



### Cuprins

Prezentare Proiect	
Fișa de Asamblare	
1. Funcționare	2
2. Schema	3 - 4
3. Lista de componente	4 - 5
4. PCB	6
5. Tutorial – Radiatorul	7 - 13

# MOSFET POWER AMPLIFIER AV800 V 4.1

- Avantaj Pret/Calitate
- Livrare rapida
- Design Industrial
- Proiecte Modificabile
- Adaptabile cu alte module
- Module usor de asamblat
- Idei Interesante

Idei pentru afaceri

Hobby & Proiecte Educationale

### Caracteristici:

- **Putere** 450 W RMS pe sarcină 8Ω  
820 W RMS pe sarcină 4Ω
- **Răspuns în frecvență** 10hz to 100khz
- **THD la 100W pe 8Ω** 0,01% @1khz
- **Intrare** 0.7Veff pe 70KΩ

### Principiul de funcționare

Avantajul acestui tip de amplificator realizat cu finali MOSFET îl prezintă faptul că puterea poate fi marită prin suplimentarea perechilor de tranzistoare astfel că pornindu-se de la 7 cu care obținem 800 Watti putem ajunge la 1KW cu 10 de perechi. Diferențe ? La fel de fidel, fără distorsiuni, un sunet de calitate.

Un prim etaj diferențial pe intrare este realizat cu Q6 și Q7 cu sarcină cascod Q1, Q2, R13 și ZD1 ce furnizează 14.4V pe colectoarele Q1-Q2.

Generatorul de curent constant de 1.5 mA este realizat din Q23, R42, R66, ZD2 și C19.

Q3, Q4, Q24, Q25, R3, R54, R55, R40, C2, C9, C16 formează al doilea etaj diferențial. Q54 și Q55 este o oglindă de curent pentru a doilea etaj și îl forțează să cedeze parte din curentul de 8 mA furnizat prin R36. Celelalte componente ale acestui etaj asigură compensarea cu frecvența.

Q5, Q8, Q26, R24, R25, R33, R34, R22, R44, C10 formează etajul buffer și de polarizare stabilă a portilor MOSFET, compensând variațiile tensiunii de alimentare.

Sursa de alimentare, problemă majoră pentru această stație. Transformatorul, pentru varianta stereo sau în punte, este recomandat să fie de 2KW (toroidal) cu două înfășurări de 65 V ceea ce asigură tensiunea de alimentare diferențială de 98V.

Montarea componentelor se face având grijă la polaritatea capacităților, terminalele tranzistoarelor și puterea rezistențelor. Ultimul se montează Q8 pe o bucată de aluminiu cu dimensiunile de 10cm x 2cm x 4mm. Fiți siguri că ați montat rezistențele de 4,7KΩ/5W pe capacitățile de filtrare ale sursei.

Se cuplează o rezistență de 10Ω de la ieșirea amplificatorului pe una din terminalele lui R38, ocolind în acest fel etajul final și protejând buzunarul astfel de eventuale costuri prin arderea finalilor. Măsurăți următoarele tensiuni ( marja max. 10%):

- R1 ~1,6 volți
- R2 ~1,6 volți
- R3 ~1,0 volți
- R55 ~500mV
- R56 ~500mV

Offset-ul pe R37 trebuie să fie 0-100mV

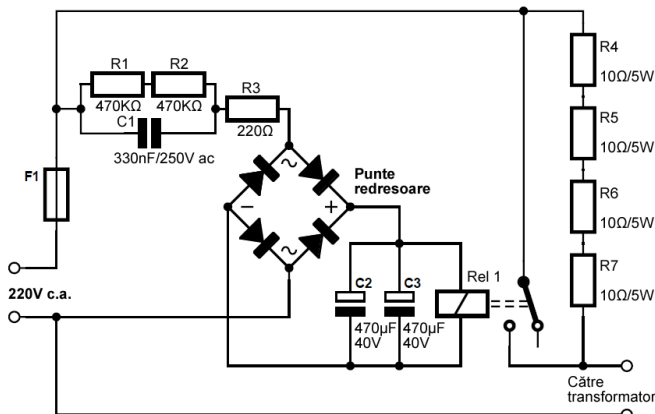
P1 este de tip multitură și reglat astfel ca între poarta și drena lui Q8 să citim cca. 4,7KΩ.

Siguranțele să fie calibrate la 8A.

După măsurare, se întrerupe alimentarea și se înlătură rezistența de 10Ω.

Pentru o corectă funcționare, pe rezistențele din sursa finalului trebuie să citim max. 18mV (reglaj din P1).

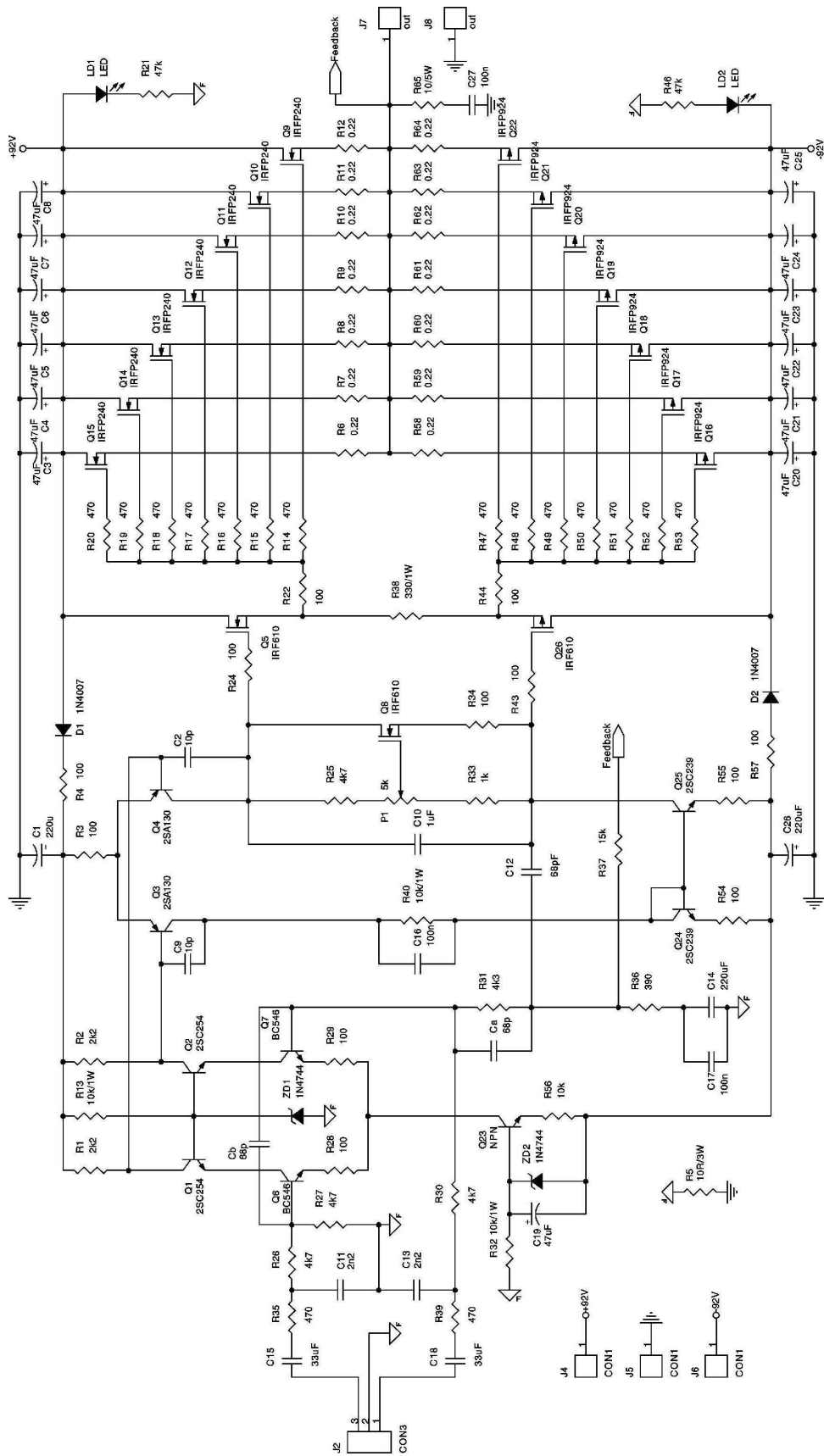
Dacă totul este OK cuplați sarcina și o sursă de semnal. Nu iese fum ? Nu vă speriați dacă funcționează. Ați reușit. Felicitări!



Nu ramâne decât să mai adăugăm o schemă de cuplare întârziată a difuzoarelor la cuplarea tensiunii de alimentare amplificatorului pentru a evita neplacutul șoc acustic și o protecție pe măsură, cu decuplarea alimentării, a întregului ansamblu pentru situații de genul:

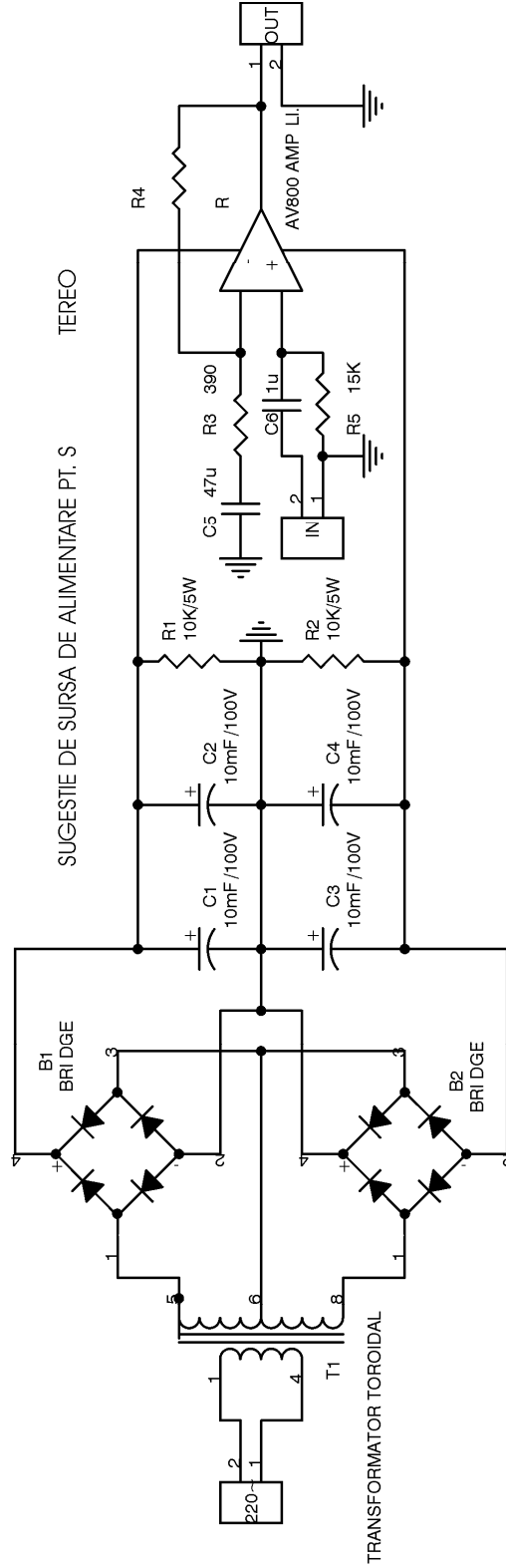
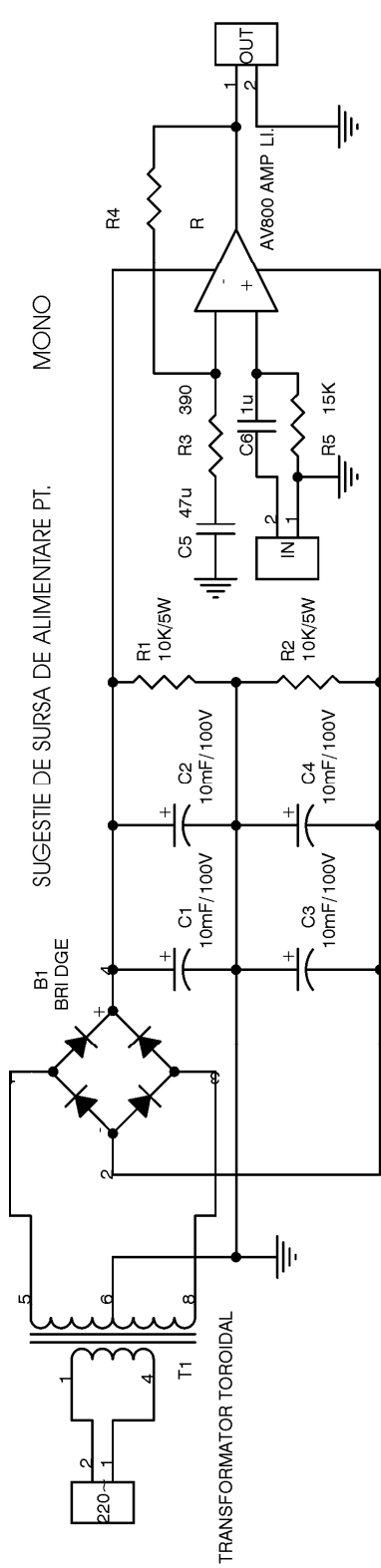
- lipsa unei tensiuni pe o ramură de alimentare;
- supracurent pe o ramură de alimentare;
- creșterea temperaturii radiatorului peste o valoare reglată .

Protecția o găsim la proiectul EP0077 și o putem realiza la cerere.



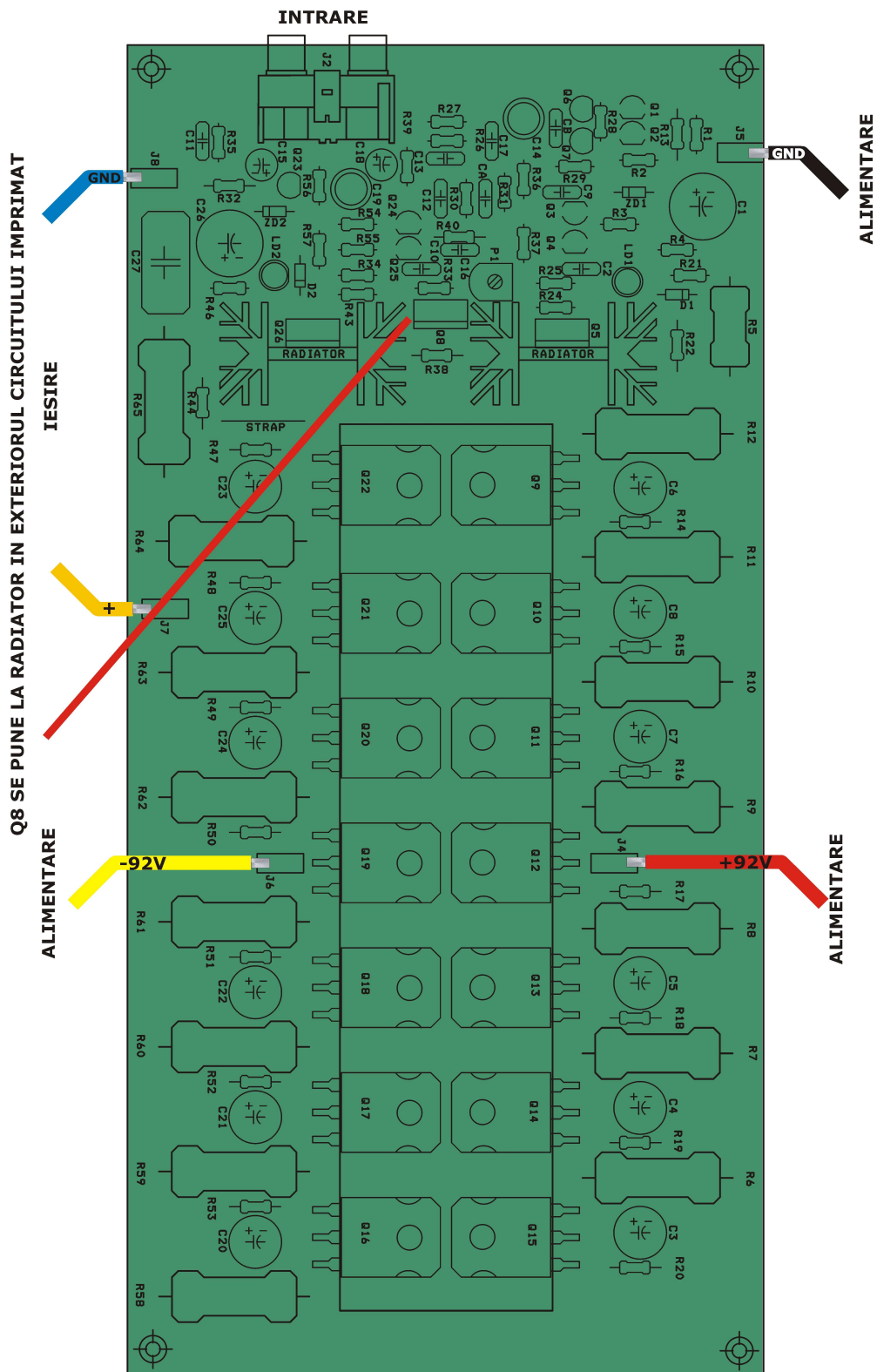
Schema electrică

# Schema electrică a sursei de alimentare



Nr.Crt.	Componenta	Denumire	Valoare	Cant
1	Cb,Ca	Condensator NP	68pF	2
2	C1, C26	Condensator POL	220μF/100V	2
3	C2,C9	Condensator NP	10pF	2
4	C3,C4,C5,C6,C7,C8,C20,C21, C22,C23,C24,C25	Condensator POL	47μF100V	12
5	C19	Condensator POL	47μF25V	1
6	C10	Condensator POL	1μF	1
7	C13,C11	Condensator NP	2,2nF	2
8	C12	Condensator NP	68pF	1
9	C14	Condensator POL	220μF/25V	1
10	C15,C18	Condensator POL	33μF	2
11	C16,C17,	Condensator NP	100nF	2
12	C27	Condensator NP	100nF/250V	1
13	D2,D1	Diodă	1N4007	2
14	J2	Conector	IN	1
15	J4,J5,J6	Conector	CON1	3
16	J8,J7	Conector	Out	2
17	LD2,LD1	Led	LED	2
18	P1	Semireglabil	5KΩ	1
19	Q2,Q1	Tranzistor	2SC2240	2
20	Q4,Q3	Tranzistor	2SA1306(2SA1837)	2
21	Q5,Q8	Tranzistor	IRF610	2
22	Q6,Q7	Tranzistor	BC546	2
23	Q9,Q10,Q11,Q12,Q13,Q14, Q15	Tranzistor	IRFP240	7
24	Q16,Q17,Q18,Q19,Q20,Q21, Q22	Tranzistor	IRFP9240	7
25	Q23	Tranzistor	MJE340	1
26	Q24,Q25	Tranzistor	2SC3298	2
27	Q26	Tranzistor	IRF9610	1
28	R2,R1	Rezistență	2,2KΩ	2
29	R3,R4,R22,R24,R28,R29, R34,R43,R44,R54,R55,R57	Rezistență	100Ω	12
30	R5	Rezistență	10Ω/5W	1
31	R6,R7,R8,R9,R10,R11,R12, R58,R59,R60,R61,R62,R63, R64	Rezistență	0,22Ω/5W	14
32	R13,R32,R40	Rezistență	10KΩ/1W	3
33	R14,R15,R16,R17,R18,R19, R20,R35,R39,R47,R48,R49, R50,R51,R52,R53	Rezistență	470Ω	16
34	R46,R21	Rezistență	47KΩ	2
35	R25,R26,R27,R30	Rezistență	4,7KΩ	4
36	R31	Rezistență	4,3KΩ	1
37	R33	Rezistență	1KΩ	1
38	R36	Rezistență	390Ω	1
39	R37	Rezistență	15KΩ	1
40	R38	Rezistență	330Ω/1W	1
41	R56	Rezistență	10KΩ	1
42	R65	Rezistență	10Ω/5W	1
43	ZD1,ZD2	Diode zenner	1N4744(15V)	2

## Amplasarea componentelor



Mulțumim pe aceasta cale d-lui **Anthony Eric Holton** [www.aussieamplifiers.com](http://www.aussieamplifiers.com) Tasmania - Australia, autorul acestui proiect, pentru acordul și sprijinul de a realiza acest proiect.

Acest produs se livrează în varianta circuit imprimat sau în varianta circuit imprimat + componente în scopuri educaționale și va fi însoțit de documentația completă de asamblare pe CD.



## Radiatoare

### Introducere

Pentru utilizarea radiatoarelor în electronica de putere, în domeniul audio, radiofrecvență, acționări electrice, calculatoare este esențial să se cunoască fenomenul transferului de căldură, întrucât aceleași principii se aplică și pentru controlul puterii.

Pentru a asigura fiabilitatea pe termen lung a dispozitivelor electronice trebuie clarificate cerințele esențiale și a face diferențele între păreri și teorie. Parcurgând întreg acest material vei fi surprins cât de mult vei învăța, materialul cuprinzând o concentrare de cunoștințe teoretice și practice.

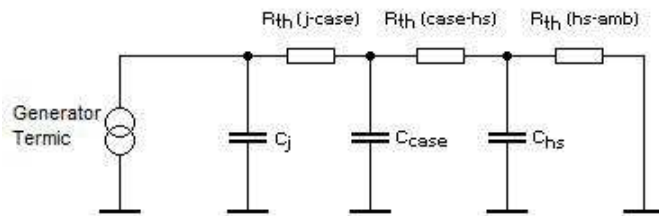
Proiectarea elementului de racire, mai precis alegerea unui radiator adecvat, nu este grea odată ce înțelegi fenomenul și stăpânești elementele de bază.

Sa începem cu începutul. Termenii "rezistența termică" precum și "grade Celsius / Watt", sunt un pic descurajatoare pentru neinițiați, și scopul acestui articol este de a explica modul în care funcționează transferul termic, de la tranzistor până la dispersia finală în atmosferă. De exemplu, generatorul termic poate fi orice tranzistor bipolar, MOSFET, triac, tiristor, CPU sau orice alt dispozitiv semiconductor ce este montat într-o capsulă de plastic și metal, care, la rândul său trebuie să fie montat pe un radiator.

Fiabilitatea și longevitatea oricărui dispozitiv semiconductor este aproximativ invers proporțională cu pătratul de temperaturii joncțiunii sau, cu alte cuvinte, reducerea la jumătate a temperaturii joncțiunii va duce la creșterea cu aproximativ 4 ori a duratei de viață preconizată a componentei. Procesul de eliminare a căldurii din zona activă a tranzistorului implică mai multe transferuri termice separate pe care le vom examina pe rând.

Pentru a obține un rezultat semnificativ, avem nevoie de două elemente de bază: o valoare de intrare a căldurii și o temperatură a aerului ambiant. Prin analogie, putem privi generatorul termic ca o sursă de curent, rezistența termică ca un rezistor iar inerția termică (numită și capacitate tranzitorie) a diferitelor materiale ca un condensator.

**Capacitatea tranzitorie** este capacitatea oricărui material de a absorbi o cantitate de căldură pentru o perioadă scurtă de timp, după care temperatura va crește precum crește tensiunea pe un condensator, dacă curentul de alimentare este menținut.



*Fluxul de căldură de la joncțiune la ambiantal*

unde :

- rezistența termică ( $R_{th}$ ) de la joncțiune la capsulă, (inerția termică a joncțiunii foarte mică),
- inerția termică a capsulei în sine (medie),
- rezistența termică de la capsulă la radiator,
- inerția termică a radiatorului (acest lucru ar putea fi foarte mare) și, în final,
- rezistența termică de la radiator la mediul ambiant.

Valorile mici ale inerției termice ar trebui să fie ignorate, deoarece acestea cresc și se stabilizează rapid iar radiatorul va acumula excesul. Starea de echilibru va fi aceea în care energia termică generată este egală cu cea eliberată de radiator, fără ca temperatura joncțiunii să crească la un nivel periculos, chiar și pentru scurt timp.

### Tipuri de radiatoare

Radiatoarele pot fi clasificate după metoda de fabricare și după formă:

**Matrițate**, din cupru sau aluminiu, tablă sunt stantate în forme dorite, ieftine, folosite în cazul unor densități termice scăzute.

**Extrudate** în forme elaborate de natură să disipe sarcini mari de căldură. Aripioarele transversale vor produce dispersia omni-direcțională și îmbunătățește performanțele cu aproximativ 10-20%.

**Cu aripioare adaugate**, limitate la convecție, sunt cel mai adesea răcite cu aer ceea ce le sporește performanța. Utilizează epoxi-conductor termic pentru fixarea aripioarelor plane din aluminiu pe o placă de bază canelată prin extrudare. Capacitate mare de răcire la un volum mic.

**Tablă ondulată** - din aluminiu sau cupru, crește suprafața și, implicit performanța volumetrică. Este apoi atașat la placa de bază sau direct pe suprafața de încălzire prin epoxy sau lipire. Este de înaltă performanță, folosită pentru aplicații specifice.

**Radiatoare turnate** în nisip, fără miez, prin procese de turnare normale sau în vid, din aluminiu sau (mai rar, pentru aplicații audio) din cupru sau bronz.

Obiectivele primare ale **managementului termic** sunt:

1) Menținerea unei temperaturi în limitele funcționale și maxim permise pentru fiecare componentă. Temperatura funcțională definește temperatura maximă până la care circuitul electric funcționează în limitele de performanță cerute.

Funcționarea circuitului la temperaturi mai mari decât cea funcțională poate duce la degradarea performanțelor. Temperatura maximă este temperatura la care se pot produce schimbări ireversibile în caracteristicile electrice, respectiv se ajunge la distrugerea componentei.

2) Asigurarea unei distribuții a temperaturii în fiecare componentă care să satisfacă obiectivele de fiabilitate.

Foile de catalog furnizează ariile sigure de funcționare pentru câteva valori ale temperaturii joncțiunii, trasate în cazul unui radiator de răcire infinit de mare. Uneori este precizată și zona sigură de funcționare fără radiator.

La proiectarea **traseului termic** și a **suprafeței de răcire** trebuie să se țină cont de aria sigură de funcționare a regulatorului.

Extinderea acesteia prin folosirea unui radiator este limitată de rezistențele termice dintre joncțiune și radiator.

Curentul prin dispozitivul semiconductor și căderea de tensiune dintre intrarea și ieșirea acestuia vor duce la o disipare de putere care va ridica temperatura joncțiunilor peste cea a mediului ambiant cu o valoare proporțională cu disiparea de putere și cu rezistența termică echivalentă între joncțiuni și mediul ambiant.

**Tehnicile de răcire** utilizate în electronică pot fi clasificate în funcție de utilizarea sau nu a unei energii suplimentare. Deși scopul este același – de a menține joncțiunile la o temperatură cât mai scăzută, eventual constantă - se poate opta între o tehnică de răcire activă sau una pasivă.

**Tehnica de răcire pasivă** se caracterizează prin faptul că nu necesită energie suplimentară pentru a favoriza transferul termic. Această tehnică, deși prezintă unele limitări, are o importanță la fel de mare ca și răcirea activă.

Răcirea pasivă este practică în situațiile în care nu se dorește sau nu se dispune de resurse de energie suplimentară pentru a realiza răcirea, fiind de multe ori preferată răcirii active și pentru robustețea sa.

La răcirea pasivă, se dorește diminuarea rezistențelor termice, lucru realizat începând chiar din interiorul integratului, urmând apoi capsula, izolația și radiatorul care se realizează din materiale ce prezintă conductivitate termică cât mai bună. Forma fizică trebuie de asemenea optimizată pentru un transfer termic optim. În acest sens există studii ce oferă valoarea rezistenței termice plecând de la forma radiatorului, sau programe speciale de analiză a transferului termic.

În realizarea căilor de transfer termic, alăturarea fizică a materialelor diferite trebuie însoțită și de coeficienți de expansiune termică cât mai apropiați, pentru a reduce la minim solicitările mecanice ce pot să apară între acestea din cauza încălzirii.

O altă tehnică de răcire pasivă performantă constă și în folosirea de materiale care, odată cu schimbarea de stare din solid în fluid, au proprietatea de a-și schimba (crește) conductivitatea termică în punctul de topire, menținând astfel temperatura aproximativ constantă.

**Tehnica de răcire activă** folosește energie suplimentară pentru extragerea căldurii degajate de joncțiuni. Aceasta oferă o capacitate de răcire mare și permite menținerea temperaturii joncțiunilor și chiar sub cea a mediului ambiant, deseori având și funcția de termostatare. În tehnica de răcire activă se pot folosi ventilatoare, elemente de răcire termoelectrice, jet de aer/lichid, convecție forțată cu lichid, sau sisteme criogenice.

Rolul ventilatoarelor este de a amplifica fenomenul de convecție în ultima etapă de eliminare a căldurii spre mediul ambiant, fiind tehnica activă cel mai des utilizată, ea putând fi aplicată în cazurile când răcirea pasivă nu e suficient de eficientă. Elementele termoelectrice de răcire se bazează pe conducția electrică într-un semiconductor care produce o diferență de temperatură la capete, cunoscute sub denumirea de elemente Peltier.

Sistemele cu refrigerare deși eficiente, sunt mai complexe, având în componență un compresor un condensor, termostat și electrovalve. O tehnică activă recentă, utilizată pentru a reduce cât mai mult temperatura punctelor calde dintr-un integrat, și pentru a putea crește densitatea de putere, constă în integrarea de microconduite prin care se circulă un jet forțat de aer sau lichid.

Unele din metodele active au avantajul că pot transporta căldura la distanță mare dacă este cazul. Metodele de răcire activă și pasivă au atât avantaje cât și dezavantaje sau limitări.

Pentru o estimare cât mai simplă a comportamentului termic al circuitelor integrate se utilizează modele.

Mecanismele de transfer termic ce trebuiesc modelate, atât în răcirea activă cât și cea pasivă, sunt de trei feluri:



- transfer prin conducție (în corpurile solide)
- transfer prin convecție (în fluide)
- transfer prin radiație (optic)

**Disiparea de putere** într-o componentă electrică va duce la un proces complex de conducție, convecție și radiație de căldură. De exemplu, într-o componentă semiconductoare discretă, căldura generată în aria activă va fi transferată prin conducție spre capsula cu care se află în contact și apoi în aer prin convecție și radiație. Va exista de asemenea o conducție spre cablaj prin terminalele componente.

Pentru modelarea transferului termic se utilizează uzual analogia între mărimile termice și cele electrice. În tabelul sunt prezentate analogiile între aceste mărimi .

Dinamica transferului termic este caracterizată de evoluția temperaturilor joncțiunilor, în regim permanent variabil ea fiind diferită de cea în regim staționar sau tranzitoriu

### Analogia între mărimile termice și electrice

Marimea termică	Unitate	Marimea electrică	Unitate
Temperatura $T$	[°C,K]	Potențial electric $V$	[V]
Diferența de temperatură $\Delta T$	[°C,K]	Cădere de tensiune $\Delta V$	[V]
Puterea $Pd=dQ/dt$	[W]	Curentul $I=dq/dt$	[A]
Căldura $Q$	[J]	Sarcina $q$	[C]
Rezistența termică $R_{th}$	[K/W]	Rezistența electrică $R$	[Ω]
Capacitatea termică $C_{th}=Q/\Delta T$	[J,W]	Capacitatea electrică $C=q/\Delta V$	[F]
Constanta termică de timp $\tau_{th}=R_{th}C_{th}$	[s]	Constanta electrică de timp $\tau=RC$	[s]
Conductivitatea termică $K$	[W/mK]	Conductivitatea electrică $\sigma$	[1/Ωm]

Pe parcursul acestui mic studiu ne vom referi deseori la "aluminiu", care în realitate este aliaj de aluminiu. Alumiul pur este rar folosit, deoarece este prea moale, ușor de îndoit și este destul de dificil de găurit .

Obiectivul principal în proiectarea radiatorului este de calcul al rezistenței termice și a ne asigura că valoarea totală a acesteia este menținută la minim posibil. Numai după ce aceasta a fost determinată, poate fi prezisă temperatura reală a joncțiunii tranzistorului.

Unele amplificatoare se încălzesc rapid în timp ce altele rămân stabile termic, la temperatură scăzută, în aceleași condiții. Cum este posibil ? Cum se montează tranzistorii, pe ce tip de radiator ? Multe se spun, puțini însă știu cum, întrucât, deși se aplică aceleași principii, cantitatea de căldură și dinamica termica diferă de la caz la caz.

Pe parcursul acestui mic studiu ne vom referi deseori la "aluminiu", care în realitate este aliaj de aluminiu. Alumiul pur este rar folosit, deoarece este prea moale, ușor de îndoit și este destul de dificil de găurit.

### Măsurarea rezistenței termice a radiatorului

Modul cel mai precis mod de a determina rezistența termică a unui radiator necunoscut este să-i măsurăm parametrii. Acest exercițiu este relativ simplu. Vom avea nevoie de un rezistență de încălzire cu suprafață plată de putere mai mare, un termometru de contact și o tensiune adecvata de la o sursă alimentare în curent continuu.

Este important ca radiatorul testat în condiții similare modului în care aceasta va fi folosit. Trebuie să ne asigurăm că sistemul de încălzire are un bun contact termic cu radiatorul, folosind și pasta de transfer termic.

Testul se bazează pe calculul puterii debitate de sistemul de încălzire pe radiator, calcul simplu de altfel  $P = UxI$  , măsurarea cu precizie a temperaturii mediului ambiant și cea de pe radiator.

Pentru bune determinări, se aplică o putere mai mică la sistemul de încălzire și așteptăm să se stabilizeze temperatura radiatorului la aproximativ 50-60°C în cca. 1 ora.

Se măsoară temperatura ambiantă și temperatura radiatorului, folosind de preferință același termometru. Un termometru de contact este esențial pentru radiator (folosind pasta de transfer). Determinăm diferența de temperatură (creșterea temperaturii) între mediul ambiant și radiator.

Calculăm apoi puterea de aplicată la sistemul de încălzire. Rezistența termică poate fi stabilită făcând cateva calcule foarte simple. Vom folosi în următorii termeni:

**Td** - Creșterea temperaturii

**Ta** - Temperatura mediului ambiant

**Tr** - Temperatura radiatorului

**Ui** - Tensiunea la încălzire

**Ii** - Curentul de încălzire

**Pr** - Puterea disipată pe radiator

**Rt** - Rezistența termică (în °C/W)

Să luăm un exemplu simplu de calcul:

Dacă temperatura stabilizată a radiatorului este de 60°C iar temperatura mediului este de 21°C, diferența de temperatură:

$$T_d = T_r - T_a = 60^\circ - 21^\circ = 39^\circ\text{C}$$

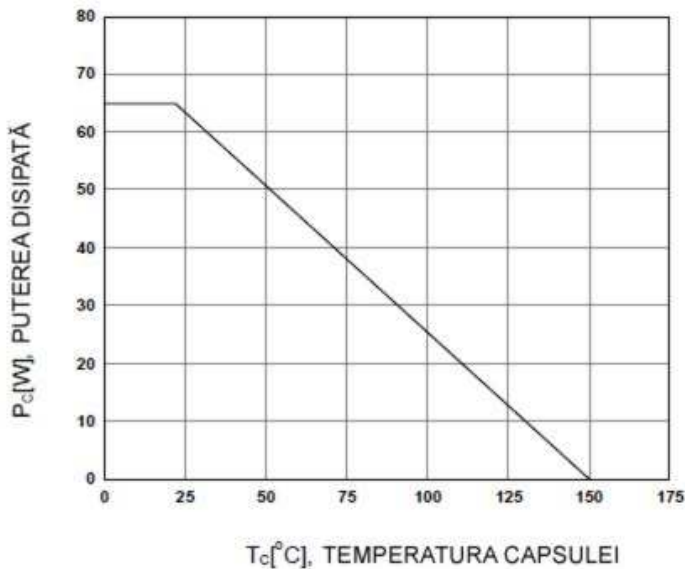
Puterea consumată pentru încălzirea radiatorului va fi:

$$P_r = U_i \times I_i = 24\text{V} \times 2\text{A} = 48\text{W}$$

Rezistența termică va fi calculată:

$$R_t = T_d / P_r = 39 / 48 = 0.8125^\circ\text{C/W}$$

Acest experiment este necesar pentru o bună înțelegere a fenomenului de transfer termic, necesită puțin timp însă după câteva determinări vom putea aprecia vizual rapid tipul de radiator necesar diverselor proiecte, datele din catalogul producătorului completând rapid informațiile necesare pentru un calcul exact.



### Reducerea puterii nominale cu temperatura

#### Studii de caz

Un element foarte important în transferul termic se bazează pe planeitatea suprafeței și pe distribuția presiunii capsulei pe radiator.

#### Rezistența termică Juncțiune - Capsulă

O zona în care chiar nu putem interveni, chiar dacă este un parametru extrem de important de care s-a îngrijit chiar proiectantul și fabricantul dispozitivului.

În foile de catalog (datasheet), parametrii sunt măsurati la temperatura de 25°C. Sunt descriși parametrii în grafice pe zone de temperatură până la max. 150-170°C și se observă cum performanțele acestuia descresc odată cu creșterea temperaturii.

Să luăm un exemplu pentru tranzistorul **IRFZ44**

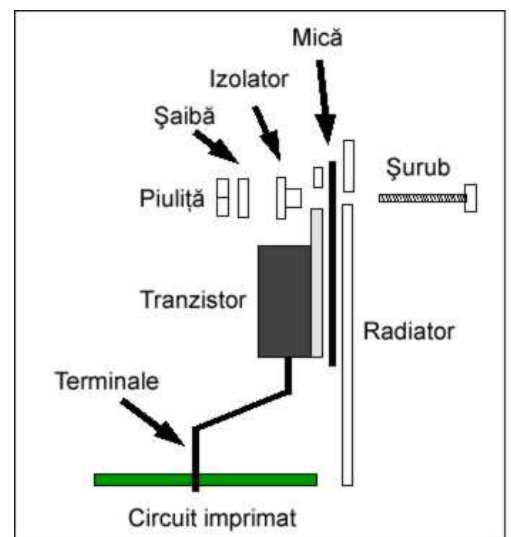
Rezistența termică joncțiune-capsulă  $R_{th\ j-mb}$  este 1,6 °C/W

În grafic observăm că puterea disipată la 25°C este de 100W, la 100°C este de 50W, la 150°C este de numai 10W și 0W la 175°C

Dorim să calculăm creșterea temperaturii în acest caz, capsulă fără radiator:

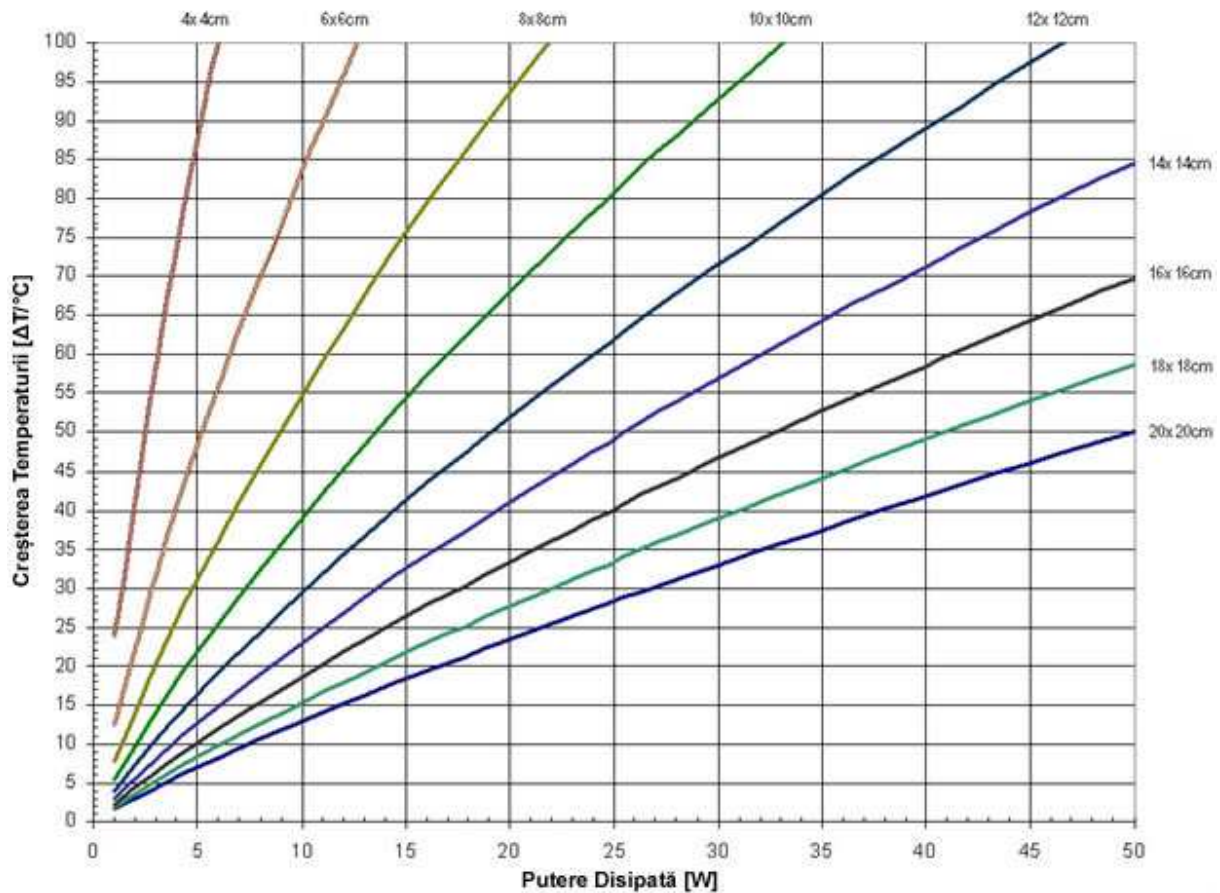
$$R_{th} \times P = 1.6 \times 110 = 176^\circ\text{C}$$

În mod real, temperatura joncțiunii este mai mare decât a capsulei iar în cazul în



care creșterea temperaturii joncțiunii este de  $176^{\circ}\text{C}$  peste cea ambiantă ( $25^{\circ}\text{C}$ ), în final vom avea :  
 $176 + 25 = 201^{\circ}\text{C}$ .

Din datele de catalog observăm că temperatura max. a joncțiunii (amplificare 0) este  $175^{\circ}\text{C}$ , peste care dispozitivul se distruge. Ca atare, pentru a menține funcționarea tranzistorului la parametrii cât mai buni, va trebui să menținem temperatura capsulei la temperaturi cât mai scăzute.



#### un caz de creștere a temperaturii cu puterea disipată pentru diverse suprafețe ale radiatorului la IRFZ44

Temperatura maxim admisibilă nu ar trebui să fie depășită, componentele având o durată de funcționare mult mai mică dacă sunt supraîncălzite. Scopul acestui exercițiu este de a determina dimensiunea radiatorului necesar pentru a ne asigura că valorile parametrilor cu temperatura nu sunt depășite.

Rezistența termică joncțiune-capsulă variază foarte mult, rareori va fi mai mică de  $0,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$ , funcție de producător, tip capsulă și tip dispozitiv. Câteva exemple:

IRF540 MOSFET	$1.0^{\circ}\text{C}/\text{W}$
MJL21193/4 BJT	$0.7^{\circ}\text{C}/\text{W}$
MJE3055/2955 BJT	$1.67^{\circ}\text{C}/\text{W}$

Trebuie știut că tensiunea bază-emitor la tranzistori scade la  $2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  și crește exponențial curentul de scurgere (curentul rezidual se dublează pentru fiecare creștere a temperaturii de  $8 - 10^{\circ}\text{C}$ ). Încă două motive menținerea temperaturii de funcționare la valori scăzute.

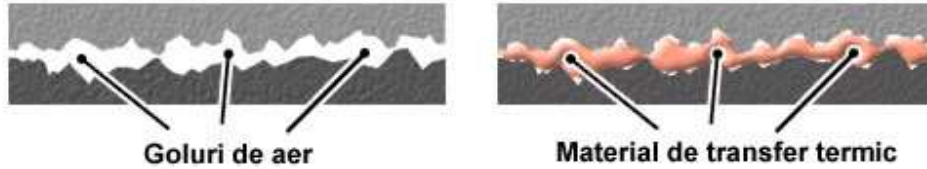
#### Rezistența termică Capsulă-Radiator

În marea majoritate a cazurilor, capsula este montată pe radiator printr-un izolator electric (mică, cauciuc siliconic, ...), caz în care rezistența termică crește întrucât nu există un material cu proprietăți de transfer termic și izolare electrică ideale. Pentru a folosi integral suprafața de transfer între capsulă și radiator se aplică pastă siliconică pe ambele fețe ale izolatorului în scopul micșorării rezistenței termice. Un rol important este eliminarea bulelor de aer dintre cele două suprafețe, aerul având un rol nefast, de izolator termic. Așadar presarea uniformă a capsulei pe radiator, fără a distruge însă izolația, este o măsură în plus de prevedere.

Izolatorul cu mică, cel mai recomandat datorită calităților electrice, duritate și posibilității de obținere a unor grosimi mici (0,05mm).

În cazul utilizării unor perechi de tranzistoare, este realmente necesar ca acestea să fie montate în mod identic astfel încât transferul termic să se facă egal pentru fiecare, parametri funcționali să varieze egal cu temperatura.

Cauciucul siliconic este folosit numai în cazul în care nu se folosesc puteri mari iar componentele nu se cuplează perechi, în punte.



Desenul arată suprafața tranzistorului și a radiatorului (folie de mică) la nivel microscopic. Acesta este motivul pentru care rezistența termică este atât de mare dacă nu folosim pasta de transfer termic.

În unele cazuri, situația este mai rea, cum mulți au putut observa unele capsule, mai ales cele TO-220, care arată nefinisată, ca și cum ar fi fost prelucrate cu ferăstrăul și a cărei suprafață de montaj necesită o șlefuire și lustruire prealabilă. După montarea capsulei pe radiator nu ar trebui să se vadă nici o lumină între cele două suprafețe.

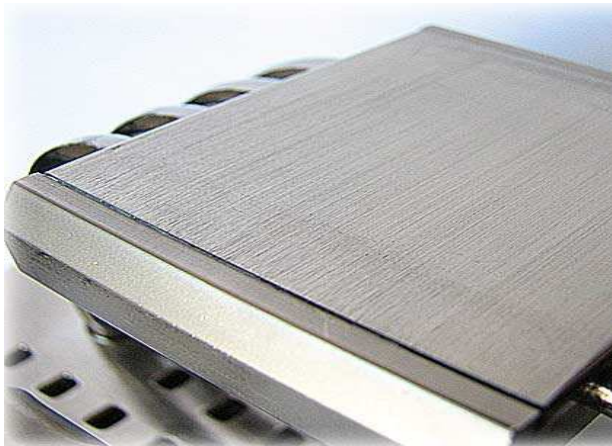
#### **Pasta de transfer termic**

O mare greșeală este să ne închipuim că dacă pasta de transfer termic este bună ar însemna că dacă punem mai multă pastă se realizează un transfer termic mai bun. Greșit.

Cantitatea optimă de compus termic este acea cantitate care unește continuu suprafețele componentă-radiator, fără bule de aer.

O grosime prea mare încetinește transferul termic întrucât orice izolator electric este, de asemenea, un izolator termic, astfel încât cu cât compozitul de izolare este mai subțire, cu atât transferul este mai bun.

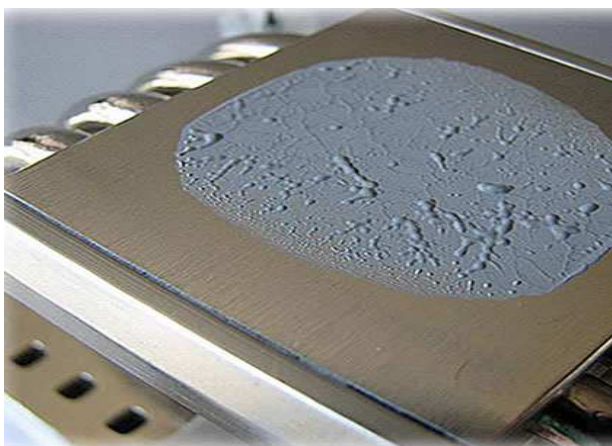
Aplicarea pastei se face cu presiune moderată pe suprafața radiatorului, continuu, fără insule, astfel:



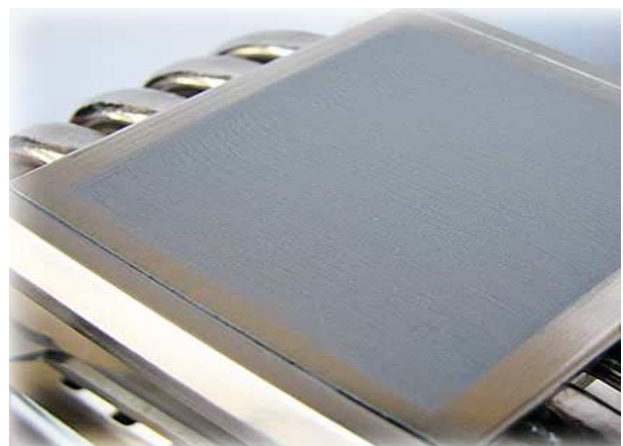
Faza 1 – Se curăță suprafața



Faza 2 – Se finisează suprafața și se aplică pasta



Faza 3 – Se distribuie cantitatea pe suprafață



Faza 4 – Se întinde în strat uniform pe suprafață

## Mica

Ce este Mica? Mica este un material transparent ce poate fi împărțită folii foarte subțiri pe clivajul său . Electric, are o combinație unică de rezistență dielectrică ridicată, rezistență mecanică, pierderi uniforme în dielectric, capacitate dielectrică scăzută și proprietăți extrem de bune de izolare. Mica este rezistentă la umezeală și are o conductivitate termica scazuta. Nu arde și poate fi expusă la temperaturi ridicate (de peste 700 ° C), fără nici un efect notabil.

Grosimea trebuie să fie de ordinul 0,025 la 0,05 mm pentru utilizare normală, dar veți găsi, probabil, că până la 0,1 mm este acceptabil. Este posibil sa obținem prin separare o dimensiune mult mai subțire care scade însă rezistența termică, dar este prea fragilă și ușor de deteriorat. Rigiditatea dielectrică la mică face ca aceasta să reziste la 1000 - 1.500V la aproximativ 25 microni grosime, fără strapungere prin arc electric.

## Inerția termica

Deoarece orice radiator are o anumită masă, el va avea, de asemenea, inerție termică, adică este nevoie de timp pentru încălzirea corpului radiatorului. Cu cât masa radiatorului este mai mare, cu atât va dura mai mult până se va încălzi. Acest lucru înseamnă că, dacă radiatorul este suficient de mare pentru răcire, îi vom observa eficiența numai după o perioadă mai lungă de timp, când temperatura se va echilibra. Ventilatorul de răcire este aproape obligatoriu în uz industrial/profesional, la un nivel ridicat de putere continuă.

Extrapolând, chiar dacă am avea un bloc infinit de mare de aluminiu, în cazul în care baza de montare nu este suficient de groasă, elementele de transfer ale surselor de căldură precum tranzistori, IGBT, tiristori, ... sau alte de montare sunt neglijate, acestea vor avea rezistență termică semnificativă iar capsulele dispozitivelor se vor supraîncălzi. Așadar trebuie să analizăm toate rezistențele termice din circuit, nu doar radiatorul în sine.

**heatsink.zip** (arhivă ZIP) – Program calculator in Excel ce permite determinarea rapidă a transferului termic al unui radiator în funcție de dimensiune, aripioare și bază. Dimensiunile radiatorului pot fi în inch sau milimetri, iar rezistența termică totală a radiatorului este în grade °C/W. Foaia de calcul este arhivată pentru a reduce timpul de descărcare.

## Bibliografie:

1. General Electric Transistor Manual – Catalog de tranzistoare General Electric
2. National Semiconductor Voltage Regulator Handbook - Regulatele de tensiune National Semiconductor
3. Jaycar Electronics Engineering Catalogue - Catalogul de Inginerie Electronică Jaycar,
4. Farnell Components Catalogue – Catalogul de componente Farnell
5. <http://sound.westhost.com/heatsink.zip>
6. <http://www.powerguru.org/thermal-modeling-of-power-module-cooling-systems/>

## Data Notes