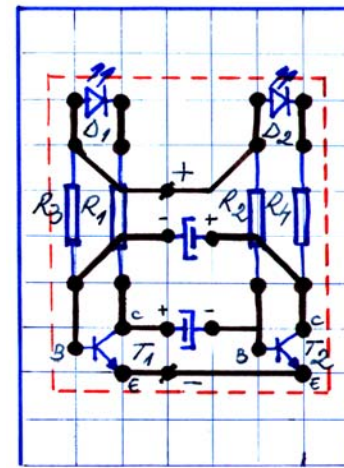
După stabilirea găurilor de conectare a componentelor de la care se pornește conceperea desenului de cablaj se vor reprezenta componentele de polarizare.

Trebuie menționat că proiectarea poate fi realizată cu vedere dinspre componente și cu vedere dinspre cablaj; în această situație componentele sunt privite dintre terminale (pini).

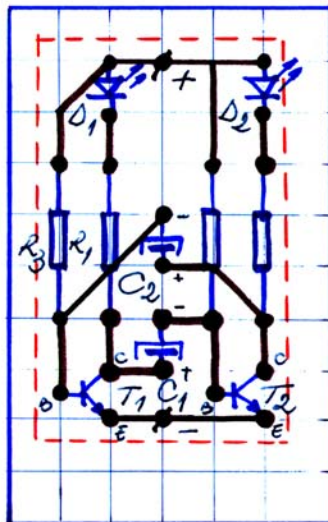
Pentru evitarea unor etape intermediare (de răsturnare în oglindă a desenului) este recomandabil de a se aborda a doua variantă care deși este mai complexă elimină etapele intermediare oferindu-ne varianta finală a cablajului.



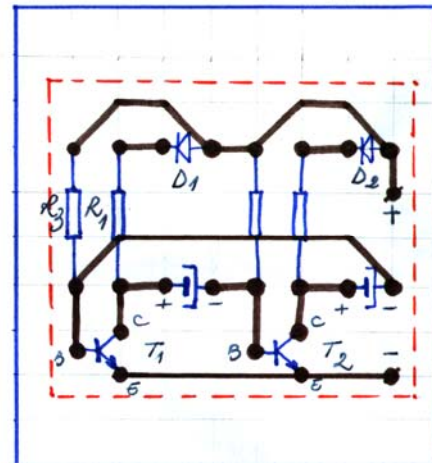
a.



b.



c.



d.

Figura 42

2. Tehnologia de montare a componentelor pe suprafață (SMD)

Scurtă prezentare: SMD ... Sub această denumire se ascunde cea mai mare revoluție din industria ELECTRONICII actuale. Trecerea rapidă de la componentele clasice prevăzute cu terminale sau piciorușe de cupru cositorite la cele miniaturizate, direct sudabile pe cablaj a produs un salt calitativ enorm atât în privința creșterii fiabilității, cât și în aceea a scăderii dimensiunilor subansamblelor.

Nenumăratele avantaje ale acestei noi tehnologii explică pătrunderea explozivă în toate domeniile electronicii: industrie, micro-informatică, telecomunicații, produse de larg consum etc.

Piesele pentru montarea pe suprafață (fără găurirea cablajului) sunt rezultatul unei evoluții extrem de rapide din domeniul componentelor pasive, dar mai ales a celor active.

Evoluția electronicii trebuie să se supună unor canoane ce au rezultat din necesitățile (adesea contradictorii) impuse de practică:

- Miniaturizare extremă.
- Creșterea siguranței în funcționare.
- Realizarea de montaje pentru frecvențe din ce în ce mai înalte (tehnica microundelor).
- Automatizarea din ce în ce mai accentuată a proceselor de fabricație.
- Reducerea cât mai mult a consumului.

În cursa pentru performanță, componentele clasice cu terminale (sau piciorușe) au reprezentat, o frână destul de serioasă pentru procesul de robotizare. Miniaturizarea lor peste anumite limite devine problematică în marea majoritate a cazurilor, iar pozarea lor manuală este nu numai greoaie, dar și periculoasă pentru viața lor („cabrarea” acestora în momentul inserției poate duce la fisurarea sau chiar la ruperea unora chiar înainte de a fi introduse în baia de cositor).

Robotizarea inserției unor astfel de componente este mai greoaie pentru că terminalele trebuie să treacă prin cablajul imprimat și orice mică abatere a cotelor duce la rebut sigur. Mai mult, terminalele și piciorușele devin la frecvențe mari adevărate inductanțe parazite ce nu mai pot fi neglijate în proiectare și care limitează performanțele circuitelor pentru UHF (ultra înaltă frecvență) sau în domeniul microundelor, adică 1 .. 20 GHz. Ca răspuns la aceste necesități au apărut componentele ce se montează direct pe cablajul imprimat și care se numesc pe scurt SMD (prescurtare din engleză pentru Surface Mounted Devices) și mai rar numite componente CHIPS.

De talie mult mai redusă decât componentele clasice SMD-urile se sudează direct pe cablaj cu terminalele pe mici „insulițe” special desenate de proiectant pe circuit.

SMD-urile prezintă următoarele avantaje:

- ➔ miniaturizare
- ➔ posibilitatea automatizării pozării
- ➔ sunt mai rezistente la solicitări mecanice (torsioni, flexiune, cambraj), astfel mărindu-se fiabilitatea montajelor executate cu ele
- ➔ inductanțele parazite introdu-se de acestea sunt extrem de mici, ceea ce le face de neînlocuit pentru hiperfrecvențe.

SMD-urile și-au găsit o utilizare mare în realizarea circuitelor hibride; acestea sunt componente semiconductoare active sau pasive realizate pe o plachetă de alumina sau ceramică (numită substrat) pe care se depun diverse piese tip SMD: rezistoare, condensatoare, inductanțe, tranzistori, integrate, etc ... pe minicablaje realizate prin depunerea de argint în vid (cu o mască adecvată) care ulterior sunt protejate cu o vopsea-lac specială, sau se introduc în mici cutiuțe de plastic și turnate rășini speciale, din ele ieșind doar terminalele. Rezultă astfel, o componentă complexă, gata de a fi folosită pentru un anumit scop (de exemplu: un amplificator de joasă frecvență, un oscilator cu cuarț, un etaj de medie frecvență pentru TV, etc).

Aceste circuite hibride sunt realizate de obicei în serie mică (mai rar produse în mare cantitate) rezultând la un preț redus, cu dimensiuni mici, consum insignifiant și

mare fiabilitate. Dacă se realizează pe cablaje imprimate clasice prețul scade și mai mult.

Un alt domeniu de mare importanță în care se folosesc curent SMD-urile este cel militar. Comportarea excelentă a acestora la șocuri și la vibrații le fac de neînlocuit în tehnica rachetelor inteligente, a comunicațiilor, a aparaturii pentru depistarea țintelor, etc.

În sfârșit SMD-urile și-au făcut rapid apariția și în electronica destinată marelui public: Hi-Fi, televiziune + video, alarme (auto sau de apartament), telefonie celulară, electronica medicală etc.

Procesul tehnologic de realizare a plăcilor de circuit imprimat (a subansamblelor) echipate cu astfel de componente este cunoscut sub denumirea de „Surface Mounting Assembly” SMA sau „Surface Mounted Technology” SMT.

Tehnologia de montare a componentelor pe suprafață este o tehnologie în plină ascensiune și câteva date statistice și de prognoză pot sugera ritmul de dezvoltare pentru SMD și SMA. Astfel:

- la această dată componentele specifice acestei tehnologii au atins 50% din totalul componentelor asamblate, iar peste aproximativ 25 de ani componentele cu terminale se vor utiliza numai în acele aplicații unde nu se vor putea înlocui din motive tehnice sau economice.
- în realizarea plăcilor de cablaj imprimat PCI se pot obține reduceri de suprafață substanțiale (în prezent prin folosirea tehnicilor de imprimare și a componentelor deja existente sunt reduceri de suprafață de până la 60%).
- costurile de obținere a PCI echipate au scăzut la jumătate, iar cheltuielile de fabricație s-au redus cu peste 35%.
- tehnologia automată SMA a ajuns în prezent la un nivel al erorilor de poziționare cu mult mai mici decât în cazul componentelor clasice.
- productivitatea utilajelor comercializate pentru SMA a depășit 500.000 SMD/oră, ritmurile de fabricație fiind fără precedent în industria electronică de până acum.

Multe firme producătoare prezintă în cataloage sau pe CD-uri nu numai componentele pe care le fabrică (cu toate datele electrice și mecanice), ci și echivalentele cu codificarea lor specială.

3. Folosirea calculatoarelor pentru proiectarea cablajelor imprimate

Există două programe profesionale folosite la scară mondială: OrCad Si Protel. Acestea oferă facilitățile complexe de concepere a schemei de principiu, de simulare logică/analogică și de proiectare a cablajelor imprimate luând în calcul parametri cum ar fi capacitățile parazite ale traseelor, curenții maximi care pot trece pe trasee de o anumită grosime, parametri termici, etc.

Există programe mai simple, cum ar fi Eagle PCB, care nu dispun de facilități de simulare și nici de altele mai avansate, dar asigură de obicei un timp record de trecere la schema de principiu la cablajul imprimat finit.

Etapele pentru proiectarea unui cablaj imprimat:

1. Introducerea schemei electrice de principiu:

Se aleg componentele din librării de componente și se pun în spațiul de lucru. Se interconectează și li se asociază valori. Componentele pot fi: conectori, circuite integrate, tranzistori, rezistențe, condensatoare, etc. Componentele există în librării cu multe variante de capsule, ce pot fi schimbate la nevoie atunci când se va proiecta cablajul imprimat.

2. Proiectarea cablajului imprimat pe baza schemei de principiu:

Cablajul este structurat pe "layers" – nivele. Se pot proiecta cablaje cu un singur nivel (simplu placate), cu două nivele (dublu placate) sau cu mai multe nivele (multistrat). Din program se pot selecta vizualitatea numai a anumitor nivele. Inițial legăturile între componente sunt realizate prin "airwires" – fire "în aer". Aceste legături trebuie transformate în legături fizice reprezentând un traseu pe cablaj, traseu care poate fi dus pe mai multe nivele. (Trecere între un nivel și altul = "via"). Trasarea traseelor se poate face manual, automat sau combinat. Programul permite selectarea de trasee sau zone pe care să le traseze automat.

Se creează un cablaj imprimat pe baza schemei de principiu printr-o comandă a programului. Componentele vor fi așezate de către program pe placă într-o distribuție spațială asemănătoare cu cea din schema de principiu. Legăturile dintre piese vor fi realizate prin "airwires".

Se reasează componentele pe cablaj astfel încât să fie grupate pe module funcționale, pentru ca traseele să fie cât mai scurte și mai ușor de realizat.

Se redimensionează cablajul corespunzător nevoilor.

Se introduc sau se modifică regulile de trasare automată a traseelor ("autoroute"), cum ar fi distanța minimă dintre două trasee, distanța minimă dintre un traseu și un pin, direcțiile preferențiale de trasare pentru fiecare nivel (layer), numărul maxim de treceri de pe un nivel pe altul (vias), etc.

Se dă comanda de trasare automată a cablajului.

Se studiază cablajul rezultat și eventual se reasează unele componente pe placă sau li se înlocuiesc capsulele cu altele mai potrivite. O parte din traseele afectate se fac din nou "airwires" și se reia trasarea automată doar pentru ele.

Dacă rămân trase în aer (airwire), înseamnă că programul nu s-a putut descurca cu setul de reguli ales. Se pot modifica regulile și se poate din nou comanda de trasare automată, în care noile reguli (mai puțin restrictive) se pot aplica doar traseelor – problemă. În final se mai fac mici ajustări ale traseelor, pentru un aspect general mai plăcut.

3. Se tipărește cablajul astfel proiectat, eventual “în oglindă”, pe hârtie. Se taie cablajul în dimensiunea necesară, se împachetează foaie de hârtie și se dau găuri cu un burghiu fin (0,8 mm) conform cu găurile desenate pe hârtie.

4. Metode și tehnologii de realizare a cablajelor imprimate

Pentru realizarea cablajelor imprimate cu mijloace industriale sau artizanale (la nivel de amator) se pot utiliza peste 30 de metode (tehnologii), grupate în două mari categorii:

a) metode substructive (“de corodare”) implicând prelucrarea unui semifabricat placat cu cupru și obținerea traseelor circuitului imprimat prin înlăturarea unor porțiuni din folia electroconductoare aderentă la suportul electroizolant; îndepărtarea acestor zone se poate face fie pe cale chimică (prin corodare), având în prezent cea mai mare pondere, fie pe cale mecanică prin segmentarea și eliminarea foliei

b) metode aditive (“de depunere”) impunând metalizarea unui semifabricat din material electroizolant neplacat.

Există și o a treia categorie de metode (mai rar utilizate) – metode combinate – la care se folosesc tehnologii specifice atât metodelor substructive cât și celor aditive.

Aproape în toate cazurile este necesară transpunerea configurației circuitului de realizat de pe un desen pe semifabricatul de prelucrat. Această operație se realizează industrial (cu metode fografice, serigrafice sau offset), sau artizanal (prin desenare manuală sau vopsire cu șablon și prin pensulă sau pulverizator).

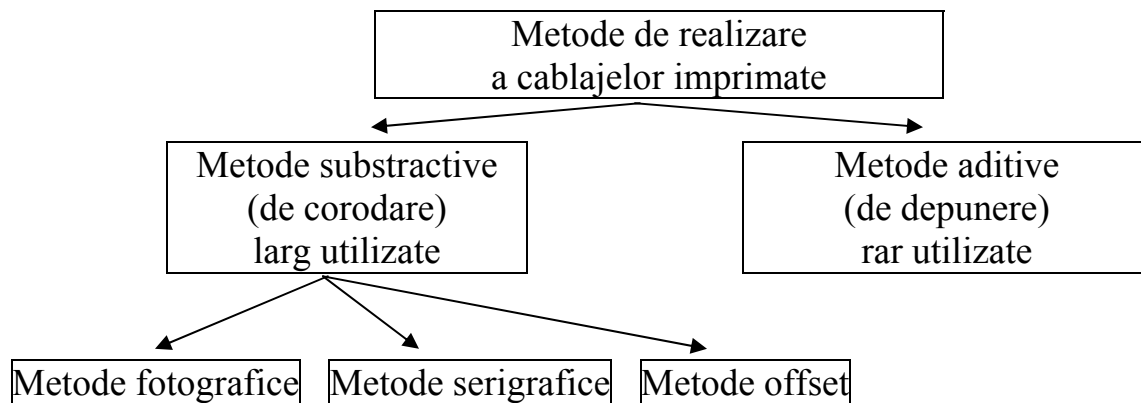


Figura 43: Metode (tehnologii) de realizare a cablajelor imprimate

Realizarea cablajelor imprimate simplustrat prin metoda de corodare:

În țara noastră cablajele imprimate se realizează aproape exclusiv prin metode de corodare, transpunerea desenului pe folia de cupru realizându-se fie prin fotografiere, fie prin serigrafie.

Procesul tehnologic de realizare a cablajelor imprimate prin metode de corodare comportă următoarele etape principale:

1. Realizarea desenului de cablaj (la scara 1/1) conform principiilor de proiectare a cablajelor imprimate.
2. Realizarea filmului fotografic.
3. Transpunerea (imprimarea) imaginii cablajului de pe filmul fotografic pe suportul placat cu cupru – fie prin metoda foto-serigrafică, fie prin metoda serigrafică.
4. Efectuarea unor prelucrări mecanice adecvate (după realizarea corodării):
 - tăiere (decupare)
 - găurire
 - debavurare
 - acoperirea de protecție.

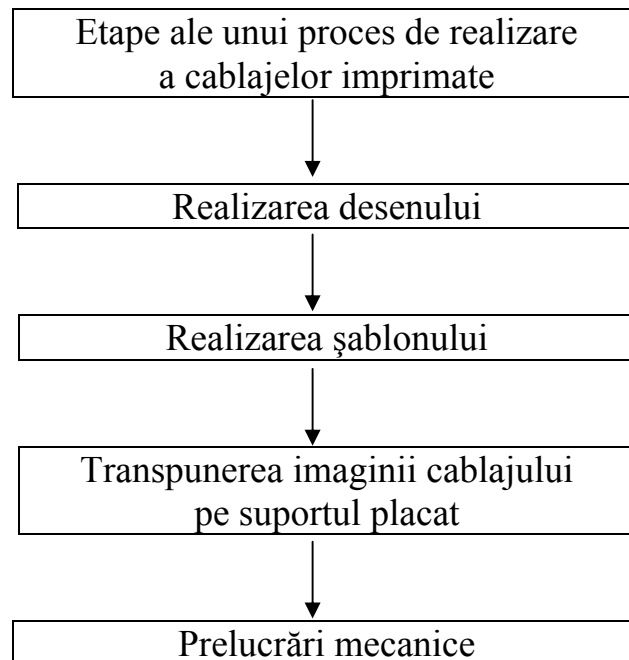


Figura 44

a. Metoda fotografică:

În cazul transunerii imaginii cablajului imprimat de pe film (fotoșablon) pe semifabricatul placat prin metoda fotografică principalele etape ale procesului tehnologic sunt prezentate în figura 45.

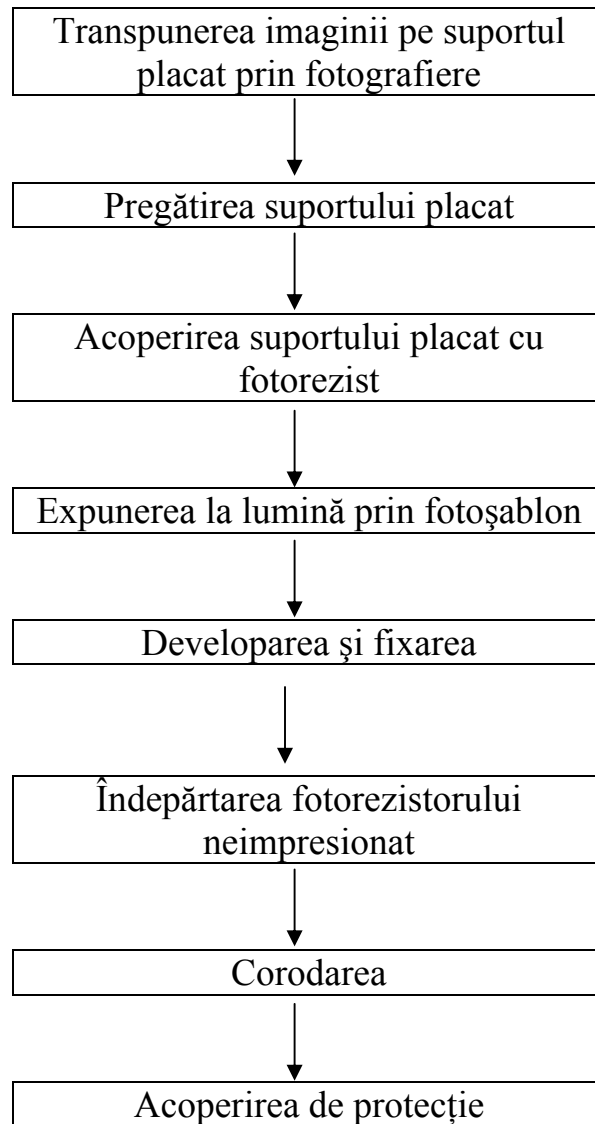


Figura 45:
Transpunerea imaginii pe semifabricatul placat, prin fotografiere

Această metodă permite obținerea unor rezoluții și precizii maxime – deci a unor trasee fine de cablaj – dar are dezavantajul productivității scăzute și este costisitoare. Se utilizează cu precădere în producția de serie mică și de unicate.

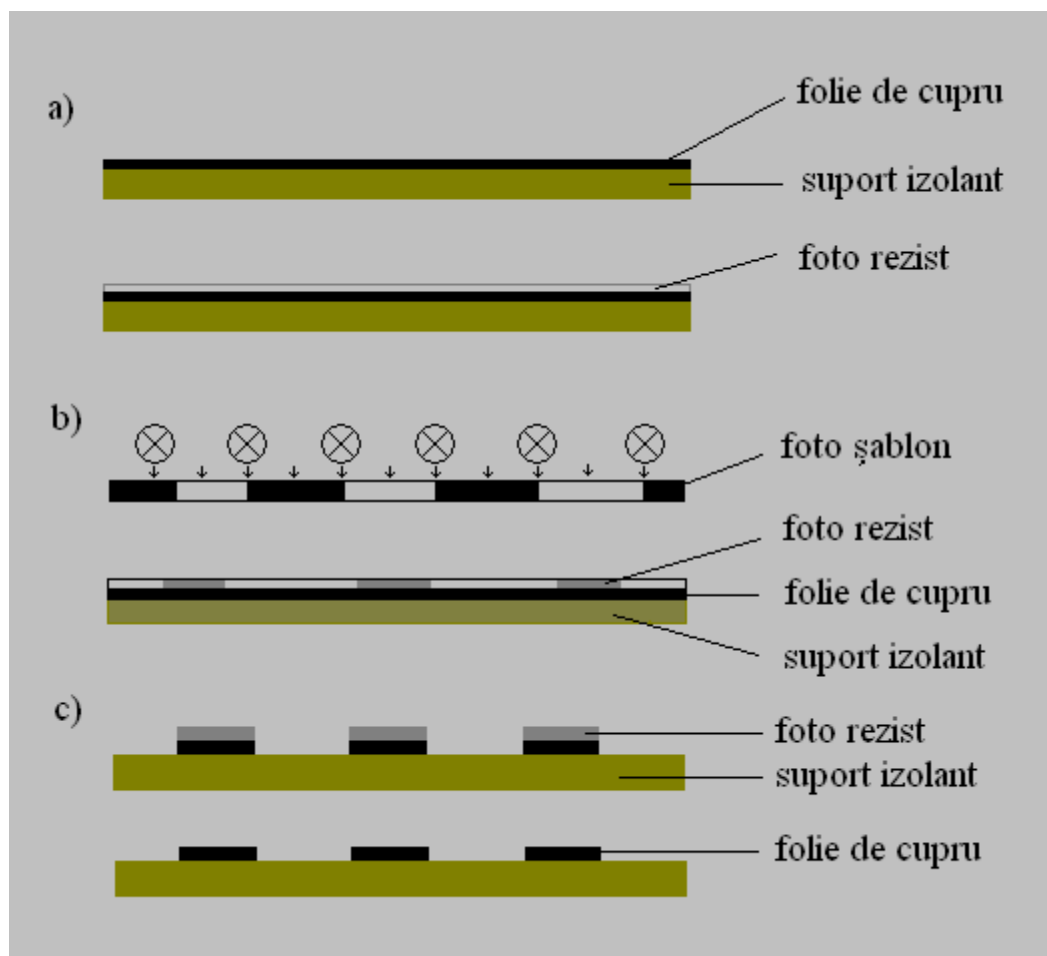


Figura 46:

- a) pregătirea și acoperirea foliei de cupru a semifabricatului placat;
 b) prelucrarea stratului de fotorezist negativ (prin expunere, dezvoltare-fixare și îndepărtarea zonelor neexpuse luminii)

b. Metoda serigrafică:

Această metodă realizează unii parametri calitativi inferiori celor obținuți prin metoda fotografică (rezoluție: 1,5 mm în loc de 0,5 mm; precizie $\pm 0,3$ mm în loc de 0,15 mm); ea este larg utilizată în producția industrială de mare serie a cablajelor imprimate într-ucât asigură obținerea unei productivități maxime și a unui preț de cost mai redus permițând totodată automatizarea totală a procesului tehnologic respectiv.

În acest caz configurația cablajului imprimat de realizat este protejată contra corodării prin aplicare unui strat de vopsea (cerneală serigrafică specială), cu ajutorul unei site serigrafice specifice.

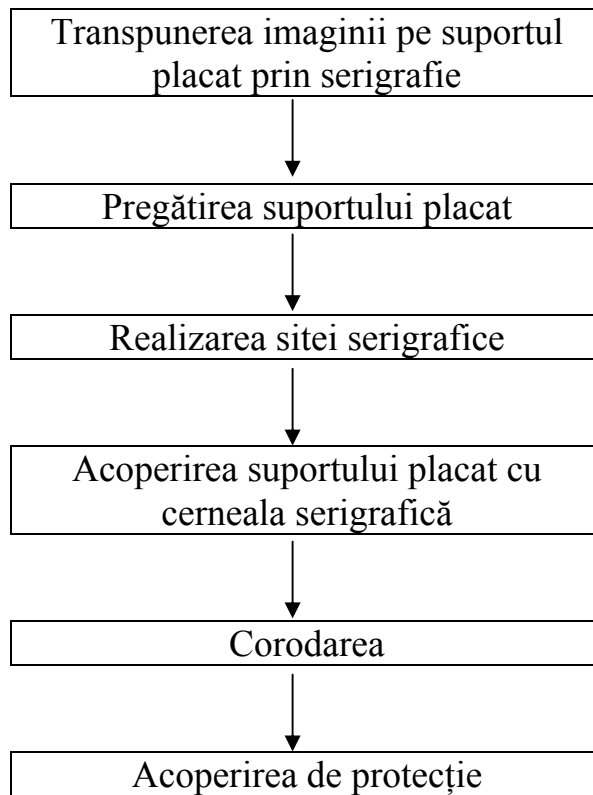


Figura 47:

Transpunerea imaginii pe semifabricatul placat, prin serigrafiere

c. Metoda corodării: (sau metoda chimică)

Este o metodă larg răspândită în producție de serie mare pentru bunuri de larg consum, accesibilă la producerea circuitelor imprimate pentru diverse montaje experimentale în laborator, precum și în practica amatorilor.

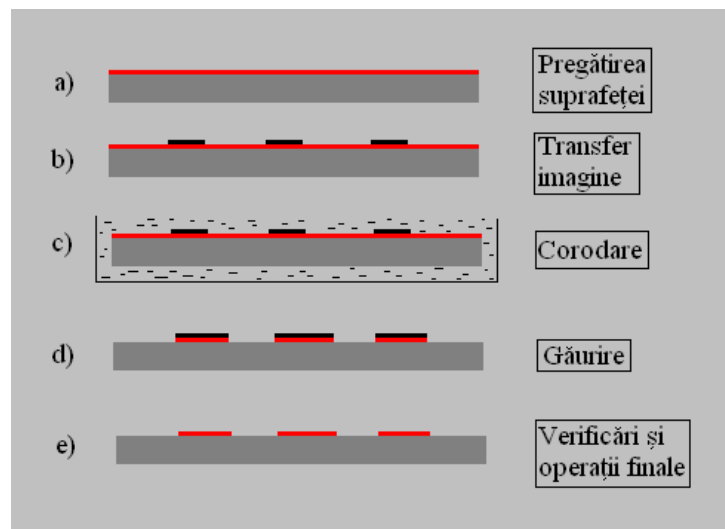
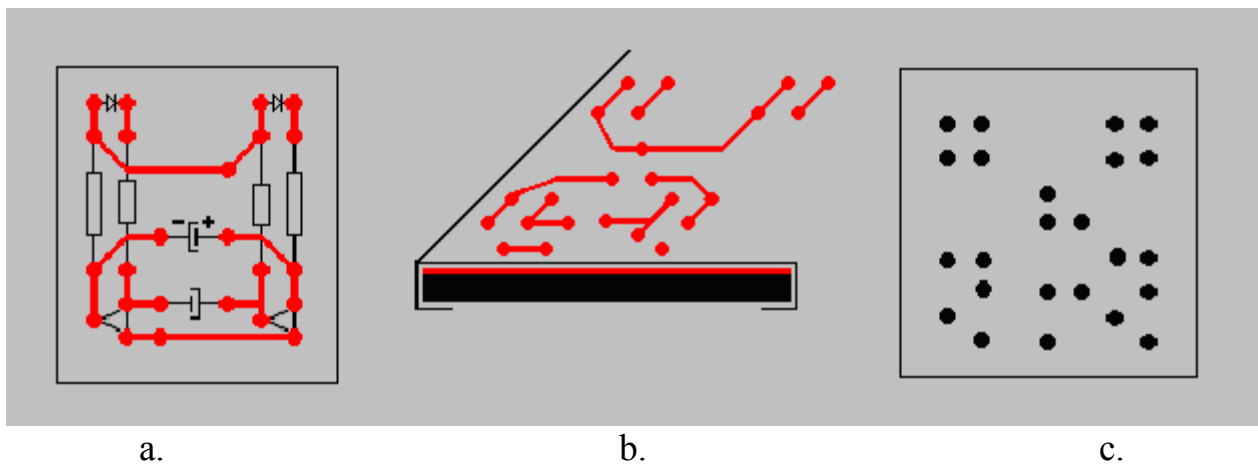


Figura 48: Metoda corodării

Scopul final al acestei metode constă în îndepărtarea porțiunilor neacoperite de vopsea de pe suprafața semifabricatului.

Procesul tehnologic de obținere a cablajului imprimat constă în următoarele operații:

1. Pregătirea suprafeței: constă în debitarea suprafeței necesare după dimensiunile finale ale desenului de cablaj și îndepărtarea oxizilor (impurităților) de pe suprafața foliei de cupru cu ajutorul unei hârtii abrazive cu granulație fină.
2. Transpunerea desenului de cablaj pe suportul placat se poate realiza prin mai multe metode:
 - obținerea prin trasare cu creionul a liniaturii caietului de matematică și de producere directă a desenului de cablaj cu ajutorul tacului de trasat; se recomandă îndepărtarea cu radiera a rețelei de coordonate după uscarea vopselei;
 - obținerea pe folia de cupru a stratificatului placat prin copierea cu indigoul a desenului de cablaj, imaginea astfel obținută se acoperă cu substanța anticorozivă.
 - pentru a ne asigura munca de copiere a desenului vom puncta cu ajutorul unui punctator a locurilor unde urmează să fie practicate găurile necesare conectării pieselor, în acest scop se va suprapune peste folia de cupru a desenului realizat pe hârtie.



a. b. c.
Figura 49: Transpunerea imaginii
a) desenul de cablaj b) transpunerea imaginii – punctarea c) găurirea

Înainte de a se trece la trasarea desenului de cablaj se va face găurirea și apoi curățirea (îndepărtarea oxizilor, grăsimilor și a bavurilor formate la găurire). Găurile astfel obținute le vom uni între ele conform desenului, iar traseele vor fi acoperite cu substanță anticorozivă. Folosirea cu predilecție a unuia din aceste procedee rămân la alegerea fiecăruia.

Trasarea configurației desenului se poate face cu:

- toc cu peniță
- rotring sau trăgător
- ac de seringă
- paint marker

Ca substanță anticorozivă putem folosi:

- smoală diluată în benzină
- lac de unghii
- vopsea pe bază de nitrați
- tuș serigrafic

Grosimea traseelor este bine să fie de 1 – 2 mm pentru a se evita căldura degajată în timpul operației de lipire.

3. Corodarea:

3.1 Alegerea soluției substanței de corodare:

Clorura ferică $FeCl_3$ se obține turnând un litru de apă caldă (45 – 50°C) într-o cuvă de material plastic peste care se varsă 1kg. de cristale de clorură ferică anhidră (în funcție de necesități se pot utiliza cantități mai mici păstrându-se proporția). Soluția gata preparată trebuie încălzită până la temperatura corespunzătoare.

Acid clorhidric (50% acid și 50% apă) în care se pun două trei pastile de perogen (comprimate folosite la obținerea apei oxigenate) la 100 ml de soluție pentru fiecare întrebuințare.

Acid azotic diluat reacționează direct cu folia de cupru fără a fi nevoie de catalizatori sau de o anumită emperatură. Este substanța cea mai des utilizată, întâlnită și la nivelul amatorilor. Timpul afectat corodării este determinat de concentrația substanței folosite.

3.2 Operația de corodare:

După ce imaginea traseelor de interconectare a componentelor realizate pe folia de cupru s-a uscat urmează corodarea. Se introduce plăcuța de cablaj în vasul de corodare cu laminatul în sus după care se toarnă substanța corozivă. Timpul afectat corodării este determinat de concentrația substanței folosite sau temperatura în cazul în care folosim clorura ferică.

Scopul fiind eliminarea zonelor de cupru neprotejate, este indicat să se monitorizeze procesul la diferite intervale de timp. Corodarea se consideră încheiată când cuprul neacoperit cu tuș sau vopsea dispăre. Uzual corodarea cablajului poate dura între câteva minute și o jumătate de oră.

O corodare rapidă ar putea duce la distrugerea vopselei de protecție, întreruperea traseelor de cupru, produsul final putând ajunge chiar inutilizabil. În cazul unui timp de corodare îndelungat apare fenomenul de subcorodare, conducând la apariția scurt-circuitelor între traseele apropiate.

ATENȚIE !

- manipularea plăcuței din tavă se face numai cu penseta;
- verificarea stadiului în care a ajuns reacția se va face stând deasupra vasului datorită vaporilor toxici degajați;
- după definitivarea operației, substanța folosită se va păstra într-un vas de sticlă închis etanș;
- oprirea reacției se realizează introducând plăcuța sub jet de apă în vederea eliminării totale a soluției de corodare (prezența ei pe placă poate conduce în timp la microcorodări extrem de periculoase pentru viitorul circuit electronic).

3.3 Verificări și prelucrări finale:

Vopseaua folosită pentru protejarea traseelor se îndepărtează prin ștergere cu o cârpă îmbibată în nitrodiluant. Se verifică integritatea structurii de interconectare. Se îndepărtează eventualele scurt-circuite existente între trasee.

CAPITOLUL IV

Criterii de montare a componentelor

Înainte de lipirea terminalelor componentelor pe fața placată a unui cablaj imprimat se efectuează amplasarea și implantarea componentelor electronice în găurile prevăzute în acest scop, după următoarele reguli:

- în fiecare gaură a cablajului se introduce doar un singur terminal;
- componentele se montează (de regulă) în poziție orizontală cu marcajul în sus și în același sens pentru a facilita identificarea componentelor; în cazul necesității asigurării unei densități mari de montare, componentele se pot plasa prin modul de proiectare a cablajului în poziție verticală.

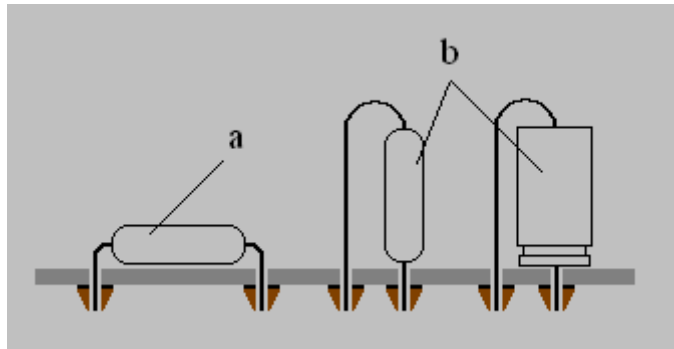


Figura 50: Poziționarea componentelor:
a) orizontală; b) verticală

- corelația între tipul componentei de implantat și locul prevăzut acesteia pe placă trebuie respectată cu strictețe pentru a evita operațiile ulterioare de depanare; de asemenea se va acorda atenție unicei poziționări corecte posibile în cazul anumitor componente (circuite integrate, tranzistori, diode, condensatoare electrolitice);
- pentru ușurarea montării componentelor pe plăci este necesară formarea prealabilă a terminalelor prin tăierea și îndoirea acestora la forma cea mai avantajoasă pentru montare și lipire (contactare);
- în funcție de tipul componentei de montat și pentru a-i reduce solicitarea termică (în procesul de lipire) se recomandă acele modalități de formare a terminalelor care asigură atât o distanță suficientă a componentei față de placa imprimată cât și o lungime suficientă a terminalelor (permițând disipația căldurii);
- îndoirea terminalelor componentelor nu trebuie efectuată prea aproape de corpul acestora, iar raza de îndoire nu trebuie să fie mică (sub 1,5 mm) pentru a nu afecta integritatea componentelor și a terminalelor lor; în toate cazurile se va evita solicitarea mecanică prea intensă a acestora;

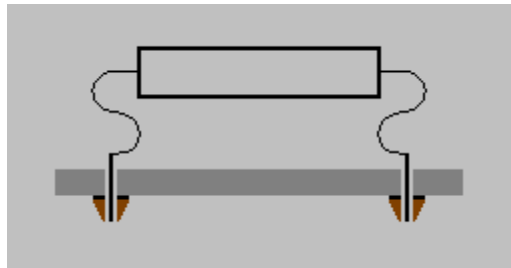


Figura 51

- în general dispozitivele semiconductoare sunt sensibile la șoc termic, putând fi distruse la lipire; este recomandabilă fixarea circuitelor integrate pe cablaj prin intermediul unor socluri speciale care se lipesc pe cablaj; în cazul diodelor și al tranzistoarelor lungimea mai mare a terminalelor asigură o disipare importantă a căldurii transmise de la punctele de lipire pe cablaj, uneori acest proces fiind completat de o pensetă metalică; se recomandă ca dispozitivele semiconductoare să fie montate la final pentru a nu fi expuse la șocurile termice produse la lipirea componentelor alăturate.

Tehnica lipirii componentelor

Prin operația de lipire se înțelege îmbinarea a două sau mai multe repere metalice între ele la cald cu ajutorul unui metal de adaos. Părțile metalice ale pieselor și traseelor de cablaj reprezintă metalele de bază, iar metalul de adaos reprezintă aliajul de lipit. Acesta are temperatura de topire inferioară celui pe care o au metalele de bază.

În zona de lipire este necesar să se realizeze încălzirea la o temperatură care să asigure fluidizarea aliajului de lipit și totodată curgerea acestuia în spațiile libere dintre suprafețele metalelor ce urmează a fi lipite. Concomitent, se încălzesc straturile superficiale ale metalelor de bază.

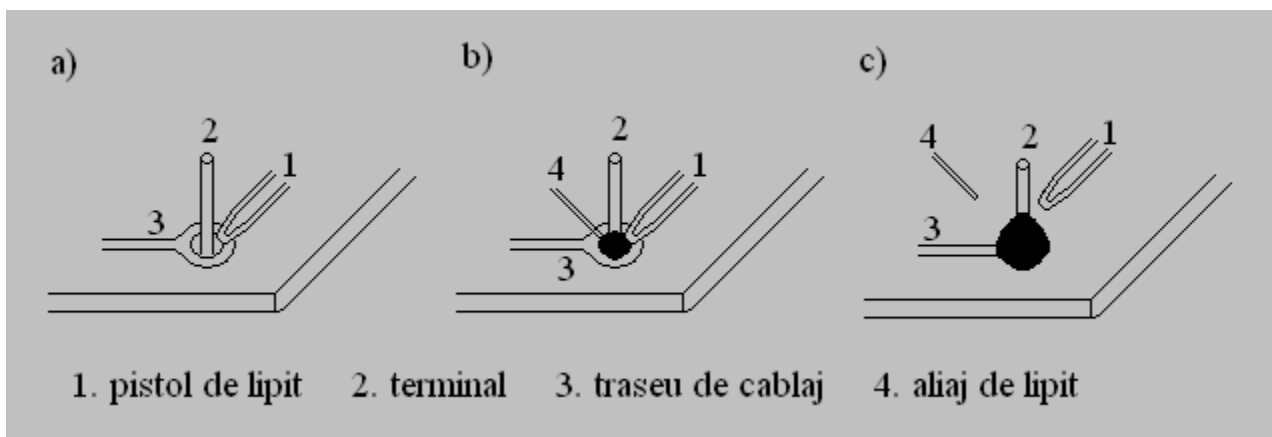


Figura 52: Etape de realizare a unei lipituri:

- a) încălzirea straturilor superficiale ale metalelor de bază;
- b) aplicarea fluidului; c) îndepărtarea pistolului de lipit.

Atomii din rețeaua cristalină a aliajului de lipit capătă energii mari și intră în contact nemijlocit cu atomii metalului de bază. În acest fel în interiorul rețelei cristaline au loc schimbări datorită solubilității reciproce dintre aliajul topit și metalul

pieselor de bază. Apare fenomenul de „umezire” a metalelor de bază de către aliajul de lipit.

Tensiunile superficiale de la suprafețele metal solid – aliaj lipire trebuie să fie minime, pentru a obține o „umezire” bună a pieselor ce urmează a fi lipite. Pentru ca forța de atracție metale de bază – aliaj topit să fie maximă este necesar ca în procesul de lipire suprafețele metalelor de bază să fie protejate contra oxidării care are loc datorită încălzirii. Pentru acest lucru locul lipirii se acoperă cu un flux decapant care formează o barieră lichido-gazoasă între metalele de bază și aer. Fluxul decapant mai are rolul de a dizolva straturile peliculare de oxizi, favorizând „umezirea” metalelor de bază cu aliajul de lipit.

Aliajul de lipit în stare fluidă ca orice lichid care „umezește” are proprietăți de capilaritate și în acest fel el pătrunde în intersecțiile dintre piesele care se lipesc.

Operația de lipire prezintă următoarele etape: (figura 52)

- încălzirea metalelor de bază până la temperatura apropiată celei de topire a aliajului de lipit;
- topirea aliajului pentru lipit;
- „umezirea” metalelor de bază cu aliajul de lipit în stare lichidă și încărcarea lor cu acesta;
- dizolvarea suprafeței metalelor de bază „umezite” în zona lipiturii și difuziunea reciprocă a celor două metale (metal de bază – metal aliaj de lipit);
- răcirea și solidificarea aliajului de lipit care oferă prin solidificare compactizarea mecanică a pieselor metalice.

Pentru realizarea lipiturilor între părțile metalice a componentelor și traseelor de cablaj, fapt întâlnit în mod frecvent la realizarea montajelor electronice, sunt necesare următoarele:

- pistol de lipit sau ciocanul electric de lipit, care reprezintă sursa de energie termică necesară atât încălzirii părților metalice ale pieselor cât și a aliajului de lipit;
- materialul (fluxul) decapant care are rolul de facilitare a lipiturii; se recomandă obținerea unei soluții prin dizolvarea în spirt a colofoniului (sacâzului); uzual se folosește pasta decapantă sau colofoniu; se vor evita cu strictețe pastele de lipit acide, care se folosesc la lipirea pieselor metalice din fier, deoarece într-un procent foarte mare fluxul acid corodează lipitura în timp și provoacă mari neajunsuri în funcționarea montajului electronic;
- aliajul de lipit – fludor; acesta prezintă un amestec de plumb și staniu astfel dozat încât să fie obținută o proporție care să optimizeze rigiditatea mecanică a lipirii și totodată topirea la o temperatură cât mai scăzută de circa $180^{\circ}\dots 220^{\circ}\text{C}$; fludorul prezintă o formă tubulară și în majoritatea cazurilor el conține în interior un fondant suplimentar care favorizează lipirea.

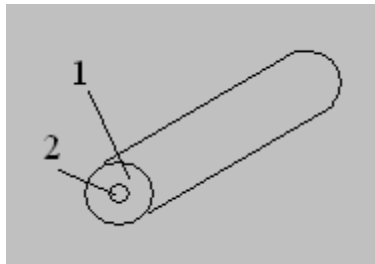


Figura 53: Fludor:
1) aliaj de lipit; 2) pasta decapantă;

Modul de lucru

1. Se curăță de oxizi, bavuri și impurități suprafața traseelor de cablaj și terminalele componentelor cu șmirghel fin.
2. Imediat după șmirgheluire traseele de cablaj se acoperă cu o peliculă de flux decapant (colofoniu dizolvat în spirt sau colofoniu dizolvat în nitrodiluant).
3. Se montează componentele electronice pe placa de cablaj imprimat. În cazul lipirii a două sau mai multe conductoare se recomandă răsucirea lor prealabilă.
4. Se pregătește instrumentul de lipit în vederea efectuării lipirii. În cazul ciocanului electric de lipit se lasă ca vârful metalic din cupru să se încălzească, se curăță de oxizi cu o pilă fină, după care se aplică un strat de colofoniu. În cazul pistolului de lipit vârful (ansa) se încălzește imediat după acționarea butonului.
5. Se încălzesc piesele metalice ce urmează a fi lipite aplicând pe acestea instrumentul de lipit și imediat se aplică în acel loc și fludorul până se formează picătura de aliaj care va forma lipitura propriu-zisă.
6. Se îndepărtează de la locul lipiturii întâi fludorul, apoi ansa pistolului de lipit.

Tebuie să scoatem în evidență faptul că primul lucru de care depinde funcționarea unui montaj electronic este calitatea lipiturilor. Îndemânarea necesară realizării unor lipituri de calitate se capătă în timp exersând.

Considerații tehnice privind tehnologia montării pe suprafață a componentelor:

Cu toate că SMD-urile au reputat un succes în industrie, ele au rămas destul de puțin folosite de către amatori. Această „timiditate” nejustificată se datorează, pe de-o parte a lipsei lor din magazine.

Precizăm că ele sunt nu numai miniaturizate la maximum, ci și mai ieftine, permițând realizarea de montaje nu numai foarte mici însă și foarte fiabile. Astfel, peste tot unde va fi necesar de a miniaturiza un montaj acesta se poate face cu ajutorul SMD-urilor (radio/modelism, microemițătoare, dispozitive de alarmă, amplificatoare UHF, etc).

Acestea pot fi utilizate în realizarea montajelor în înaltă și foarte înaltă frecvență (decuplări sau cuplări între etaje, oscilatoare sau amplificatoare etc).

Plantarea manuală a SMD-urilor pentru un anumit montaj nu reprezintă o dificultate majoră; este nevoie de un ciocan de lipit de mică putere (5-10W) cu un vârf bine ascuțit și tot timpul curat și o pensetă fină cu care să manipulăm componentele.

Locul de lucru trebuie să fie curat (o coală de hârtie albă) și foarte bine iluminat (cu un bec cu halogen de 60 .. 100W). Este nevoie și de alte câteva scule ajutătoare: o piesă sub formă de T care să aibă posibilitatea fixării componentei de lipit prin presare cu un arc (nu mai tare decât cel de la pixuri), o lupă care să mărească de 5 .. 10 ori, un dispozitiv de fixare a cablajului, plantat pe masa de lucru (un calup de fier de 20 x 10 x 5 cm). Pentru executarea lipiturilor se va folosi numai fluidor de 0,3 .. 0,5 mm, introdus în pixuri mecanice lucrând cu aceleași dimensiuni existând posibilitatea scoaterii treptate a sârmei de cositor care poate fi plasată foarte exact la locul lipiturii.

În lipsa piesei de presare a componentelor se poate recurge la o picătură fină de fixativ și după priza acestuia se vor executa lipiturile necesare. Componentele folosite vor fi de preferință alese dintre cele marcate, trebuie atenție, pentru că o răsturnare accidentală a casoletelor cu pise nemarcate și amestecarea lor este un lucru nedorit. De aceea este bine ca SMD-urile să fie păstrate pe role originale, iar pe acestea să se noteze cu un marker fin, valoarea respectivă a piesei.

Cablarea necesită o vedere bună, dar mai ales o mână sigură. Cel mai ușor se manipulează tranzistoarele, rezistoarele și condensatoarele, mai dificil este cu plasarea circuitelor integrate, care trebuie foarte atent poziționate cu terminalele exact pe zonele de sudură. Se recomandă fixarea în prima fază doar a două terminale, situate pe diagonală și apoi se vor lipi și celelalte. Să avem o grijă deosebită în ceea ce privește cositorirea zonelor de lipire, iar cositorul în zonele respective să nu fie negrumat, ci alb-strălucitor.

Realizarea cablajelor imprimat pentru SMA implică respectarea considerentelor generale de proiectare a PCI, dar și apariția unor reguli specifice acestei tehnologii, impuse de procesul tehnologic în sine. Datorită minimizării dimensiunilor componentelor se folosește o rețea modulară de 1,27 mm, iar lățimea traseelor și distanța dintre ele poate fi micșorată până la 100 μm, prevăzându-se însă prin proiectarea modalității de verificare, reperare și întreținere a subsansamblului considerat. Procedeele de realizare a lipirii componentelor pe suport utilizate frecvent sunt lipirea prin retopire și lipirea în val; ele determină la rândul lor reguli proprii de proiectare a traseelor de cablaj imprimat, impunând mărimea suprafeței de conectare și dispunerea componentelor.

Fluxul tehnologic al unei PCI realizată prin lipire „prin retopire” cuprinde:

- realizarea traseelor de cablaj imprimat.
- depunerea aliajului de lipit pe toată suprafața PCI.
- plasarea automată a componentelor de către mașini automate de poziționat.
- încălzirea PCI cu componentele poziționate, la temperatura necesară realizării simultane a tuturor lipiturilor, încălzire care se face cu plita caldă, cu radiații infraroșii

sau prin șoc termic (produs de condensarea unor compuși fluorurați, cu temperatura de fierbere de aproximativ 200°C).

Acest procedeu folosește numai componente SMD plasate pe o singură față a cablajului imprimat, obținându-se o densitate maximă de componente.

Lipirea „în val” este folosită atunci când se utilizează componente SMD alături de componente cu terminale; fluxul tehnologic de obținerea a unui PCI echipate prin această metodă implică:

- proiectarea corespunzătoare a cablajului imprimat, ținând cont de faptul că pentru componentele cu terminale trebuie prevăzute găuri, iar componentele SMD (fiind concepute să suporte șocul termic la trecere prin baia de aliaj de lipit) se vor plasa pe partea placată.
- realizarea PCI astfel proiectată.
- depunerea adezivului pentru fixarea componentelor SMD, poziționarea componentelor și uscarea adezivului cu radiații ultraviolete sau infraroșii (pentru a asigura fixarea componentei pe zona de contactare respectivă).
- plantarea componentelor cu terminale.
- lipirea în instalație de lipire în val, cu componentele SMD trecând prin valul de aliaj de lipit.

Lipirea în val implică față de lipirea prin retopire suprafețe mai mari de contactare a componentelor și o orientare a acestora în lungul undei de aliaj de lipit pentru a evita rotirea componentelor sau blocarea undei, precum și apariția unor fenomene din „umbră” (scurtcircuit între două componente), sau de „punte” (scurtcircuit între mai multe componente).

Tehnologia montării pe suprafață componentelor oferă, prin urmare, câteva certe avantaje:

- miniaturizarea componentelor și proiectarea corespunzătoare a traseelor de cablaj imprimat determină reducerea drastică a dimensiunilor PCI.
- datorită procesului de producție complet automatizat numărul defectelor rezultate în timpul procesului de producție este foarte mic (numărul de defecte poate scădea cu până la 99%), comparativ cu plantarea automată a componentelor cu terminale.
- această tehnologie asigură o calitate superioară produselor finite, o comportare mai bună a circuitelor în înalta frecvență (elementele parazite practic dispar) o rezistență mai mare la solicitări mecanice, deci o fiabilitate ridicată.

Costul unui circuit electronic realizat prin această tehnologie se reduce cu până la 50% datorită vitezei mari de asamblare, reducerii consumului de materiale, folosirii cablajelor fără găuri sau cu un număr mic de găuri.

Dezavantajele de moment ale acestei tehnologii constau în:

- necesitatea reproiectării cablajelor;
- obținerea tuturor tipurilor de componente în forma SMD;
- procurarea echipamentelor automate de montare;
- efort financiar inerent asimilării unei tehnologii noi.

Aliaje pentru lipit

Metalele sau aliajele cu ajutorul cărora se îmbină corpurile metalice solide prin lipire se numesc metale sau aliaje pentru lipit. În funcție de temperatura de topire, care constituie caracteristica importantă, aliajele pentru lipit se clasifică în:

1. Ușor fuzibile (temperatura de topire sub 400°C) sau „moi”, sunt aliaje pe bază de staniu (Sn), plumb (Pb) și cadmiu (Cd).
2. Greu fuzibile (temperatura de topire peste 500°C) sau „tari”, sunt aliaje pe bază de cupru (Cu), argint (Ag) și nichel (Ni).

Caracteristicile metalelor și aliajelor de lipit:

- temperatura lor de topire să fie mai mică decât temperaturile de topire ale metalelor de bază;
- fluiditatea ridicată pentru o mai bună umplere a cusăturii;
- rezistența la coroziune mare;
- coeficienții de dilatare ai metalelor de bază;
- conductivitatea electrică mare, necesară pieselor prin care circulă curent electric;
- preț de cost scăzut.

Aliajele pentru lipit ușor fuzibile sunt formate din metale cu temperaturi joase de topire cum sunt: staniul, plumbul, zincul, cadmiul, indiul.

Lipiturile executate cu aceste aliaje se caracterizează, în afară de temperatura de topire joasă, prin duritate mică (aliaje de topit moi) și printr-o rezistență mecanică scăzută. Ele se folosesc numai pentru lipirea pieselor care funcționează la temperaturi nu prea ridicate ($50\text{-}150^{\circ}\text{C}$) și eforturi mecanice reduse.

Cele mai utilizate aliaje ușor fuzibile sunt cele pe bază de plumb și staniu, cu un conținut de staniu (Sn) de la 2% la 90%, iar pentru mărirea rezistenței lipiturilor se adaugă 1-6% stibiu (Sb).

Materiale decapante

Au rolul de a reduce tensiune tensiune superficială a aliajului pentru lipit: prin intermediul lui, aliajul de lipit în stare topită „udă” în condiții bune suprafața metalelor de bază și îl protejează contra oxidării în timpul încălzirii.

Proprietățile metalului decapant sunt:

- să asigure condiții de „udare” a suprafeței metalului ce se lipește de aliajul pentru lipit în stare topită;
- să protejeze suprafața metalelor ce se lipesc contra oxidării în timpul încălzirii;
- să dizolve peliculele de oxizi de pe suprafața metalului de bază și a aliajului de lipit;
- să-și păstreze proprietățile și să nu își modifice compoziția în timpul încălzirii pentru lipire;
- să nu degaje gaze nocive;
- să nu corodeze excesiv lipitura;
- să aibă preț de cost scăzut.

Fiabilitatea cablajelor imprimate echipate cu componente

Deoarece principala funcție a cablajelor imprimate constă în interconectarea componentelor din circuitele electronice, fiabilitatea acestora este determinată, în mod esențial, de calitatea conexiunilor prin lipire efectuate între terminalele componentelor și traseele cablajului.

Valoarea medie a intensității (ratei) de defectare λ [$10^{-6}/h$] a conexiunilor prin lipire este indicată în normativele de fiabilitate (în scopul determinării fiabilității previzionale) ca fiind de ordinul 0,2 (pentru lipirea manuală) sau 0,05 (pentru lipirea automată). Comparativ cu alte procedee de conectare a componentelor pe cablaje (sudura electrică, sertizarea, wraparea) lipirea este apreciată ca fiind suficient de fiabilă pentru echipamentele electronice.

Deși rata de defectare a conexiunilor prin lipire este relativ redusă (de ordinul $10^{-2} \dots 10^{-3}$) datorită numărului lor relativ mare (sute sau chiar mii) în structura unui echipament electronic (depinzând de complexitatea acestuia) influența fiabilității conexiunilor asupra fiabilității ansamblului poate fi importantă.

De exemplu în cazul echipamentelor electronice mobile/portabile solicitările mecanice (vibrații, șocuri, accelerații/decelerații) și climatice (temperatură, umiditate) aplicate acestora influențează nefavorabil fiabilitatea conexiunilor prin lipire – aspect ce trebuie luat în considerare la proiectarea și efectuarea conexiunilor prin lipire.

Principalele căi pentru reducerea la minimum posibil a procentului de defectare datorate conexiunilor prin lipire sunt:

- selectarea unor materiale și tehnologii de lipire adecvate;
- existența unei bune sudabilități a suprafețelor de lipire;
- respectarea riguroasă a procesului tehnologic de lipire (implicând controlul permanent al parametrilor acestuia);
- controlarea calității conexiunilor prin lipire obținute (în principal prin verificarea aspectului vizual al conexiunilor, cu ajutorul unei lupe speciale); astfel, din acest punct de vedere, o conexiune prin lipire corect realizată trebuie să aibă:
 - suprafața lipiturii – lucioasă și strălucitoare (fără iregularități, crăpături, asperități, etc);
 - forma – tronconică, având profil concav și o înălțime maximă (deasupra cablajului) de cel mult 0,5 .. 0,8 din diametrul pastilei de lipire a terminalului.
 - aliajul de lipit – acoperind complet și uniform terminalul respectiv (și având unghiurile de contact atât cu terminalul cât și cu pastila de lipire sub 30°).

În principiu orice abatere de la aceste caracteristice ideale poate fi considerată ca un defect, deși nu orice abatere afectează fiabilitatea plăcii echipate cu componente.

Principalele defecte care conduc la nefuncționarea (sau funcționarea defectoasă) a unui montaj electronic și care pot fi identificate prin control vizual sunt:

- defecte de formă – exemplu: „punți și/sau stralactite” (datorate excesului de aliaj de lipit); primele constituie un defect major întrucât scurtcircuitează trasee sau terminale adiacente.
- defecte de aspect – exces de material decapant.
- defecte datorate prelucrărilor mecanice (tăiere, găurire) necorespunzătoare a cablajelor imprimare: exfolieri, găuri prea mari/mici sau plasate necorespunzător etc; tensiunile interne produse în placă pot determina defectarea prin oboseală a îmbinărilor lipite.
- defecte de montaj – terminale prea scurte sau formate necorespunzător ale componentelor.
- alte defecte: cavități, lipituri „reci”, „galbene”, „grăuntoase”, „false”, mate, incluziuni, microfisuri, reziduuri albe, curbarea plăcii de cablaj imprimat.

Bibliografie:

1. N. Drăgulescu – Agenda radioelectronistului, Editura Tehnică, București, 1989.
2. I. Ristea ș.a. – Manualul muncitorului electronist, Editura Tehnică, București, 1980.
3. I. C. Boghitoiu – Construcții electronice pentru tinerii amatori, Editura Albatros, București, 1989.
4. Emil Marian ș.a. – Montaje electronice de vacanță, Editura Albatros, București, 1988.
5. Bartnovski G. A. – Circuite imprimate în construcțiile radioamatorilor, Editura Tehnică, București, 1974.
6. Vasile Ciobăniță ș.a. – Radiorecepția A-Z, Editura Albatros, București, 1982.