

Capitolul 2.2

Regimul termic al componentelor electronice pasive

Ciprian Ionescu

**Conferențiar la Catedra Tehnologie Electronică și Fiabilitate,
Fac. Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
Universitatea Politehnica din București**



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

De ce

MANAGEMENT TERMIC?



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



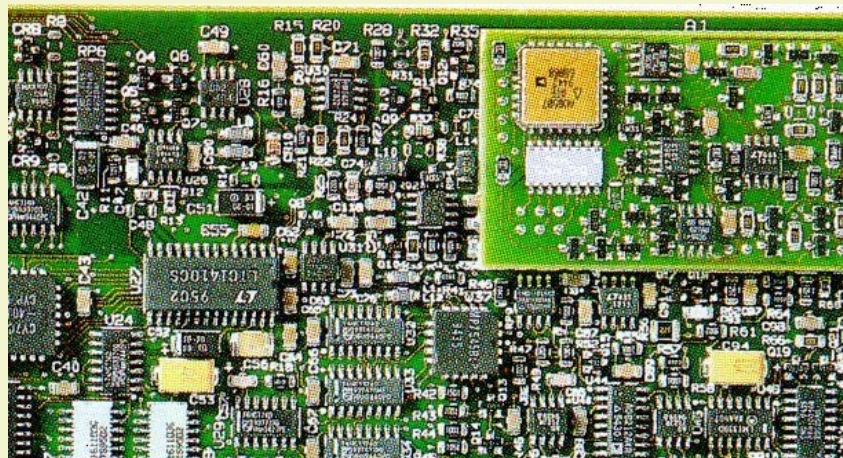
INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

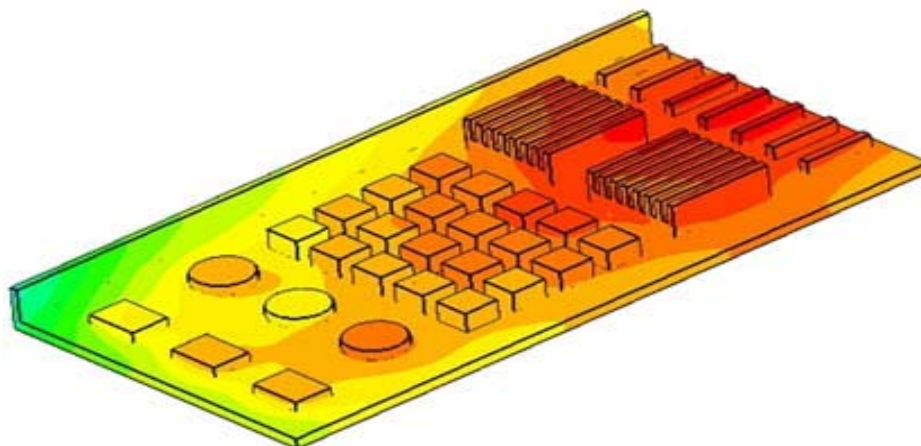
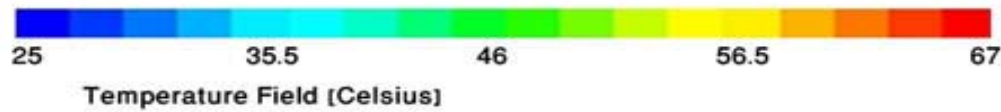
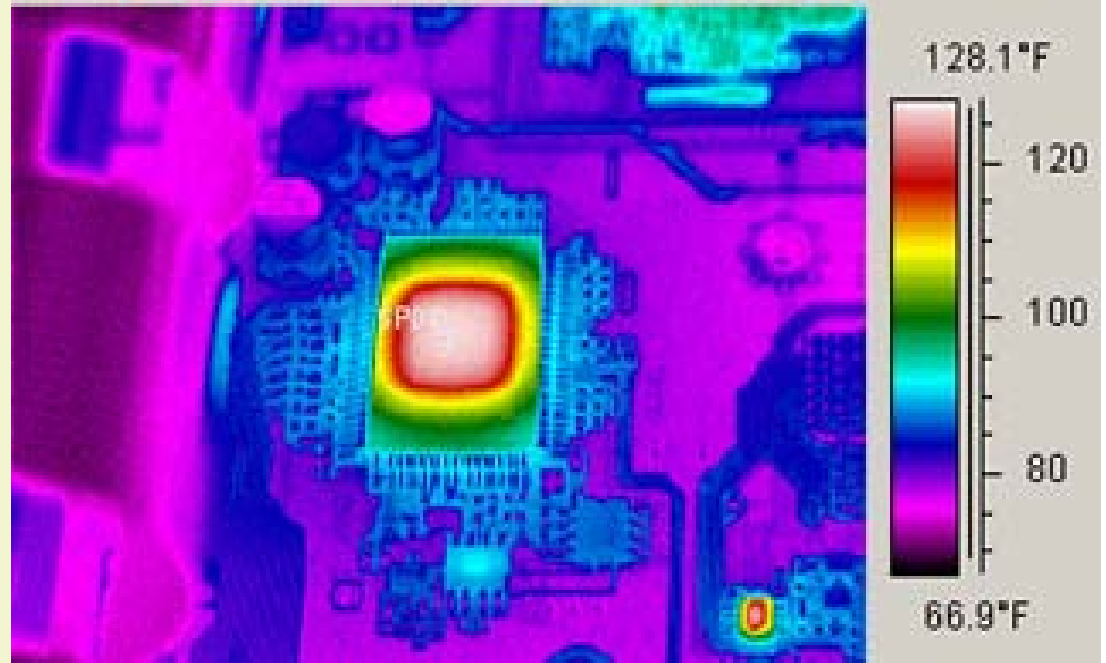
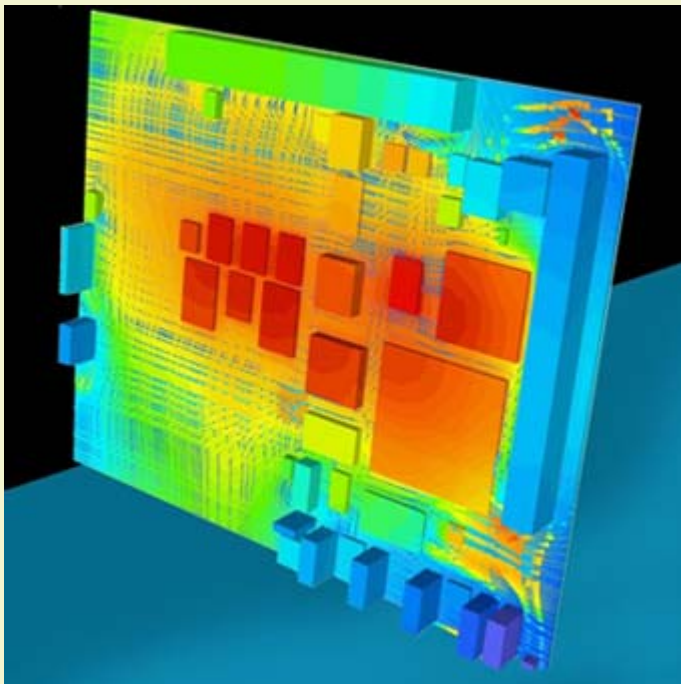
Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

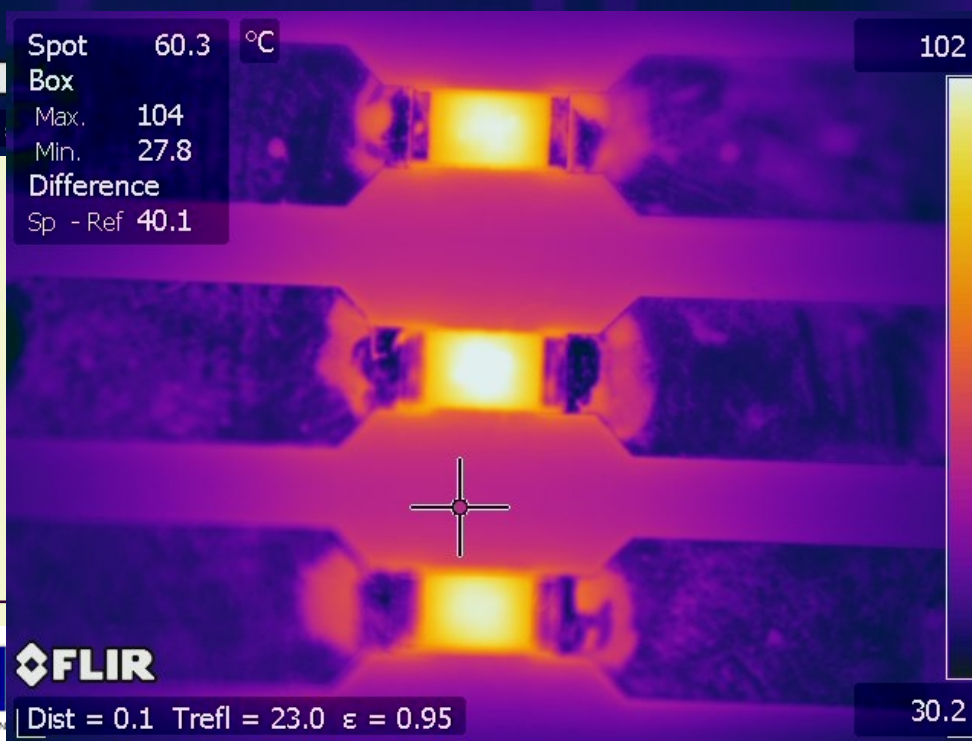
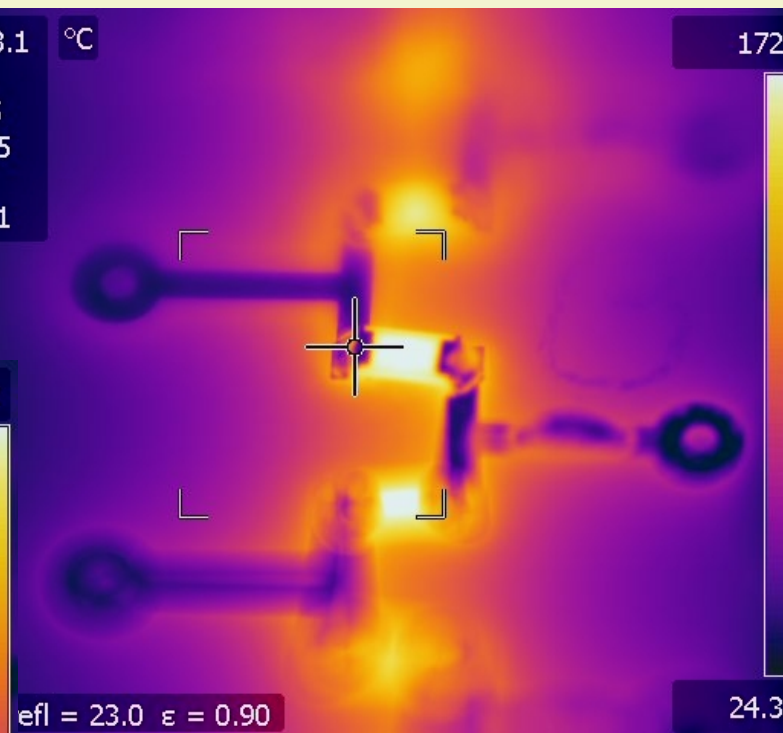
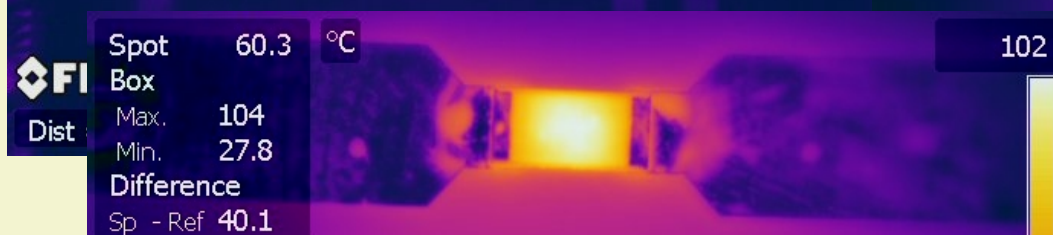
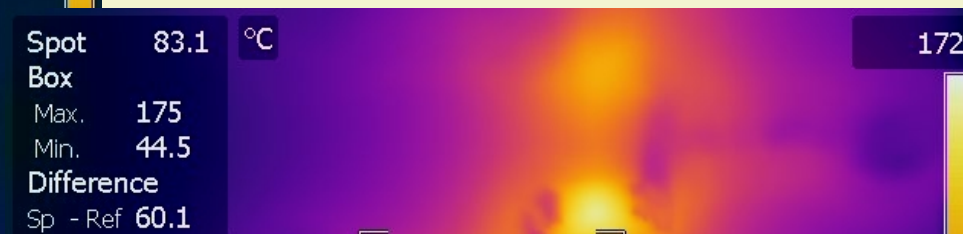
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Motivație



Continua scădere a dimensiunilor circuitelor electronice face ca **densitatea componentelor ce alcătuiesc circuitele să crească**. S-a contribuit în acest fel la creșterea disipației de putere. În același timp actuala tendință de funcționare la nivele scăzute de tensiune determină chiar și în cazul menținerii constante a nivelului de putere a respectivului circuit, **utilizarea de curenți de amplitudine mai mare** ceea ce conduce la **creșterea disipației de putere**.





FLIR

ELAN

eprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Se impune găsirea modalității de evacuare a căldurii ce este generată ca urmare a funcționării modulelor electronice.

**De ce se încălzesc
componentele electronice
în funcționare??**



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Unele aspecte privind transmisia căldurii!



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Componentele electronice lucrează cu disipație de putere. Aceasta înseamnă că o *parte a energiei electrice* transferate componentei *este transformată în căldură*.

Solicitarea termică maximă admisă pentru o componentă, uneori numită și **încărcarea termică maximă**, este dependentă de următoarele mărimi:

- cantitatea de căldură Q produsă de energia electrică ce i s-a transferat;
- temperatura maximă T_M la care este *admis* să ajungă componenta în timpul funcționării;
- temperatura ambiantă T_a ;

transmisia căldurii de la componentă în mediu ambiant.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Inovare și Creștere în România

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Cantitatea de căldură Q produsă de energia electrică transferată componenteii este, în regim termic staționar, în echilibru cu cantitatea de căldură transmisă mediului ambiant.

Nivelul de echilibru este stabilit de temperatură. Aceasta nu poate depăși temperatura maximă admisibilă a respectivei componente electronice.

Căldura produsă în urma disipației într-o componentă electronică este *parțial înmagazinată (acumulată)* sub formă de căldură în componentă și parțial cedată de către componentă mediului ambiant.

Acumularea de căldură

Corespunzător preluării căldurii, acumulării acesteia, se știe din fizică care este expresia căldurii Q_a ce se poate înmagazina într-un corp de masă m și căldura specifică c , atunci când este încălzit de la temperatura T_a la temperatura T_{CM} :

$$Q_a = \int_{T_a}^{T_{CM}} m c dt = m c (T_{CM} - T_a) = m c \Delta T$$

$$Q_a = C_{th} \Delta T$$

unde $C_{th} = mc$ este capacitatea termică a corpului iar $\Delta T = T_{CM} - T_a$ este variația temperaturii, (supracreșterea temperaturii componente).

!!!! Caldura specifica reprezinta cantitatea de caldura necesară unității de masă(kg.)dintr-un corp pentru a-si modifica temperatura cu un grad.

Caldura specifică se notează cu "c"!!!!



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOS DRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică

Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Material	C [J/g×K]	Observații
	g/cm ³	
aluminiu	0,896	
argint	0,129	
cupru	0,383	
staniu	0,226	
grafit	0,841	
alumină (Al ₂ O ₃)	0,92	suport pt. componente
nitrură de aluminiu AlN	3.30	suport pt. componente
sticlă	0,69-0,93	suport pt. componente
ceramică	0,42-0,65	suport pt. componente
siliciu	0,234	suport
glazură	0,6-0,8	protecție
cimenturi	0,87-1,04	protecție

➤ transmisia căldurii de la componentă în mediu ambiant.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



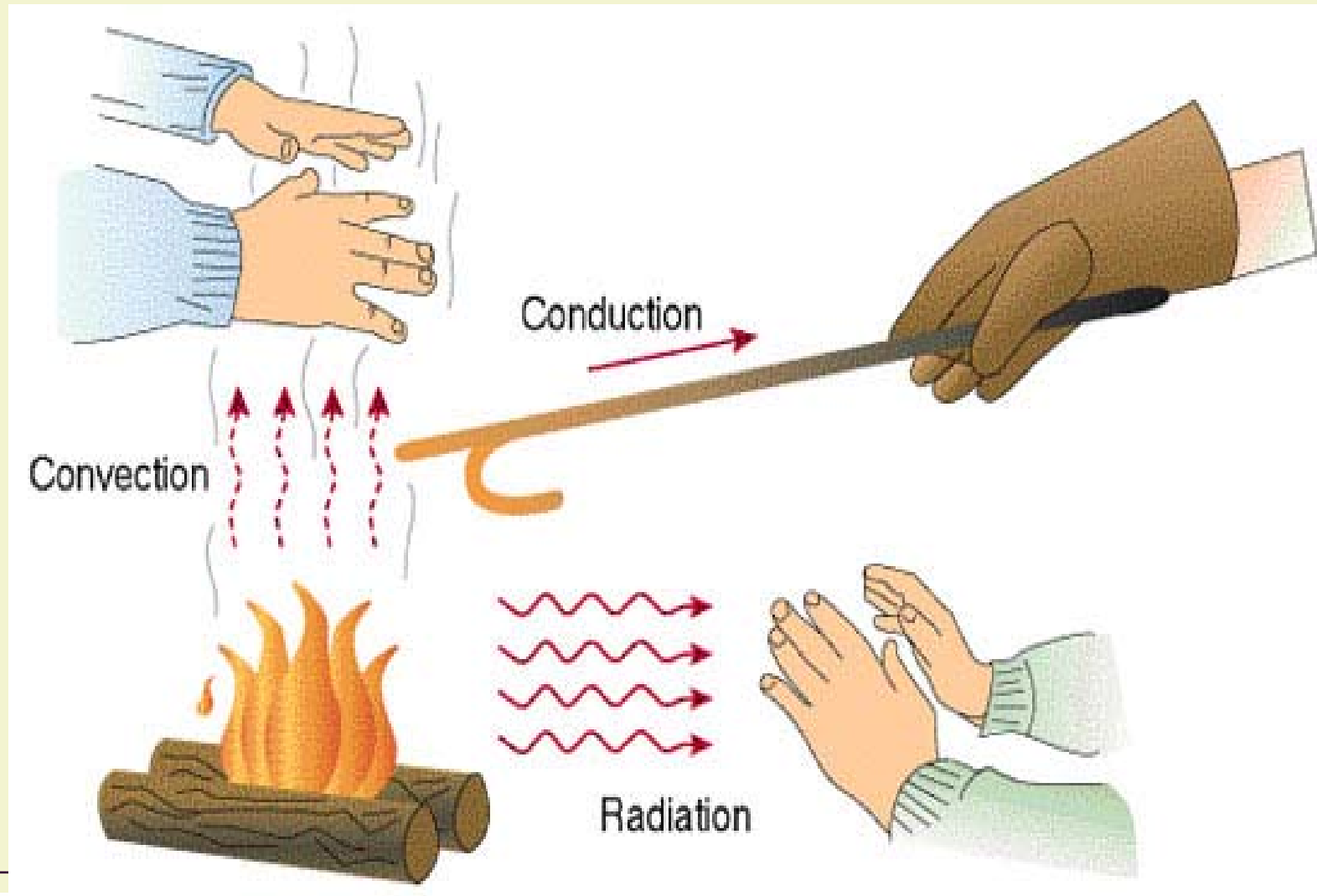
INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Metode de transmisie a căldurii



➤ **transmisia căldurii de la componentă
în mediu ambiant.**

- **conducție**
- **convecție**
- **radiație**



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

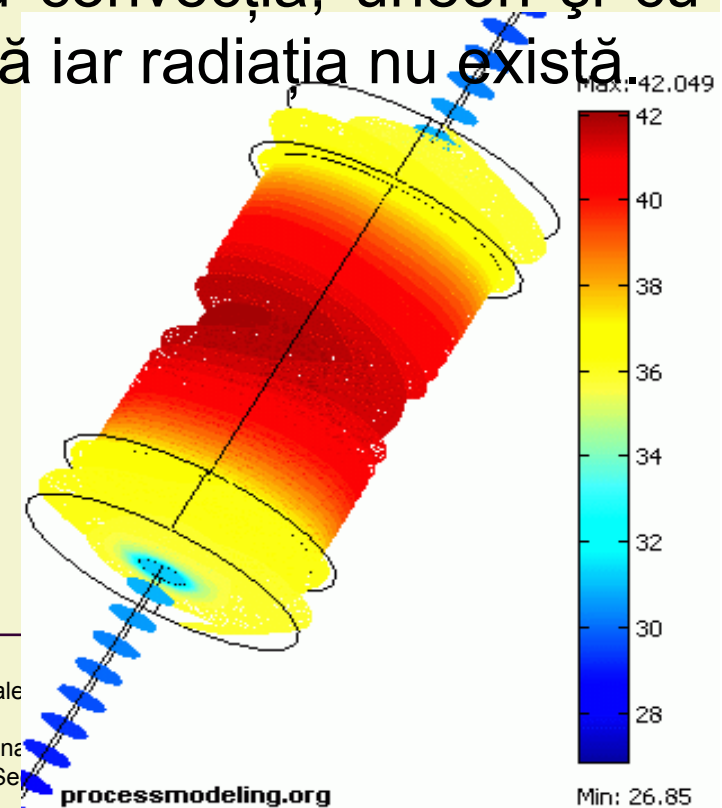
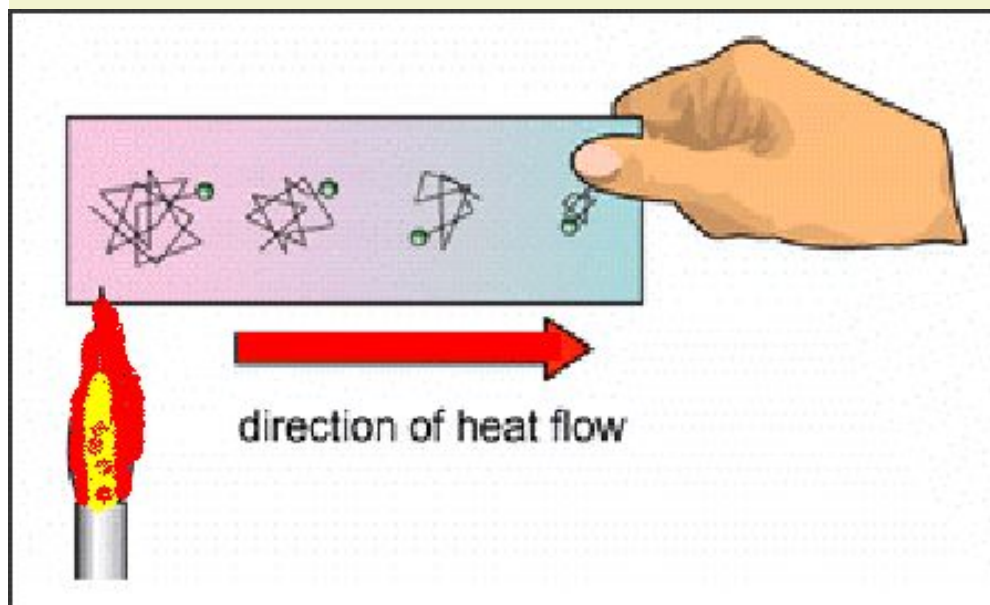
ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013”

Conducția termică

Conducția termică este un mod de transmisie a căldurii din aproape în aproape, de la microparticulă la microparticulă, datorat **agitației termice** însoțită de ciocniri și schimb de energie, în care nu sunt implicate mișcări ordonate ale substanței. Conducția termică există în orice substanță, indiferent de starea de agregare: în fluide conducția coexistă cu convecția, uneori și cu radiația, în solide convecția este neglijabilă iar radiația nu există.



Conducția căldurii este dependentă de tipul materialului. Ea poate avea loc numai în cazul existenței unui gradient de temperatură. Cantitatea de căldură transmisă în unitatea de timp dQ / dt prin conducție se poate aproxima prin:

$$\frac{dQ}{dt} = P_{thc} = \lambda_{th} \frac{A}{l} \Delta T = \frac{\Delta T}{R_{thc}}$$

unde: λ_{th} este conductivitatea termică a materialului;

- A, l dimensiunile materialului omogen de secțiune A și lungime l ;

- $\Delta T = T_1 - T_2$ diferența de temperatură dintre secțiunile corpului aflate la o distanță l

$$R_{thc} = \frac{l}{\lambda_{th} A}, \text{este rezistența termică de conducție.}$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

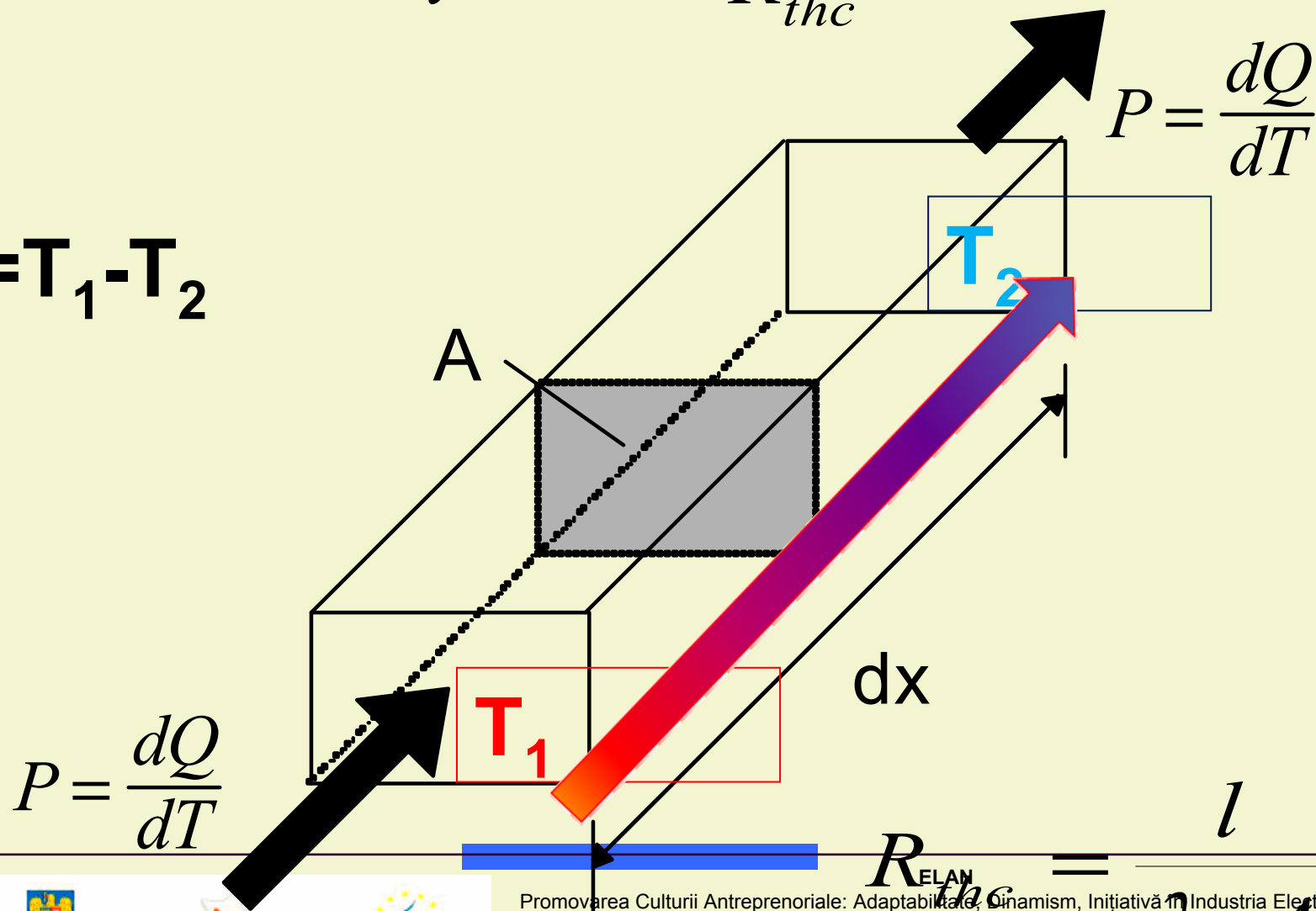
ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

$$\frac{dQ}{dt} = P_{thc} = \lambda_{th} \frac{A}{l} \Delta T = \frac{\Delta T}{R_{thc}}$$

$$\Delta T = T_1 - T_2$$



Materialul		$\lambda_{th} \left[\frac{J}{msK} \right] \text{ sau } \left[\frac{W}{mK} \right]$
argint		410
cupru		380
aluminiu		210
nitrură de aluminiu (AlN)		170
alumină (Al ₂ O ₃)		25
sticlă		0,8
aer uscat	20 °C	0,0257
	60 °C	0,0285
apă	20 °C	0,60
	60 °C	0,65
ulei mineral		0,12

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013

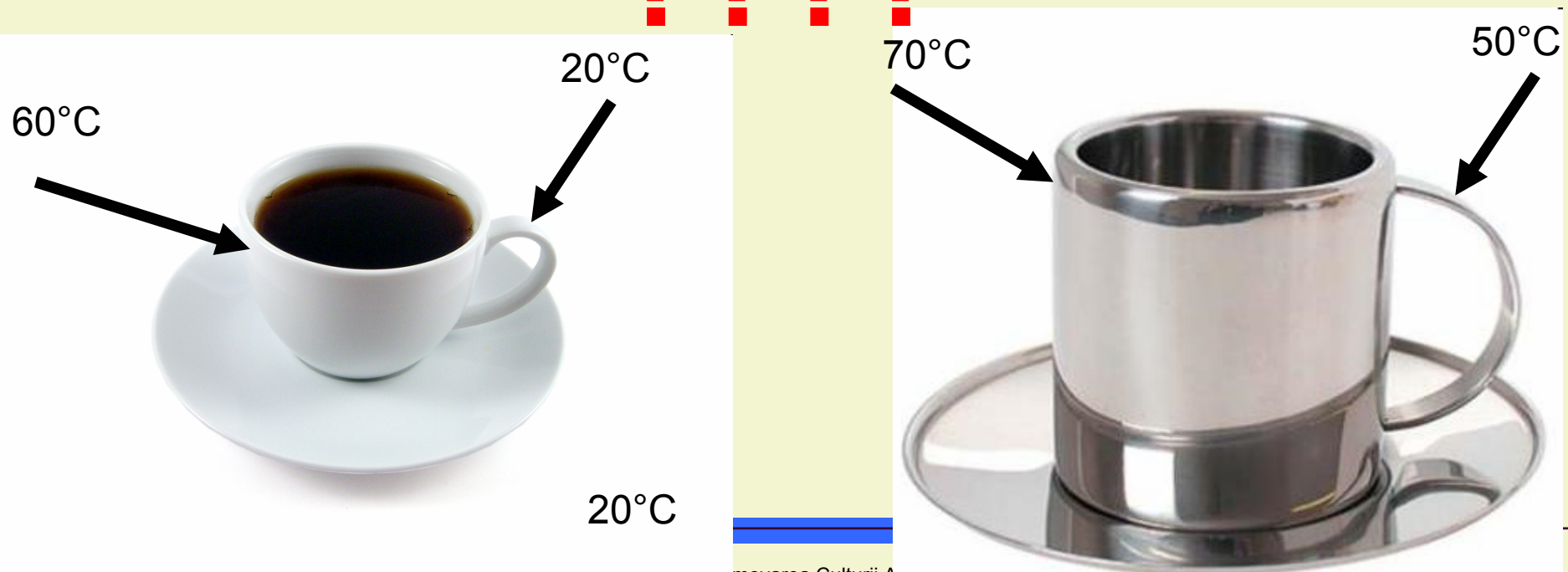


INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Conducția termică

Conductivitatea termică este mărimea fizică prin care se caracterizează capacitatea unui material de a transmite căldura. C atunci când este supus unei diferențe de temperatură.

????



Convecția termică

Convecția termică, este un mecanism de transmisie a căldurii caracteristic fluidelor care presupune deplasare ordonată de material. Straturile de fluid în contact cu o suprafață caldă se încălzesc prin conducție și, prin deplasare, transportă căldura în tot fluidul; în același timp, noi cantități de fluid rece iau locul celor calde.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

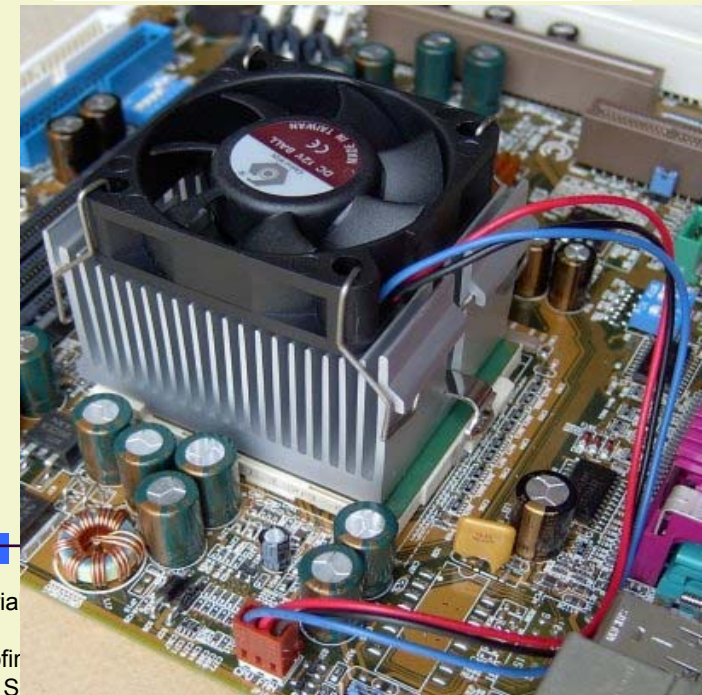
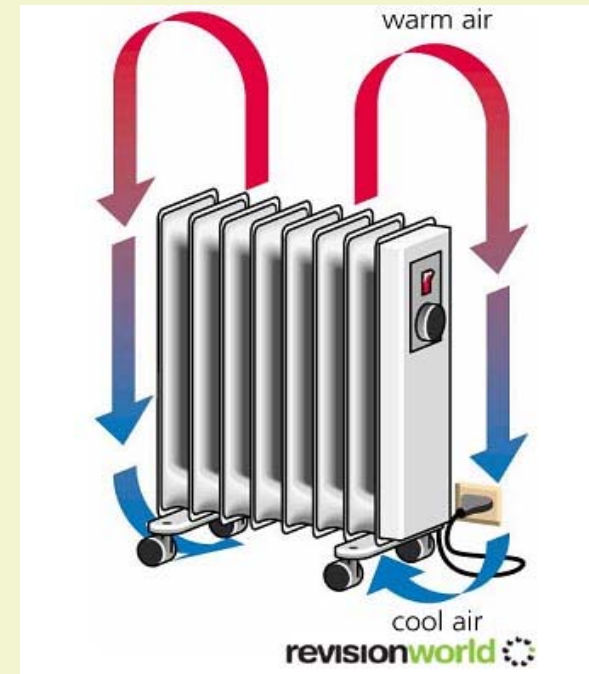
ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Convecția poate fi:

- liberă, când mișcarea fluidului se datorează diferenței de densitate fluid cald – fluid rece;
- forțată, când fluidul este deplasat cu mijloace mecanice (ventilatoare).



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



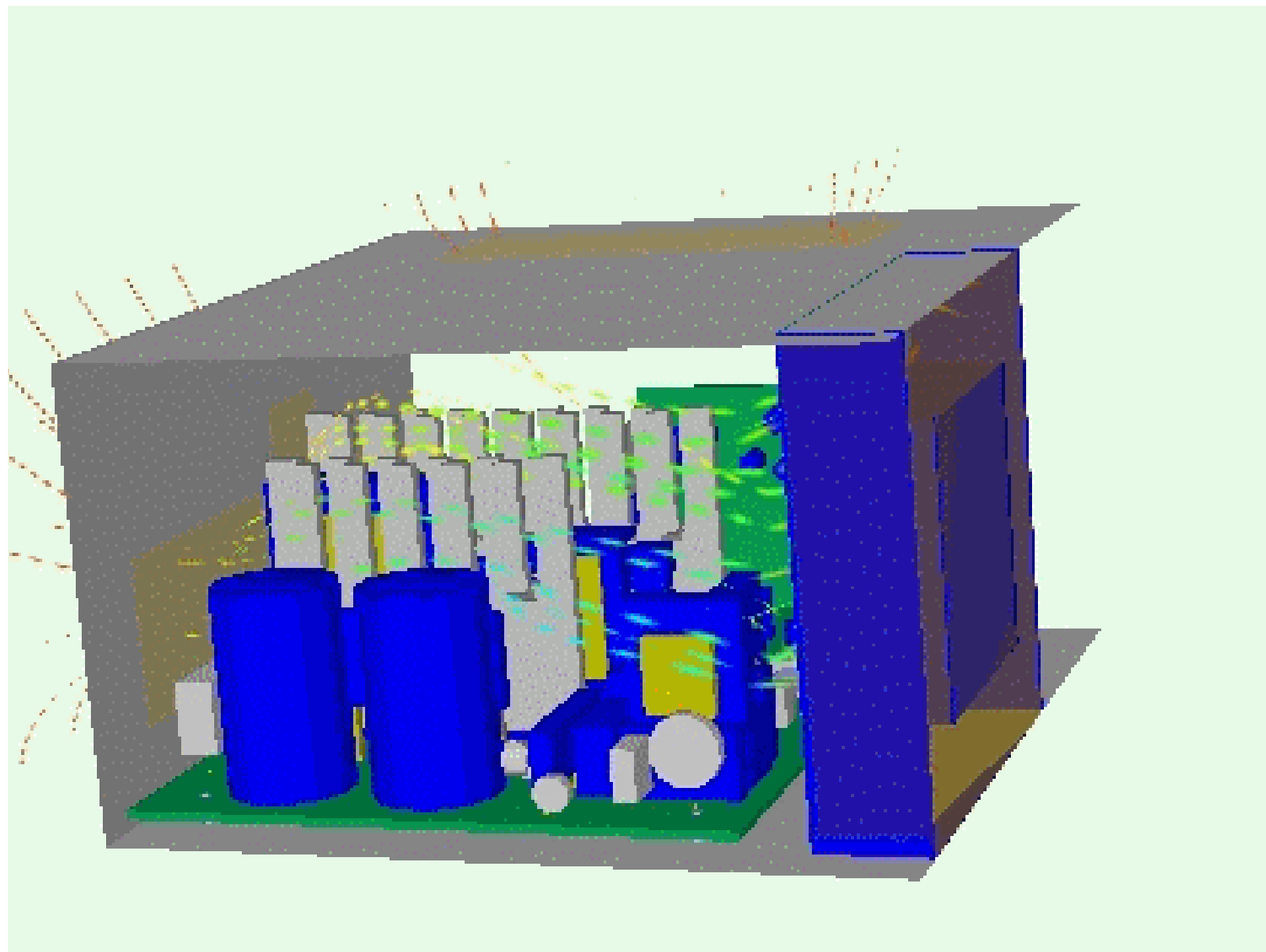
FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013

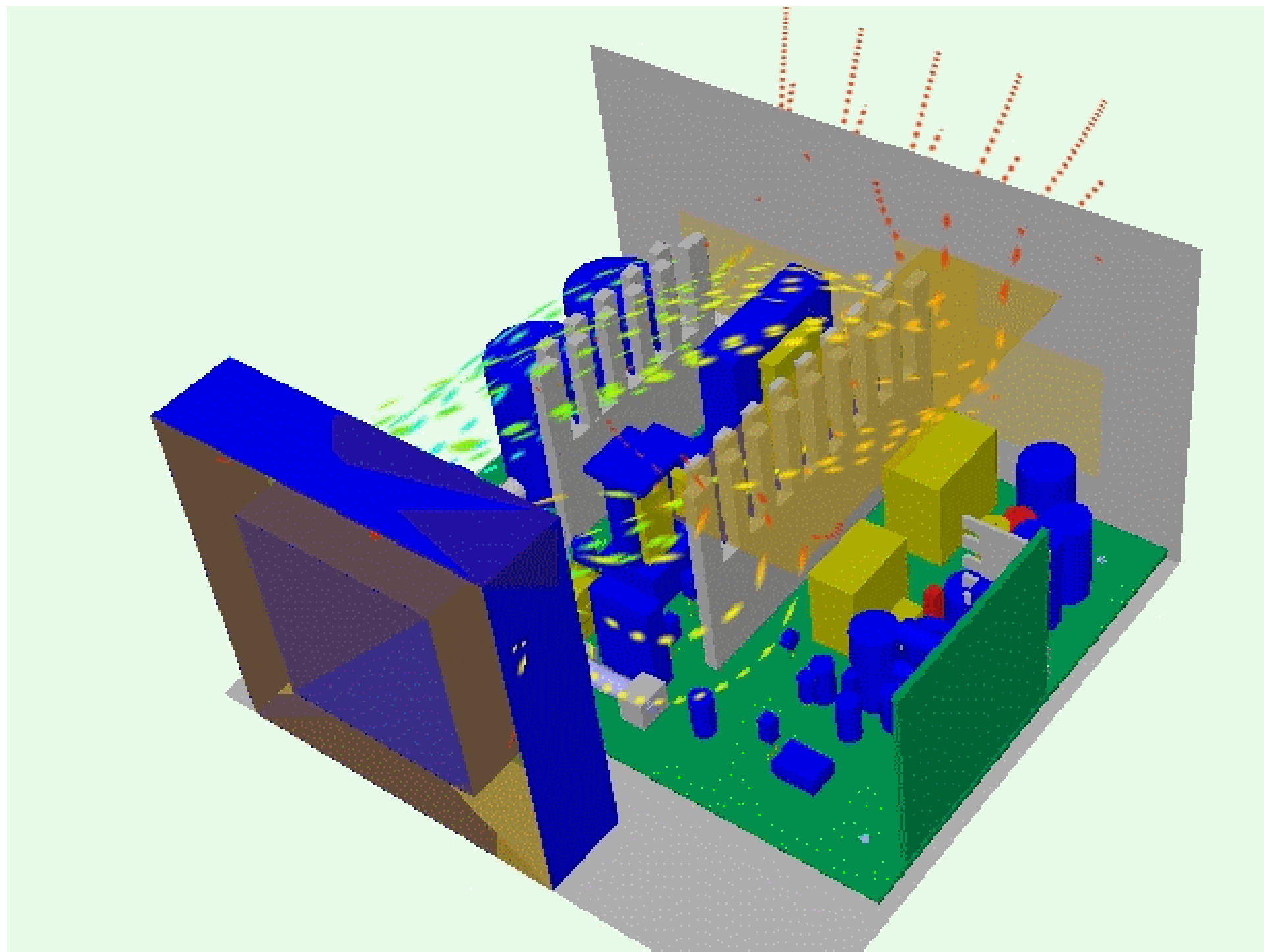


INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Promovarea Culturii Antreprenoria

Proiect cofin
Programul Operațional S





Convecția căldurii

este mecanismul de cedare a căldurii prin transferul de energie moleculelor unui fluid (aer, apă, ulei) care intră în contact cu respectivul corp. Cantitatea de căldură cedată de un corp prin convecție, în unitatea de timp, are expresia:

$$\frac{dQ}{dt} = P_{thc} = \alpha_{cv} A_{cv} (T_C - T_a) = D \Delta T = \frac{\Delta T}{R_{thcv}}$$

unde: α_{cv} este coeficientul de convecție;

A_{cv} este suprafața de convecție, fiind egală cu suprafața totală laterală a componentei care vine în contact cu fluidul;

T_c , respectiv T_a este temperatura corpului componentei, respectiv temperatura mediului ambiant (a fluidului);

$D = \alpha_{cv} A_{cv}$, este factorul de disipare termică;

$R_{thcv} = 1/D$ este rezistența termică de convecție

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale. Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică

Investește în oameni !

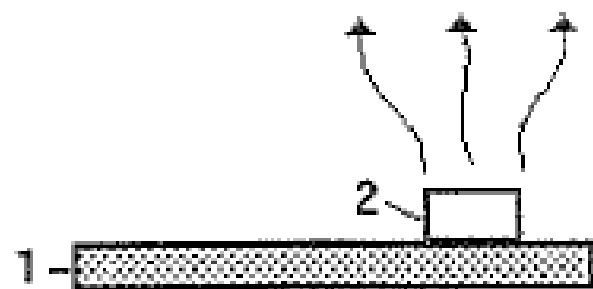
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Coeficientul de schimb superficial depinde de mulți factori (cu cât α_c este mai mare, transmisia căldurii prin convecție este mai eficientă), printre care:

- natura fluidului - α_c este mult mai mare la lichide decât la gaze;
- viteza fluidului - cu cât viteza este mai mare, α_c este mai mare ($\alpha_c \sim \sqrt{v_{fluid}}$) din acest motiv, convecția forțată este mult mai eficientă decât convecția liberă;
- poziția și geometria suprafeței: α_c este mai mare pentru suprafețe verticale decât pentru cele orizontale, α_c este mai mare pentru suprafețe plane decât pentru cele cilindrice;
- diferența de temperatură perete-fluid:
$$\alpha_c \approx (T_1 - T_2)^{1/4};$$
- felul curgerii fluidului – α_c este mai mare în cazul curgerii turbulente (cu „vârtejuri”) decât în al curgerii laminare; prezența nervurilor, șicanelor etc. favorizează turbulența și măresc α_c .

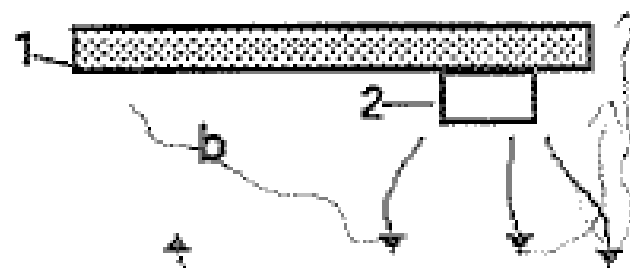
Enumerarea aceasta arată asupra căror factori și în ce mod trebuie acționat pentru
marirea competitivității și creșterea productivității economice, prin intermediul
inovării, culturii, antreprenoriatului, educației, științei, energiei, industriei, mediului
Investește în oameni !
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013”

Relații de calcul pentru coeficientul de convecție, în funcție de dispunerea în spațiu a componentei



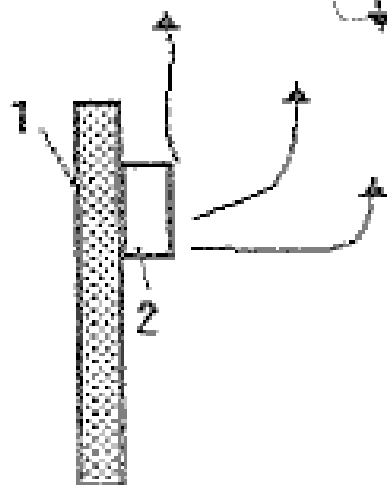
a

$$\alpha = 2,5 \cdot (\Delta T)^{1/4} \quad [\text{W/m}^2 \text{K}]$$



b

$$\alpha = 1,3 \cdot (\Delta T)^{1/4} \quad [\text{W/m}^2 \text{K}]$$

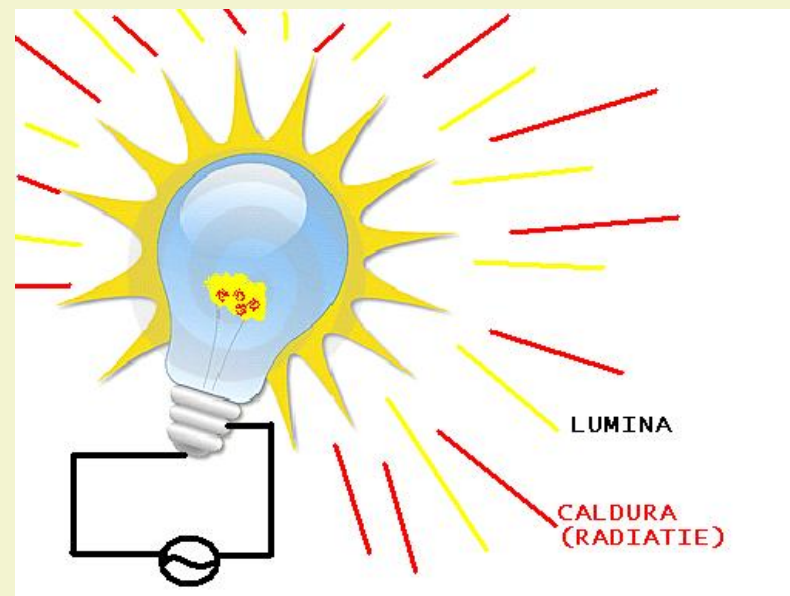


c

$$\alpha = 4,2 \cdot (\Delta T)^{1/4} \quad [\text{W/m}^2 \text{K}]$$

ε •Radiația termică

Spontan sau prin procese de interacțiune, atomii, moleculele și electronii liberi ai unui corp cald pot pierde o parte din energia lor cinetică prin emisie de radiații electromagnetice (exemplu - fotoni) cu lungimea de undă cuprinsă în intervalul (0,8 μm ... 1000 μm).



Puterea termică radiată pe unitatea de suprafață, de către un corp perfect negru este dată de ecuația Stefan-Boltzmann,

$$\frac{dQ}{dt} = P_{thr} = \epsilon \sigma A_r (T_c^4 - T_a^4)$$

unde: ϵ este gradul de radiație (emisivitate) prezentată de suprafață

$$\sigma = 5,6697 \cdot 10^{-8}$$

Wm⁻²K⁻⁴ (constanta Stefan-Boltzmann);

T_c este temperatura corpului

T_a este temperatura ambiantă

ELAN

Proiectarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
PROIECT DE DEZVOLTARE



INSTRUMENTE STRUCTURALE
PROIECT DE DEZVOLTARE

•Radiația termică

Radiația termică, ca și cea electromagnetică, nu necesită nici un mediu material pentru propagare, reprezentând singura posibilitate de transfer termic între corpurile aflate în vid.

Spre deosebire de convecție, cedarea căldurii prin radiație poate avea loc și în vid.

În cazul componentelor electronice pasive, acestea de cele mai multe ori funcționează la temperaturi sub 100 grade Celsius. Ca atare acestea transmit o foarte mică cantitate de căldură prin radiație, preponderente fiind convecția și conducția.

În privința cantității de căldură cedată prin radiație aceasta depinde semnificativ de emisivitatea (gradului de radiație) suprafeței.

Materialul	Emisivitate /grad de radiație, ϵ_r
Aluminiu lustruit	0.039
Cu lustruit	0.03
Argint lustruit	0.02
Fier ruginit	0.61-0.85
Cupru negru oxidat	0.78
Zinc oxidat	0.23



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU

POSDRU
2007-2013

2007-2013

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

AN

tate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
în oameni !
ndul Social European prin

Plecând de la teoria circuitelor electrice este posibil ca, printr-o legătură adecvată, modulelor termice să li se pună în corespondență scheme echivalente similare circuitelor electrice. În acest sens între domeniul termic și cel electric pot

Mediul termic			Mediul electric		
Mărimea fizică	Simbol	unitate de măsură	Mărimea fizică	Simbol	Unitate de măsură
Temperatură	T	[K]	Potențial electric	V	[V]
Diferența de temperatură	T	[K]	Tensiune	U	[V]
Putere termică	P	[W]	Curent	I	[A]
Rezistența termică	R_{th}	[K/W]	Rezistență electrică	R	[Ohm]
Capacitate termică	C_{th}	[Ws/K]; [J/K]	capacitate electrică	C	[F]
Energie termică	Q	[J]	energie	E	[J]

Bilanțul energetic și variația temperaturii corpului componentelor în funcție de puterea disipată



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013

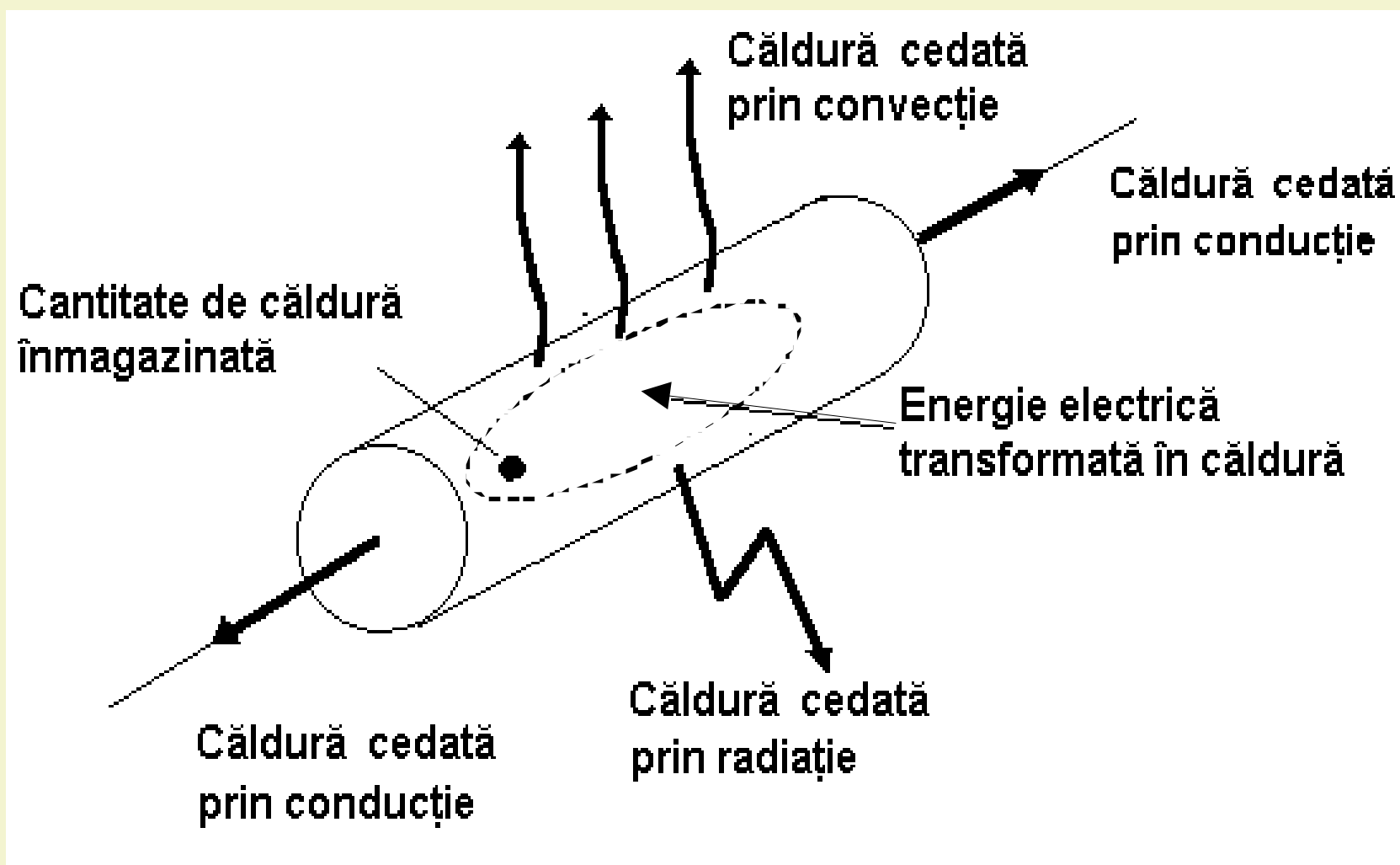


INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013



Energia electrica disipata $\rightarrow$ căldura acumulată & căldura disipată

căldura disipată $\rightarrow$ prin conducție & prin convecție & prin radiație

căldura disipată :

$\rightarrow$ prin conducție & prin convecție & prin radiație $\rightarrow$ prin convecție

$$\int_0^t u \cdot i \cdot dt = C_{th} \cdot (T - T_a) + \int_0^t D \cdot (T - T_a) \cdot dt$$

T_a se poate considera constantă în timp.

Prin diferențierea ecuației integrale rezultă:

$$u \cdot i = C_{th} \cdot \frac{dT}{dt} + D \cdot (T - T_a)$$

$$C_{th} \cdot \frac{1}{\alpha \cdot A_{cv}} = C_{th} \cdot R_{th} \rightarrow \frac{[J]}{[K]} \cdot \frac{[m^2] \cdot [K]}{[W] \cdot [m^2]} = \frac{[W] \cdot [s]}{[K]} \cdot \frac{[m^2] \cdot [K]}{[W] \cdot [m^2]} = [s]$$

Cum $C_{th} \cdot R_{th}$ are semnificația unui timp [s], fracția se notează cu τ și reprezintă constanta de timp a sistemului.

$$\tau_{th} = R_{th} C_{th}$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOS DRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Puterea electrică P dezvoltată în corpul componentei este, în regim termic staționar, egală cu puterea termică evacuată de componentă, aceasta aflându-se la o temperatură staționară T_m

$$ui = \alpha \bullet A_{cv} (T_m - T_a)$$

Cum $\alpha \bullet A_{cv}$ reprezintă factorul de disipație termică D iar inversul factorului este rezistența termică R_{th} rezultă că în regim staționar:

$$ui = (T_m - T_a) / R_{th}$$

adică

$$T_m = R_{th} \bullet P + T_a$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

$$ui = C_{th} \bullet dT / dt + (T - T_a) / R_{th}$$

$$C_{th} \bullet R_{th} dT / dt + T(t) = const$$

$$\tau \bullet dT / dt + T(t) = const$$

$$\tau dx(t) / dt + x(t) = const = z_0$$

$$x(t) = x(\infty) + [x(t_0) - x(\infty)] \exp - (t - t_0) / \tau \quad (A)$$

$$x(t) = [x(\infty) + x(t_0)](1 - \exp - (t - t_0) / \tau) + x(t_0) \quad (B)$$

CONCLUZIE:

Dacă într-un sistem tehnic sau fenomen fizic ce poate fi descris prin intermediul unei ecuații diferențiale de ordinul întâi acționează doar surse constante de impuls, expresia regimului tranzitoriu al mărimii ce se modifică urmare impulsului se poate considera ca fiind una dintre relațiile (A) sau (B) în care

$x(t_0)$ reprezintă valoarea mărimii la momentul t_0 , momentul inițial,

$x(\infty)$ reprezintă valoarea mărimii după un timp îndelungat, în regim staționar.

τ reprezintă constanta de timp a procesului tranzitoriu, a sistemului



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică

Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Referitor la durata regimului tranzitoriu, adică regimul în decursul căruia mărimea ce se modifică trece de la starea inițială la cea finală (staționară), acesta se poate determina cu aproximație stabilindu-se intervalul de timp $\Delta t = t' - t''$ în care mărimea ce variază exponențial crește de la nivelul $x(t')$ la nivelul $x(t'')$ în concordanță cu (A) rezultă:

$$x(t') = x(\infty) + [x(t_0) - x(\infty)] \exp - (t' - t_0) / \tau$$

De unde

$$t' = t_0 + \tau \ln [x(\infty) - x(t_0)] / [x(\infty) - x(t')]$$

Și în mod analog

$$x(t') = x(\infty) + [x(t_0) - x(\infty)] \exp - (t' - t_0) / \tau$$

De unde

$$t'' = t_0 + \tau \ln [x(\infty) - x(t_0)] / [x(\infty) - x(t'')]$$

Prin urmare

$$\Delta t = t' - t'' = \tau \ln \{ [x(\infty) - x(t')] / [x(\infty) - x(t'')] \} \quad (C)$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Pentru cazul în care sunt luate drept referință pentru

-valoarea inițială, o valoare ce reprezintă 5% din valoarea finală, valoare pe care mărimea fizică o atinge la timpul t' și

- valoarea finală, o valoare ce reprezintă 95% din valoarea finală, valoare pe care mărimea fizică o atinge la timpul t'' rezultă

$$x(t') = x(\infty) + 0.05 \exp-(t'-t_0)/\tau \quad \text{și}$$

$$x(t'') = x(\infty) + 0.95 \exp-(t''-t_0)/\tau$$

În concordanță cu (C) se obține durata aproximativă Δt a regimului tranzitoriu

$$\Delta t = \tau \ln 0.95 / 0.05 \approx 3\tau$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Dacă se are în vedere ecuația bilanțului energetic

$$\tau \bullet dT / dt + T(t) = const$$

Și se ține cont de expresiile (A) și (B), rezultă expresia variației cu temperatura a corpului supus unei disipații de putere P:

$$T(t) = (T_m - T_a)(1 - \exp-(t - t_0) / \tau) + T_a$$

sau

$$T(t) = T_m + (T_a - T_m) \exp-(t - t_0) / \tau$$

Expresiile stabilite sunt în concordanță cu observațiile experimentale.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

În cazul în care corpul în care se disipă puterea P , aflat în regim termic staționar (a fost depășit regimul tranzitoriu), este la un moment dat t'_0 , în situația de a nu mai fi sub tensiune electrică, deci în corp nu se va mai disipa puterea P , regimul termic va trece din regim staționar în unul tranzitoriu. Cum în corp nu se va mai disipa puterea electrică P , corpul își va micșora temperatura. Bilanțul energetic devine:

$$0 = C_{th}(T - T_a) + \int \alpha A_{cv}(T - T_a)dt$$

Sau prin derivare

$$0 = C_{th} \bullet dT / dt + \alpha \bullet A_{cv}(T - T_a)$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

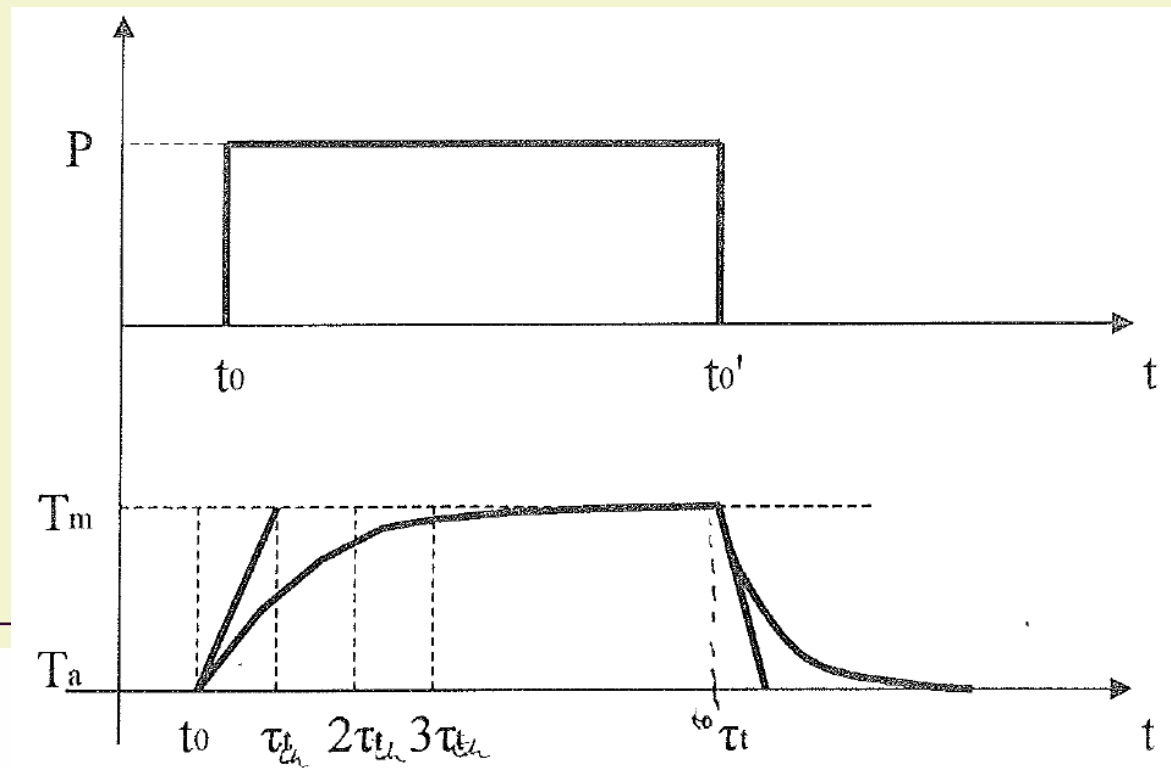
Ceea ce conduce la răcirea corpului la o expresie de forma:

$$\tau \bullet dT / dt + T(t) = T_a$$

Legea corespunzătoare regimului tranzitoriu de răcire se poate stabili ținând seama de relațiile (A) și (B). Trebuie făcută observația că în această situație valoarea temperaturii corpului la momentul în care începe răcirea este $T(t'_0) = T_m$ în timp ce temperatura finală a corpului ce s-a răcit este egală cu temperatura ambiantă, $T(t_\infty) = T_a$

Ca atare,

$$T(t) = (T_m - T_a) \exp - (t - t'_0) / \tau + T_a$$



ativă în Industria Electronică

prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

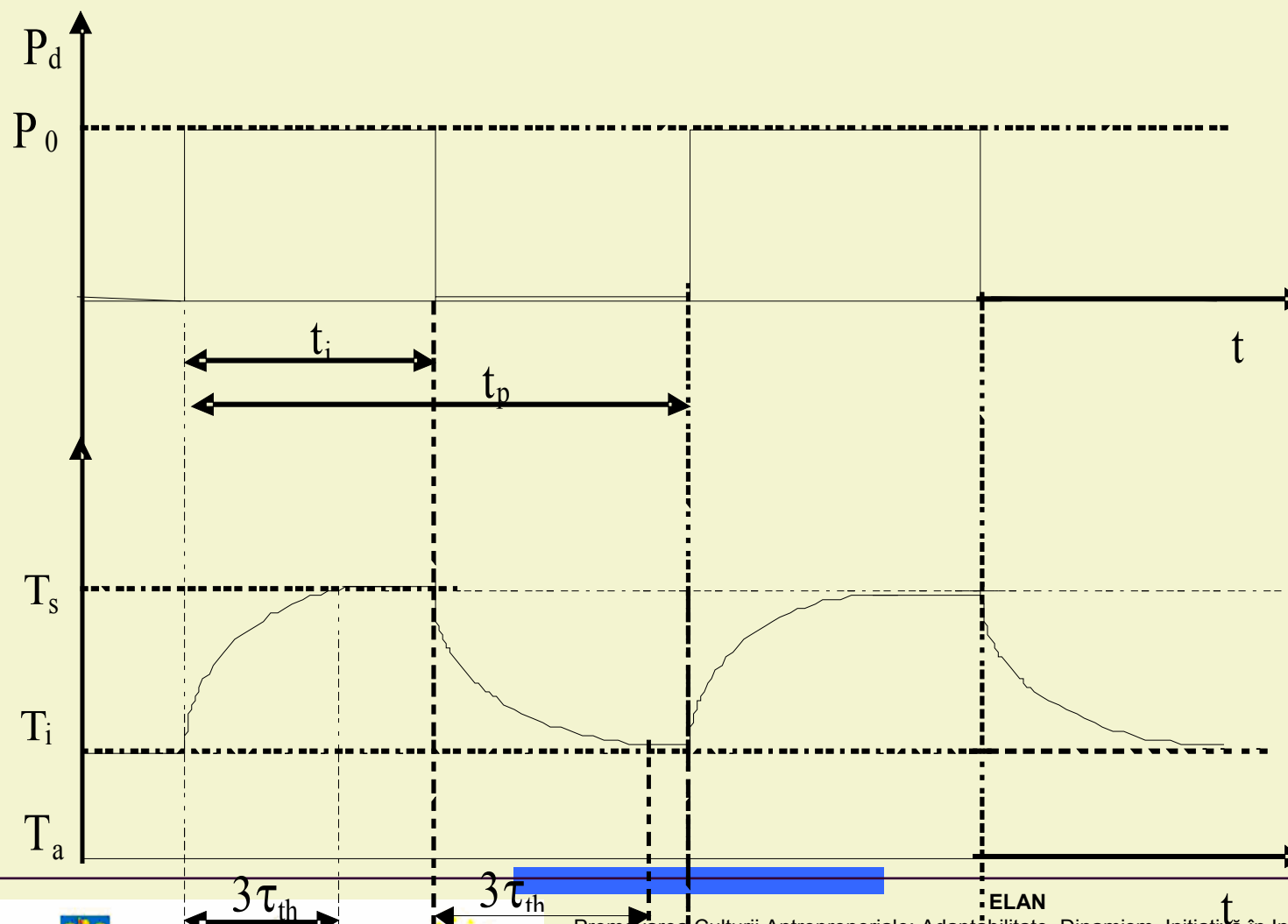


UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOS DRU

Corespunzător unei secvențe mai simple a impulsurilor o tratare matematică exactă este relativ simplă. Fie durata impulsurilor t_i , perioada impulsurilor t_p și t_a distanța dintr două impulsuri.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

ELAN

Transmisia căldurii prin terminale



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013”

Așa cum s-a precizat, o componentă electrică ce disipă putere datorită acumulării de căldură poate atinge o valoare ce depășește uneori cu mult temperatura ambiantă, dar care pentru o funcționare normală trebuie să fie cel mult egală cu temperatura maximă T_M respectivă fiecărei componente în parte. În același timp, într-un regim termic staționar puterea electrică disipată în componente este egală cu puterea termică evacuată, componenta fiind într-un echilibru termic.

De cele mai multe ori se consideră drept cale de transmisie a căldurii convecția, celelalte căi, conducția și radiația fiind neglijate. Totuși pentru o analiză mai exactă este util să se țină seama și de posibilitatea de evacuare a căldurii prin conducție.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

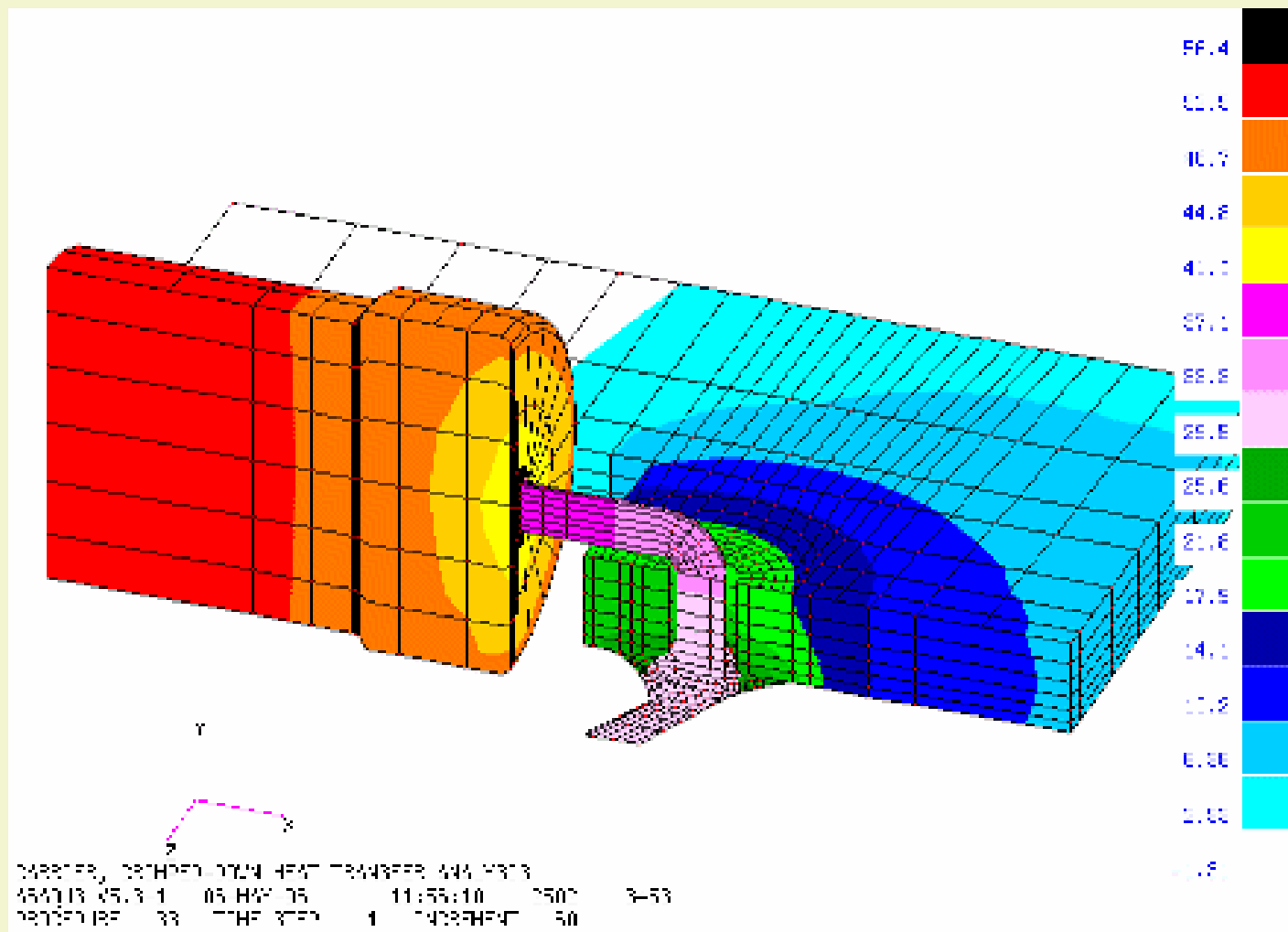
Se va determina în continuare felul în care are loc transmisia căldurii prin terminalele componentelor. În plus, în cadrul componentelor de tip SMD conducția termică joacă un rol important la evacuarea căldurii ce se disipă în componentă. Componentele de tip SMD se contactează direct pe substratul ce constituie modulul electronic.

Analiza se face pentru un terminal de lungime l , de arie A a secțiunii și cu un perimetru al secțiunii de valoare p . Terminalul, fiind la un capăt solidar cu componenta ce disipă putere, va avea temperatura egală cu temperatura componentei. Totodată terminalul primește la capătul dinspre componentă o putere P_0 care pe măsură ce se traversează terminalul cedează prin suprafața de contact cu mediul ambiant putere mediului aflat la temperatura θ_a . Puterea evacuată prin părțile laterale este determinată de coeficientul și aria de convecție precum și de suprațim temperatura terminalului.

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013



Odată ce componenta electronică este încărcată cu curent electric, căldura începe să fie generată la nivelul elementului funcțional. La început componenta va fi în regim tranzitoriu, acumulând căldură până la saturare (conform relațiilor de la acumularea de căldură); după ce componenta nu mai poate acumula căldură, excesul va fi disipat către mediul exterior prin conducție, convecție și radiație.



ELAN

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin

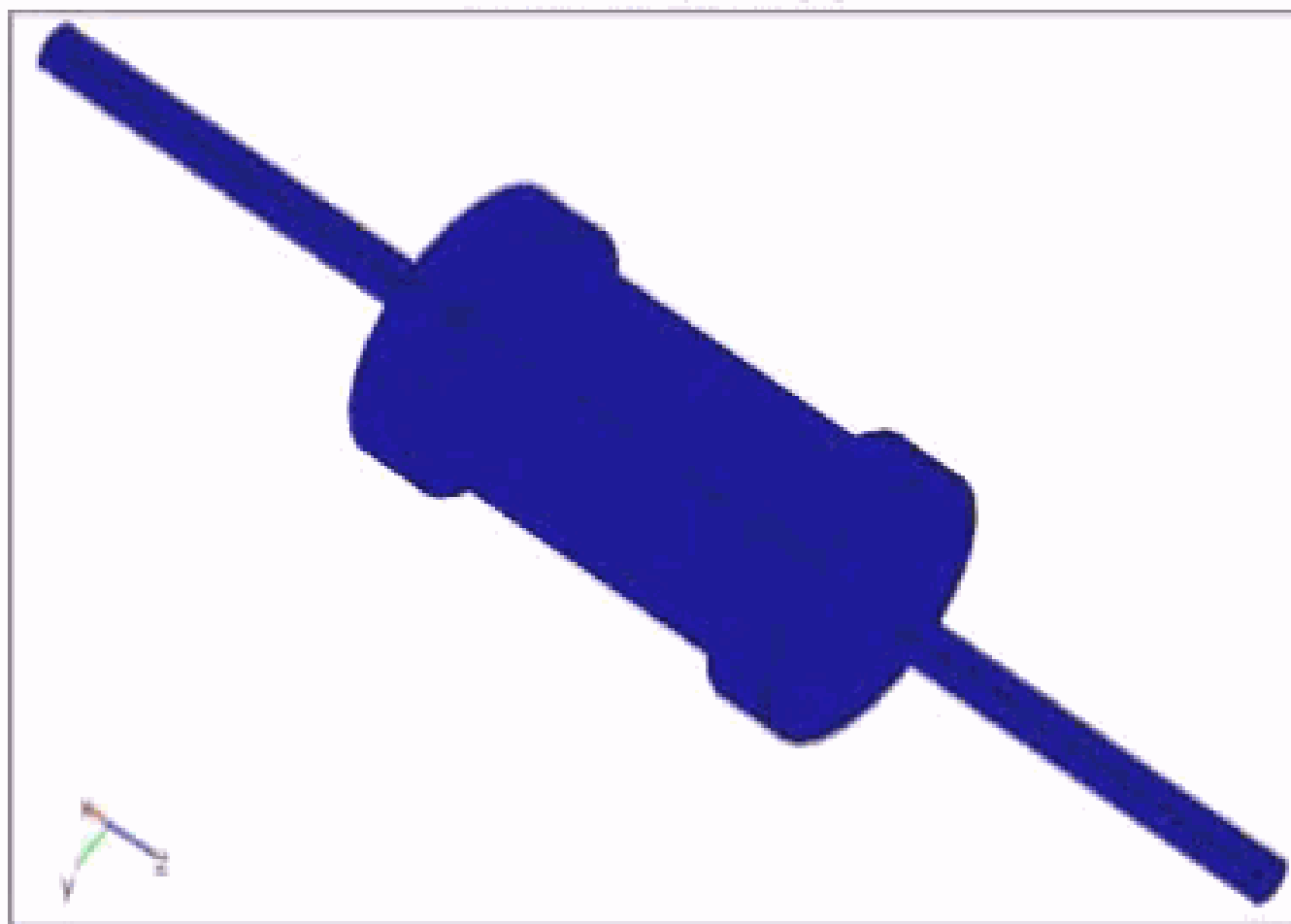
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Investește în oameni!

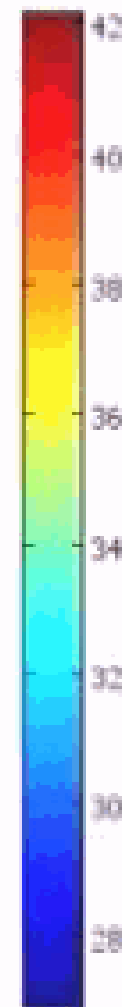
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

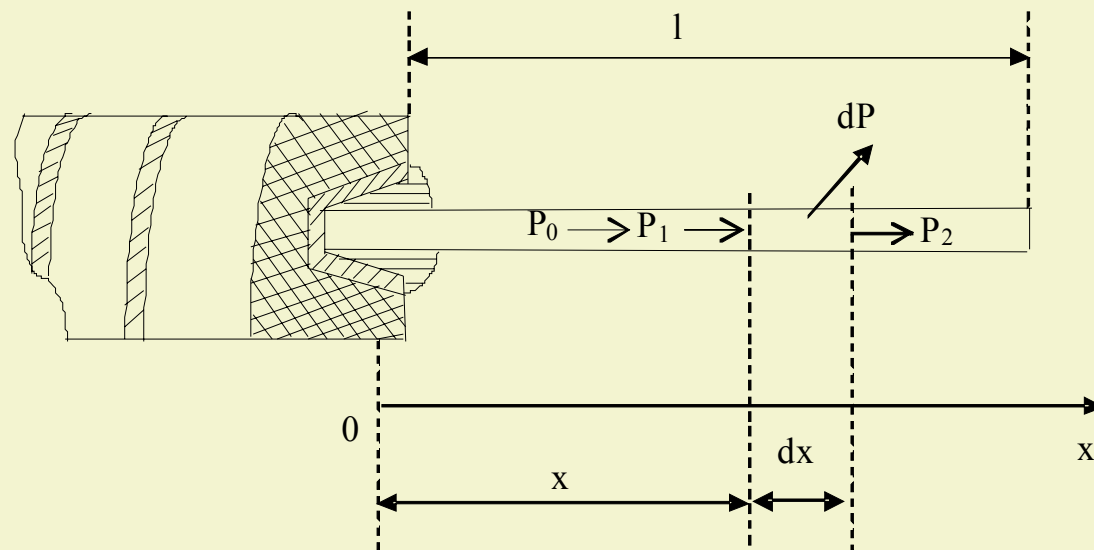
Time=0
Subdomain: Temperature [°C]



Max: 42.152



Min: 26.85



La stabilirea variației de temperatură în lungul terminalului, deoarece dimensiunea longitudinală a acestuia este mult mai mare comparativ cu cea radială se poate considera, într-o anumită secțiune a terminalului, că temperatura este constantă. Deci, puterea se propagă în lungul coordonatei axiale pe direcția axei Ox .

Bilanțul termic al unui element de lungime dx aflat la distanța x de componenta electronică se exprimă prin relația:

$$P_1 = P_2 + dP$$

Adică puterea P_1 ce pătrunde prin secțiunea de intrare aflată la distanța x este egală cu suma dintre puterea dP care se elimină prin convecție pe porțiunea de lungime dx și puterea P_2 ce pătrunde prin secțiunea aflată la distanța dx față de secțiunea intrării.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni!
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Deoarece P_1 este puterea ce se transmite în lungul terminalului prin conducție și se poate scrie

$$P_{11} = -\lambda \cdot A \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x}$$

Pe de altă parte variația temperaturii în terminal în lungul elementului de lungime dx este,

$$\theta + \frac{\partial \theta}{\partial x} dx$$

iar puterea P_2 este

$$P_2 = -\lambda \cdot A \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\theta + \frac{\partial \theta}{\partial x} \cdot dx \right)$$

$$P_2 = -\lambda \cdot A \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x} - \lambda \cdot A \cdot \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \cdot dx$$

În ceea ce privește puterea dP ce se elimină prin convecție, dacă se ține seama de relația convecției rezultă,

$$dP = \alpha_1 \cdot p \cdot (\theta - \theta_a) \cdot dx$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSBRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Cu relațiile precizate, bilanțul termic devine:

$$\lambda \cdot A \cdot \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = \alpha_1 \cdot p \cdot (\theta - \theta_a)$$

Se fac, pentru simplificare, notațiile:

$$\beta^2 = \frac{\alpha_1 p}{\lambda \cdot A}$$

$$\theta(x) = \Theta + \theta_a$$

în care Θ reprezintă supratemperatura corpului, relația devine

$$\frac{\partial^2 \Theta}{\partial x^2} = \beta^2 \Theta$$

Relația este de forma unei ecuații diferențiale omogene de ordin 2, a cărei soluție este:

$$\Theta = C_1 \cdot e^{\beta \cdot x} + C_2 \cdot e^{-\beta \cdot x}$$

Constantele C_1 și C_2 se pot determina ținând seama de valoarea temperaturii la extremitățile terminalului ($x=0$, $x=l$).

Dacă $x=0$, supratemperatura este

$$\Theta|_{x=0} = \Theta_0 \quad \text{și} \quad \Theta_0 = C_1 + C_2$$

Dacă $x=l$, supratemperatura este

$$\Theta|_{x=l} = \Theta_l \quad \text{iar} \quad \Theta_l = C_1 \cdot e^{\beta \cdot l} + C_2 \cdot e^{-\beta \cdot l} = \theta_l - \theta_a$$

Deoarece θ_l este necunoscută, pentru determinarea ei se are în vedere faptul că puterea ce se transmite prin terminalul componentei este cedată prin convecție în final mediului ambiant adică:

$$-\lambda \cdot A \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=l} = \alpha_2 \cdot A \cdot \Theta_l$$

unde α_2 este coeficientul de convecție la capătul terminalului.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Ținând seama de soluția ecuației diferențiale și de ecuația supratemperaturii, ecuația anterioară devine

$$C_1 \cdot e^{\beta \cdot l} - C_2 \cdot e^{-\beta \cdot l} = -\frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta} \cdot (C_1 \cdot e^{\beta \cdot l} + C_2 \cdot e^{-\beta \cdot l})$$

și împreună cu relația supratemperaturii formează un sistem de două ecuații cu două necunoscute C_1 și C_2 care rezolvat le stabilește expresiile.

$$C_1 = \Theta_0 \cdot \frac{\left(1 - \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta}\right) e^{-\beta \cdot l}}{e^{\beta \cdot l} + e^{-\beta \cdot l} + \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta} (e^{\beta \cdot l} - e^{-\beta \cdot l})}$$

Și

$$C_2 = \Theta_0 \cdot \frac{\left(1 + \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta}\right) e^{\beta \cdot l}}{e^{\beta \cdot l} + e^{-\beta \cdot l} + \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta} (e^{\beta \cdot l} - e^{-\beta \cdot l})}$$

ca urmare soluția ecuației diferențiale va avea soluția:

$$\Theta = \Theta_0 \cdot \left[\left(1 - \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta}\right) e^{\beta \cdot (x-l)} + \left(1 + \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta}\right) e^{-\beta \cdot (x-l)} \right]$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



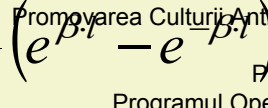
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOS DRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013



Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Dacă se au în vedere expresiile funcțiilor hiperbolice și se ține seama de relația puterii P_2 , relația anterioară devine:

$$\Theta = \Theta_0 \frac{ch\beta(x-l) - \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta} sh\beta(x-l)}{ch\beta \cdot l + \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta} sh\beta \cdot l}$$

și înlocuind în relația puterii transmise prin convecție, se poate calcula temperatura θ , a terminalului la o distanță l de la locul fixării sale în componentă.

$$\Theta = \Theta_0 \frac{1}{ch(\beta \cdot l) + \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta} sh(\beta \cdot l)}$$

Puterea transmisă prin terminal și cedată apoi mediului înconjurător este egală cu puterea primită de terminal la contactarea sa de componentă ($x=0$). Ca atare dacă în relația puterii P_2 se ține seama de relația soluției ecuației diferențiale și se pune condiția $x=0$ rezultă:

$$P_0 = \lambda \cdot \beta \cdot A \cdot \Theta_0 \cdot \frac{th(\beta \cdot l) + \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta}}{1 + \frac{\alpha_2}{\lambda \cdot \beta} th(\beta \cdot l)}$$

Relația este extrem de utilă ea permițând calculul puterii ce poate să fie evacuată prin conducție, prin terminalul componentei.

ELAN

Inovarea Centrului Antreprenorilor Academici din România. Inițiativă Ministerului Industriei și Energiei. Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Temperatura terminalului la capătul contactării sale la structura de interconectare este dată cu o bună aproximare de expresia:

$$\Theta_l \cong \Theta_0 \frac{1}{ch\beta \cdot l}$$

Teoretic și practic pot interveni două situații $\beta l \ll 1$ sau $\beta l \gg 1$, cazuri în care se pot face următoarele comentarii:

$\beta l \ll 1$ - Acest caz intervine de obicei la terminalele extrem de scurte cu o lungime de până la 1 cm. În aceste condiții se poate considera $ch\beta/1$, ceea ce revine la a spune că terminalul prezintă la capătul său aceeași temperatură cu temperatura componentei. Acest fapt sugerează că în timpul funcționării, locul unde se contactează componenta în circuit se încălzește aproximativ la aceeași temperatură cu temperatura capsulei componentei. Pentru componentele ce funcționează într-un regim de temperatură ridicată s-ar putea ca acesta să influențeze negativ contactul componentei la circuit în decursul timpului.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013

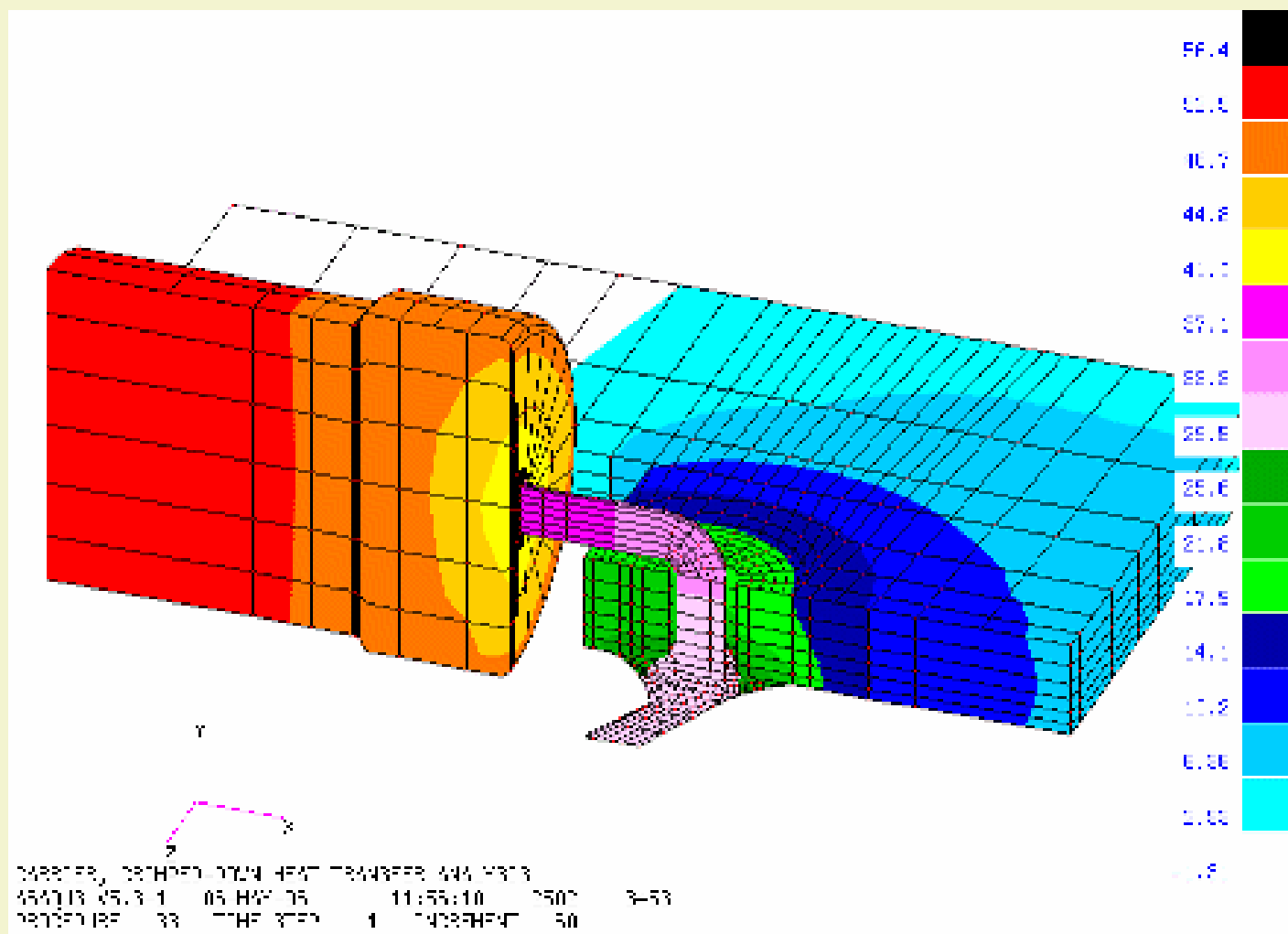


INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"



Odată ce componenta electronică este încărcată cu curent electric, căldura începe să fie generată la nivelul elementului funcțional. La început componenta va fi în regim tranzitoriu, acumulând căldură până la saturație (conform relațiilor de la acumularea de căldură); după ce componenta nu mai poate acumula căldură, excesul va fi disipat către mediul exterior prin conducție, convecție și radiație.



ELAN
Proiectarea, dezvoltarea și implementarea soluțiilor de învățare în mediul electronic
Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Temperatura terminalului la capătul contactării sale la structura de interconectare este dată cu o bună aproximare de expresia:

$$\Theta_l \cong \Theta_0 \frac{1}{ch\beta \cdot l}$$

$\beta l \gg 1$ - În acest caz care corespunde terminalelor mai lungi, $e^{\beta l} \gg e^{\beta \cdot l}$, iar temperatura θ_l dată de relația de mai sus devine:

$$\theta_l \cong 2\theta_0 e^{-\beta \cdot l}$$

Se observă o dependență exponențială a temperaturii θ_l ea fiind cu atât mai mică cu cât l este mai mare.

De aspectele teoretice, prezentate în cele de mai sus, se ține seama la proiectarea și realizarea modulelor electronice când se urmărește asigurarea unui regim termic adecvat.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

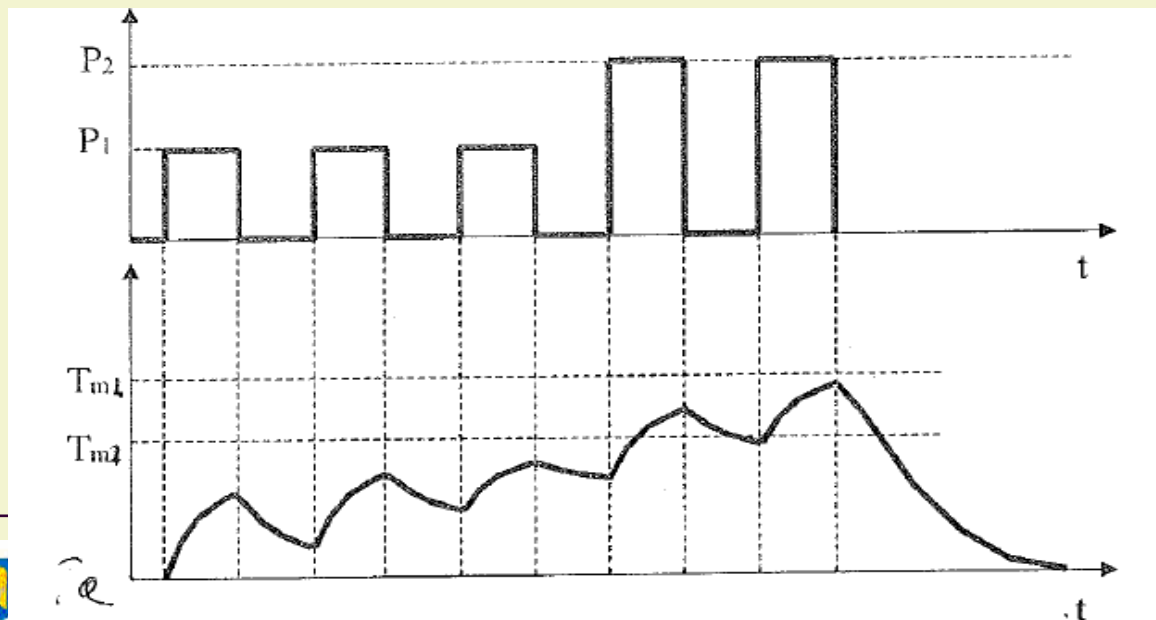
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

În cadrul procesului de conectare sau deconectare , urmărindu-se regimul tranzitoriu de variație a temperaturii este posibil să se determine constanta termică τ_t . Cum capacitatea termică pe care o prezintă componenta poate fi aproximată destul de bine, cunoscându-se aria de convecție A_{cv} se poate calcula valoarea coeficientului de convecție α .

$$\alpha = C_t / \tau_t A_{cv} [W / m^2 K]$$

Folosind relația dedusa mai sus se poate determina evoluția temperaturii corpului componentei supus unei solicitări în impuls.

Schematic, o asemenea solicitare este prezentată în figură și se observă că solicitarea electrică în impuls (momentană) poate fi aleasă considerabil mai mare fără ca prin aceasta componenta să atingă temperatura maximă T_m .



m, Inițiativă în Industria Electronică

Temperatura componentei oscilează între două valori T_i și T_s , temperatura maximă atinsă datorată solicitării în impuls fiind T_s .

Între două impulsuri corpul își micșorează temperatura până la T_i .

Pe baza celor stabilite anterior se pot calcula cele două limite de temperatură T_s și T_i corespunzătoare momentelor de timp t_1 , t_2 , t_3 .

$$T(t_1) = T_i$$

$$T(t_2) = T_s = (T_m - T_i)(1 - \exp(-(t_2 - t_1)/\tau)) + T_i$$

Cum $t_2 - t_1$, reprezintă durata t_i a impulsului se obține:

$$T(t_2) = (T_m - T_i)(1 - \exp(-t_i/\tau)) + T_i$$

iar

$$T(t_3) = (T_s - T_a)(1 - \exp(-(t_3 - t_2)/\tau)) + T_a$$

dar $t_3 - t_2$, reprezintă durata t_d dintre două impulsuri, deci:

$$T(t_3) = T_i = (T_s - T_a)(1 - \exp(-t_d/\tau)) + T_a$$

Înlocuind expresia temperaturii inferioare T_i se poate determina temperatura T_s la care poate ajunge componenta în urma solicitării la impulsul de putere P_o .

Se observă că dacă $t_i \rightarrow t_p$ aceasta revine la a afirma că pe toată durata impulsului puterea este aceeași, deci componenta nu se mai răcește, temperatura superioara devine T_m adică temperatura corespunzătoare cu cea de la solicitare continuă în putere. Adunând și scăzând T_a la numărătorul expresiei anterioare se obține:

$$T_s = (T_m - T_a)(1 - \exp(-t_i / \tau)) / (1 - \exp(-t_p / \tau)) + T_a$$

$$T_s - T_a = (T_m - T_a)(1 - \exp(-t_i / \tau)) / (1 - \exp(-t_p / \tau))$$

Cu alte cuvinte supratemperatura la care ajunge rezistorul solicitat la o putere în impuls de valoare P_0 este mai mică decât supratemperatura la care el ar fi în cazul în care funcționarea sa se află la o putere P_0 aplicată continuu și care ar ridica temperatura corpului la valoarea T_m .

La disiparea în componentă în regim continuu a unei puteri de nivel P_i mai mare decât puterea P_0 , în regim staționar este satisfăcută relația:

$$P_i = (T'_m - T_a) / R_{th}$$

unde T'_m este temperatura la care s-ar afla componenta din cauza puterii P_i ce se disipă continuu în ea. În aceleași condiții de mediu ambiant $T'_m > T_m$ deoarece $P_i > P_0$. Solicitarea componentei la puterea P_0 determină ca suprafața să atingă temperatura T_m . Ca urmare, în regim tranzitoriu, temperatura componentei solicitată la o putere P_i după o durată t_i , deoarece $P_i > P_N$ atinge T_m .

$$T_m = T_a + (T'_m - T_a)(1 - \exp - t_i / \tau)$$

Iar supratemperatura la care se află componenta va fi

$$T_m - T_a = (T'_m - T_a)(1 - \exp - t_i / \tau)$$

Prin multiplicare cu factorul de disipație D și considerând P_0 egală cu P_N se obține

$$P_N = P_i(1 - \exp - t_i / \tau)$$

$$P_i = P_N / (1 - \exp - t_i / \tau)$$

cea ce reprezintă amplitudinea puterii în impuls care aplicată pe durata de timp t_i determină creșterea temperaturii componentei la T_m și este valabilă pentru cazul în care componenta, pe durata dintre două impulsuri, își micșorează temperatura până la temperatura ambiantă.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Dacă răcirea corpului se face până la o temperatură ce depășește temperatura ambiantă printr-un raționament similar cu cel anterior se deduce:

$$T_m = T_a + (T'_m - T_a)(1 - \exp - t_i / \tau) / (1 - \exp - t_p / \tau)$$

Și, respectiv, supratemperatura corpului componente va fi:

$$T_m - T_a = (T'_m - T_a)(1 - \exp - t_i / \tau) / (1 - \exp - t_p / \tau)$$

La multiplicarea relației cu factorul de disipație D se obține:

$$P_N = P_i(1 - \exp - t_i / \tau) / (1 - \exp - t_p / \tau)$$

De unde rezultă expresia amplitudinii puterii în impuls de durata t_i care determină creșterea temperaturii componente cel mult până la temperatura T_m admisa de componentă în funcționare:

$$P_i = P_N(1 - \exp - t_p / \tau) / (1 - \exp - t_i / \tau)$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Determinarea temperaturii maxime a corpului componentei în funcție de puterea disipată



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

În proiectarea termică a circuitelor electronice, determinarea temperaturii maxime a corpului componentelor este foarte importantă, deoarece aceasta nu trebuie să depășească în timpul funcționării componentelor temperatura lor maximă de utilizare.

Cu ajutorul relațiilor anterioare se poate determina cu aproximație temperatura corpului componentelor pasive pentru diverse evoluții în timp ale puterii disipate de componentă. Puterea disipată, având în vedere circuitele electrice utilizate în electronică are o mare varietate de forme. În continuare vor fi analizate cazurile cele mai frecvente în practică, și anume puterea disipată constantă și sub formă de impulsuri.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

a. Putere disipată constantă. Se consideră puterea disipată de componentă ca fiind aproximativ constantă în timp, iar durata de funcționare îndelungată (mult mai mare decât constanta termică de timp a componentei). În acest caz se poate considera că după regimul tranzitoriu care apare la alimentarea circuitului, componenta funcționează în regim termic staționar. Având în vedere că temperatura oricărui mediu ambiant este variabilă, (se iau valori în intervalul $T_a[T_{am}, T_{aM}]$) conform relației rezultă temperatura maximă a corpului componentei.

$$T_{cM} = \frac{P_d}{D} + T_{aM} = R_{th} \cdot P_d + T_{aM}$$

ca atare, o componentă situată într-un mediu ambiant cu temperatura ce poate atinge valoarea T_{aM} în cazul în care disipă o putere ce determină supraîncălzirea $R_{th}P_d$, va atinge o temperatură a capsulei (carcasei), egală cu suma dintre temperatura ambiantă și supratemperatura componentei.

În cazul rezistoarelor, această situație corespunde funcționării lor în timp îndelungat în regim de curent continuu și alternativ.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

b. Regim de impulsuri. Se vor considera două situații și anume una în regim de impulsuri singulare și alta în regim de impulsuri periodice.

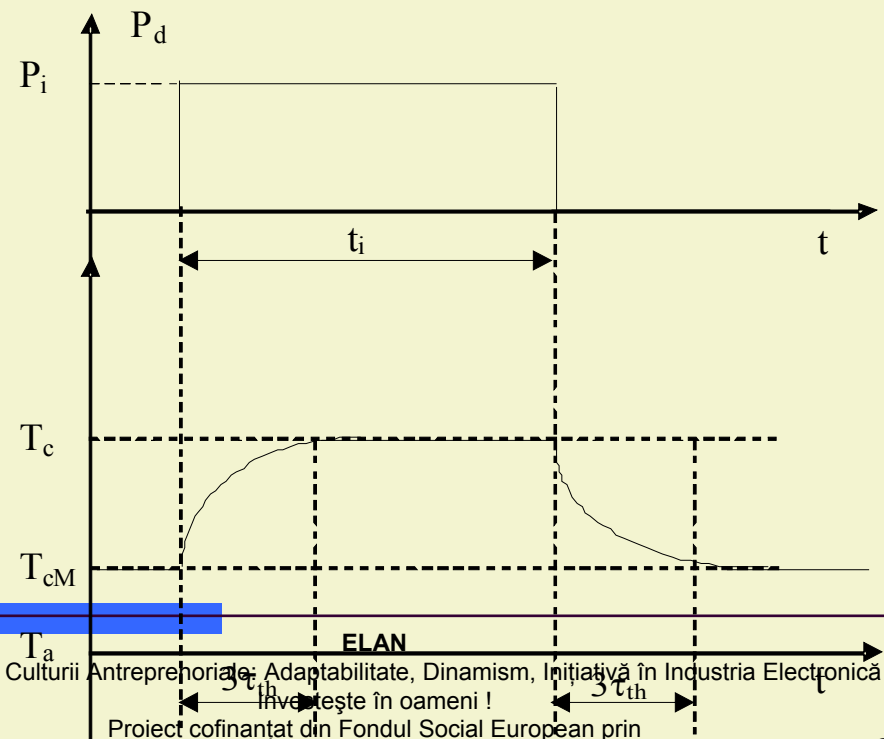
b₁. Regim de impulsuri singulare. Prin regim de impuls singular se va înțelege o putere disipată de componentă sub forma de impuls, cu amplitudinea P_i , cu o durată pe care o vom nota cu t_i și cu o durată de repetiție a impulsului aleatoare, și mult mai mare decât t_i . În funcție de mărimile t_i și t_{th} se disting două situații.

b₁₁. Regim de impuls singular cu durata impulsului t_i mult mai mare decât t_{th} ,
 $t_i \gg t_{th}$

Rezultă că acest caz devine echivalent cu a) din punct de vedere al determinării temperaturii maxime a componentei,

$$T_{cM} = \frac{P_i}{D} + T_{aM} = P_i \cdot R_{th} + T_{aM}$$

În cazul rezistorului care va funcționa într-un astfel de regim, această variație de temperatură de la T_a la T_{cM} , va conduce la modificări reversibile ale rezistenței, dar în timp produce și modificări ireversibile. Față de cazul **a** variația reversibilă a rezistenței în timpul funcționării circuitului electronic, va conduce la modificarea parametrilor acestuia în ritmul modificării temperaturii.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

b_{12} . Regim de impuls singular cu durata impulsului t_i mult mai mică decât constanta termică de timp, $t_i \ll \tau_{th}$

În acest caz temperatura componentei va evolua conform diagramei temporale ilustrate în figură.

Temperatura maximă a componentei în acest caz, conform relației va fi

$$T_{cMi} = (T_{cM} - T_a) \cdot (1 - e^{-\frac{t_i}{\tau_{th}}}) + T_a$$

rezultă că,

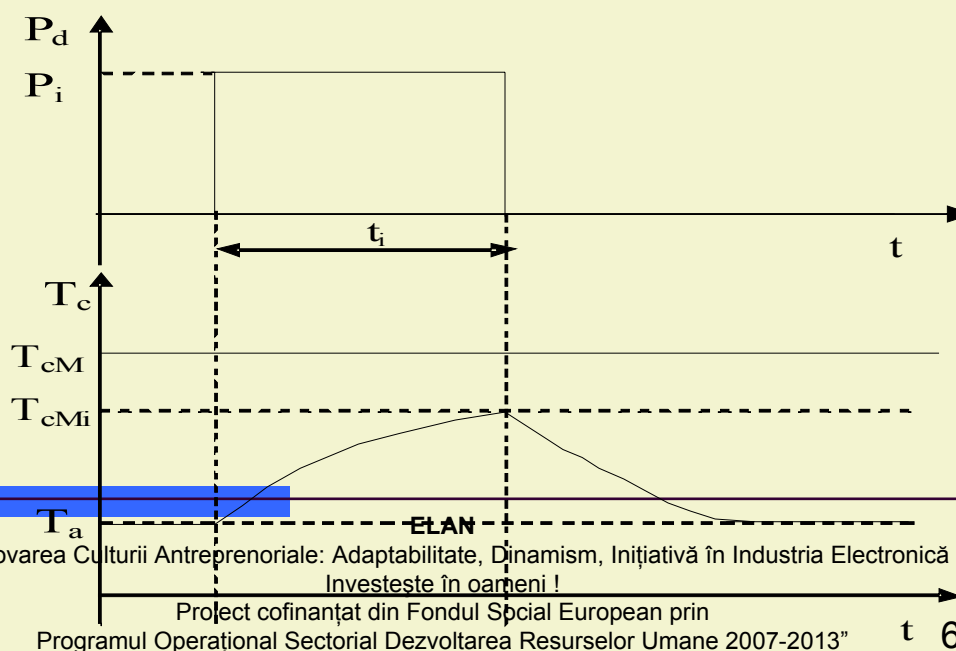
$$e^{-\frac{t_i}{\tau_{th}}} \cong 1 - \frac{t_i}{\tau_{th}} \quad T_{cMi} = (T_{cM} - T_a) \cdot \frac{t_i}{\tau_{th}} + T_a \quad T_{cMi} = \frac{P_i}{D} \cdot \frac{t_i}{\tau_{th}} + T_a$$

Având în vedere temperatura maximă a mediului ambiant T_{aM} rezultă

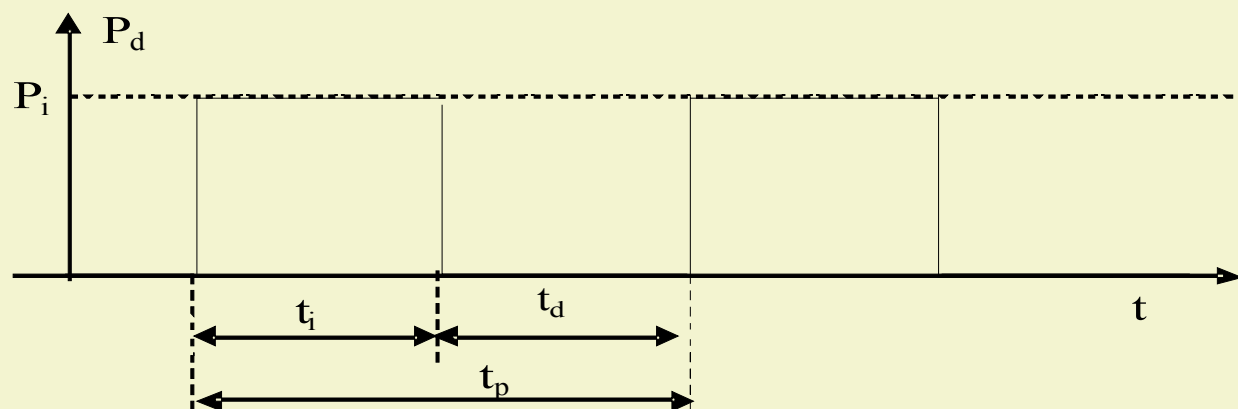
$$T_{cMi} = \frac{P_i}{D} \cdot \frac{t_i}{\tau_{th}} + T_{aM}$$

Conform relațiilor anterioare, temperatura maximă a componentei în regim de impuls singular cu $t_i \ll \tau_{th}$ este mai mică decât temperatura maximă în regim staționar – T_{cM} , fiind dependentă și de raportul dintre durata impulsului și constanta termică de timp a

componentei.



b₂. Regim de impulsuri periodice. În acest caz se va considera că puterea disipată de componentă, P_d , are forma ideală ilustrată în figură.



Se va nota cu t_i durata impulsului, cu t_d pauza și cu t_p durata perioadei; în general perioada este notată în electronică cu T ; se va nota cu t_p pentru a nu se face confuzia perioadă - temperatură.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

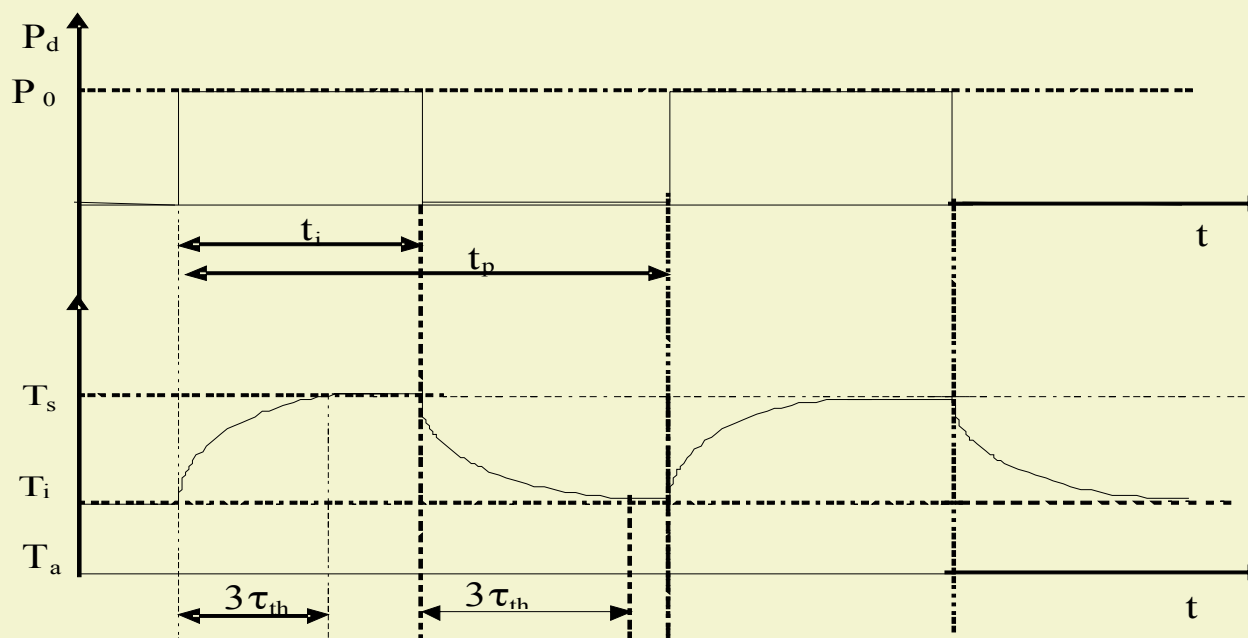
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Și în acest caz în funcție de mărimile t_p și t_{th} se disting două situații:

b_{21} . Regim de impulsuri periodice cu perioada mai mare decât t_{th} ,

$$t_p \gg t_{th}$$

În acest caz temperatura componentei va evolua conform diagramei ilustrate.



Deoarece, pe durata t_i temperatura componentei atinge valoarea T_{CM} , iar pe t_d se răcește la T_a situația este similară ca și în cazul b_{11} . Având în vedere temperatura maximă a corpului componentei, această situație devine echivalentă cu cazul a , deci și în acest caz,

$$T_{cMi} = \frac{P_i}{D} + T_{aM}$$

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică

Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013



UNIUNEA EUROPEANĂ

MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI PROTECȚIEI SOCIALE

FONDUL SOCIAL EUROPEAN

INSTRUMENTE STRUCTURALE

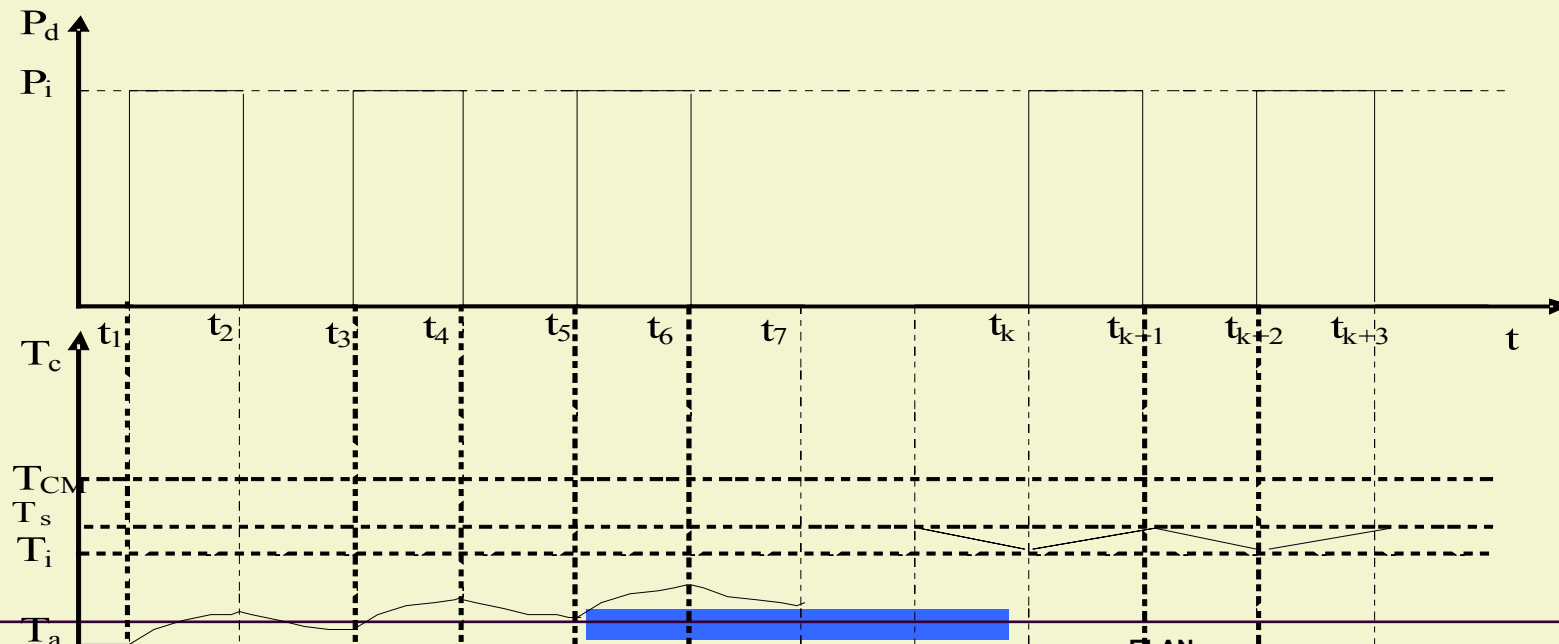
Temperatura unui rezistor care va funcționa într-un astfel de regim, va avea o variație periodică în timp, cu aceeași perioadă ca a semnalului dreptunghiular. Această variație

b₂₂. Regim de impulsuri periodice cu perioada mai mică decât constanta termică de timp,

$$t_p \ll t_{th}$$

În acest caz temperatura corpului componente va fi de forma celei prezentate în figură.

Forma temperaturii din figură se explică în felul următor. Creșterea temperaturii este mai rapidă decât descreșterea ($t_p \ll t_{th}$). Deci după primul impuls (t_3 - figură) temperatura nu ajunge la temperatura mediului ambiant, fiind mai mare, deci apare o supratemperatură. După cel de al doilea impuls (t_5) încă o supratemperatură și așa mai departe. Această supratemperatură scade în timp, devenind foarte mică după un anumit număr de impulsuri, când variază de la o temperatură inferioară T_i la una superioară T_s , diferența între cele două fiind foarte mică.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Se va considera că după un număr oarecare de impulsuri, t_k , temperatura componentei are o valoare oarecare T_i . În acest caz se poate scrie,

$$T(t_k) = T_i$$

$$T(t_{k+1}) = (T_{cM} - T_i) \left(1 - e^{-\frac{t_i}{\tau_{th}}} \right) + T_i = T_s$$

$$T(t_{k+2}) = (T_s - T_a) \cdot e^{-\frac{t_d}{\tau_{th}}} + T_a = T_i$$

Din aceste relații, ținând seama că $t_i + t_d = t_p$ rezultă:

$$T_s = \frac{T_{cM} \left(1 - e^{-\frac{t_i}{\tau_{th}}} \right) + T_a \left(e^{-\frac{t_i}{\tau_{th}}} - e^{-\frac{t_p}{\tau_{th}}} \right)}{1 - e^{-\frac{t_p}{\tau_{th}}}}$$

Având în vedere că $t_i/\tau_{th} \ll 1$, $t_p/\tau_{th} \ll 1$, se poate aproxima,

$$e^{-\frac{t_i}{\tau_{th}}} \cong 1 - \frac{t_i}{\tau_{th}} \quad e^{-\frac{t_p}{\tau_{th}}} \cong 1 - \frac{t_p}{\tau_{th}}$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Înlocuind,

$$T_s = \frac{T_{cM} \cdot \frac{t_i}{\tau_{th}} + T_a \cdot \left(\frac{t_i}{\tau_{th}} - \frac{t_p}{\tau_{th}} \right)}{\frac{t_p}{\tau_{th}}}$$

De unde se obține,

$$\frac{T_s - T_a}{T_{cM} - T_a} = \frac{t_i}{t_p}$$

$$(T_s - T_a) = (T_{cM} - T_a) \cdot \frac{t_i}{t_p}$$

$$T_s = (T_{cM} - T_a) \frac{t_i}{t_p} + T_a$$

Raportul t_i/t_p se numește coeficient sau factor de umplere al semnalului dreptunghiular periodic și se notează cu γ . Deci în acest caz temperatura maximă a corpului componenteii poate fi aproximată de relația,

$$T_{cMi} = (T_{cM} - T_{aM}) \cdot \gamma + T_{aM} = \frac{P_i}{D} \cdot \gamma + T_{aM}$$

Conform relațiilor, supratemperatura, respectiv temperatura maximă a corpului componenteii este mai mică în regim de impulsuri periodice $t_i \ll t_p$, decât cea din cazul a, fiind dependentă de coeficientul de umplere.

Puterea nominală și puterea termică maximă admisibilă



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Din punct de vedere termic, un parametru foarte important pentru orice componentă pasivă (electronică) și în special pentru rezistor este **puterea nominală**, P_N care reprezintă puterea maximă pe care poate să o disipe o componentă la o funcționare îndelungată într-un mediu ambiant cu temperatura egală cu cea nominală, θ_N și amplasată în anumite condiții prezentate de producător.

După cum s-a prezentat puterea evacuată de către o componentă este

$$P_{ev} = D \cdot (\theta_c - \theta_a) = \frac{\theta_c - \theta_a}{R_{th}}$$

Având în vedere definiția puterii nominale, rezultă că în acest caz $P_{ev} = P_N$, $\theta_c = \theta_M$, $\theta_a = \theta_N$, respectiv,

$$P_N = D \cdot (\theta_M - \theta_N) = \frac{\theta_M - \theta_N}{R_{th}}$$

Puterea nominală depinde de factorul de disipație, respectiv de rezistența termică, de temperatura maximă de utilizare a componentei și de temperatura nominală. Temperatura nominală este practic aleasă de proiectantul de componente. Aceasta ia valori în general în intervalul 20C 70C.

Prin puterea termică maximă admisibilă, notată cu $P_{A\theta}$ se va înțelege puterea maximă pe care poate să o disipe o componentă ce funcționează într-un mediu ambiant cu

temperatura θ_a , astfel încât să nu se depășească puterea nominală P_N , respectiv temperatura maximă θ_M .

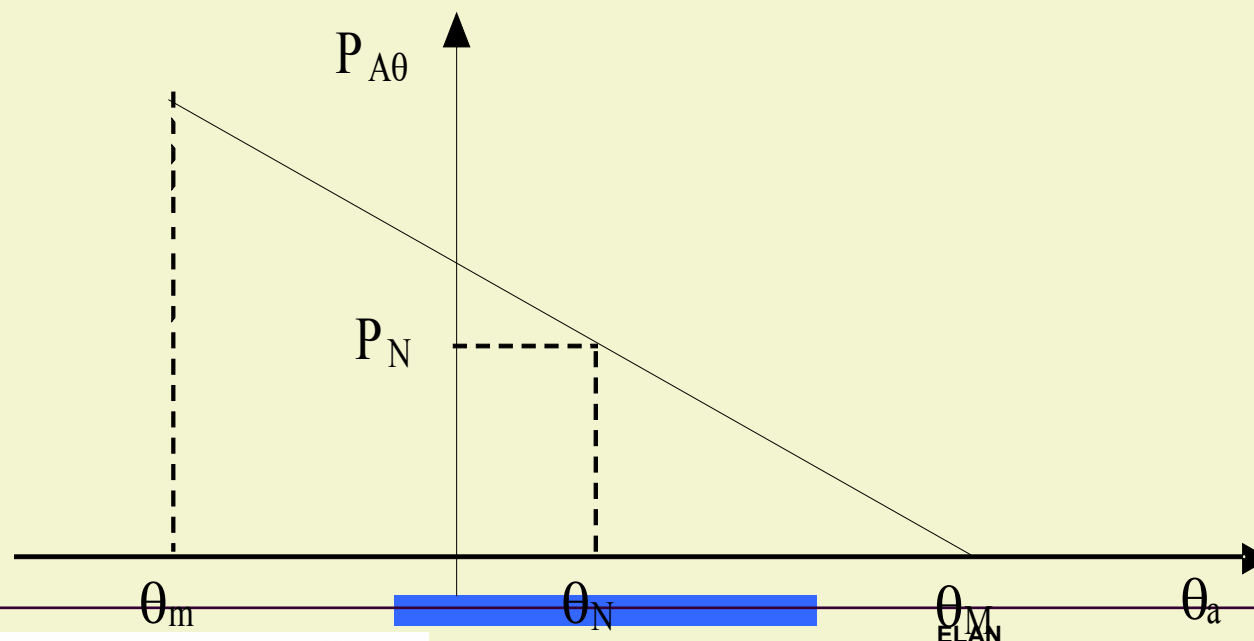
Pentru regim staționar (permanent), având în vedere că puterea P_A reprezintă puterea maximă disipată, rezultă că în acest caz temperatura componentei este egală cu cea maximă, θ_M , va fi,

$$P_{A\theta} = D \cdot (\theta_M - \theta_a)$$

Rezultă

$$P_{A\theta} = P_N \frac{(\theta_M - \theta_a)}{(\theta_M - \theta_N)} = D \cdot (\theta_M - \theta_a) = \frac{\theta_M - \theta_a}{R_{th}}$$

Reprezentând grafic pe $P_{A\theta}$ în funcție de θ_a , rezultă așa zisa diagramă de disipație a componentei



Puterea termică maximă admisibilă poate fi mai mare decât puterea nominală dacă temperatura mediului este mai mică decât cea nominală și este mai mică decât puterea nominală dacă temperatura mediului este mai mare decât cea nominală; devine egală cu zero la temperatura mediului egală cu temperatura maximă de utilizare a componentei.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



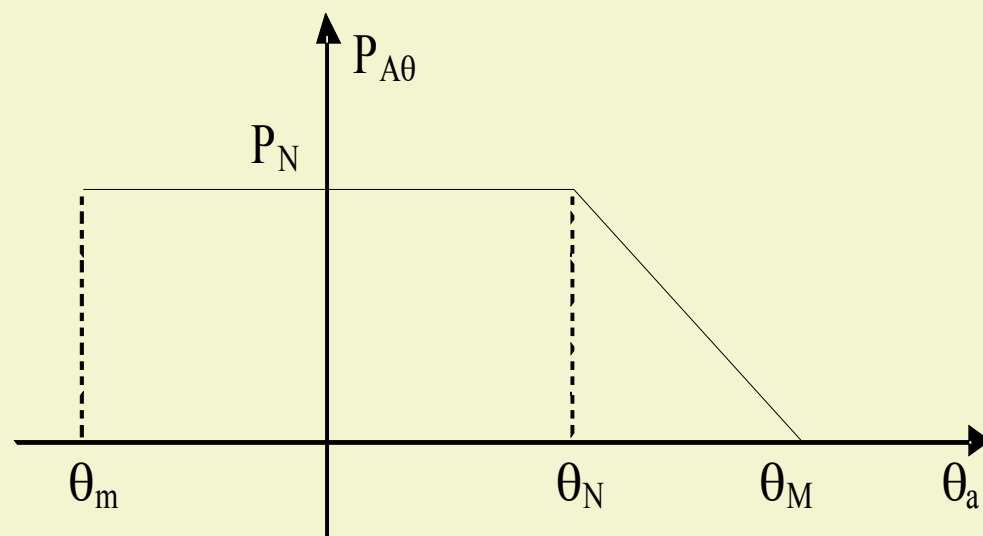
INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Din motive de simplificare, pe de o parte, dar și din motive practice, pe de altă parte (având în vedere că temperatura maximă a mediului este predominant de 40C.....70C), diagrama de disipare pentru majoritatea componentelor pasive, pusă la dispoziție de producătorii de rezistoare în cataloage este de forma celei din figură.



În acest caz puterea termică maxim admisibilă este egală cu cea nominală, pentru $\theta_a[\theta_m, \theta_N]$ și este mai mică decât cea nominală pentru $\theta_a[\theta_N, \theta_M]$.

Acest mod de caracterizare fiind utilizat întotdeauna la rezistoare, în lucrarea de față, în continuare va fi utilizată numai această variantă.

Ca și în paragraful precedent, se va determina puterea termică maximă admisibilă pentru aceleași cazuri, notate identic și pentru $\theta_a[\theta_{am}, \theta_{aM}]$.

a. Putere disipată în timp constantă - regim staționar.

Având în vedere cele expuse anterior, rezultă :

- dacă $\theta_{aM} [\theta_m, \theta_N]$

$$P_{A\theta} = P_N;$$

- dacă $\theta_a[\theta_N, \theta_M]$

$$P_{A\theta} = P_N \frac{\theta_M - \theta_{aM}}{\theta_M - \theta_N} = D \cdot (\theta_M - \theta_{aM}) = \frac{\theta_M - \theta_{aM}}{R_{th}}$$

Cazurile **b₁₁**- regim de impuls singular cu $t_i \gg \tau_{th}$ și **b₂₁** – regim de impulsuri periodice cu $t_p \gg \tau_{th}$, devin echivalente cu **a**, deci și pentru aceste situații $P_{A\theta}$ va fi determinată cu relațiile de la punctul **a**.

b_{12} . Regim de impuls singular cu durata impulsului t_i mult mai mică decât constanta termică de timp τ_{th} .

Punând condiția ca temperatura maximă a componentei în regim de impuls să devină egală cu temperatura maximă de utilizare,

$$\theta_M - \theta_{aM} = \frac{P_i}{D} \cdot \frac{t_i}{\tau_{th}}$$

$$P_i = D \cdot (\theta_M - \theta_{aM}) \frac{\tau_{th}}{t_i} = P_N \frac{\theta_M - \theta_{aM}}{\theta_M - \theta_N} \cdot \frac{\tau_{th}}{t_i}$$

Rezultă puterea termică maxim admisibilă în regim de impuls singular cu $t_i \ll \tau_{th}$

$$P_{A\theta i} = P_N \cdot \frac{\tau_{th}}{t_i} \quad \text{dacă } \theta_{aM} [\theta_m, \theta_N]$$

$$P_{A\theta i} = P_N \cdot \frac{\theta_M - \theta_{aM}}{\theta_M - \theta_N} \cdot \frac{\tau_{th}}{t_i} \quad \text{dacă } \theta_{aM} [\theta_N, \theta_M]$$

Deci, în acest caz puterea termică maxim admisibilă este de (τ_{th}/t_i) ori mai mare decât cea de regim permanent, putând depăși puterea nominală.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

b₂₂. Regim de impuls periodic cu durata perioadei mult mai mică decât constanta termică de timp.

Punând condiția ca temperatura maximă în regim de impuls să fie egală cu cea maximă de utilizare,

$$\theta_M - \theta_{aM} = \frac{P_i}{D} \cdot \gamma$$

$$P_i = D \cdot (\theta_M - \theta_{aM}) \cdot \frac{1}{\gamma} = P_N \frac{\theta_M - \theta_{aM}}{\theta_M - \theta_N} \cdot \frac{1}{\gamma}$$

Rezultă puterea termică maxim admisibilă în acest caz,

$$P_{A\theta i} = \frac{P_N}{\gamma} \quad \text{dacă } \theta_{aM} [\theta_m, \theta_N]$$

$$P_{A\theta i} = P_N \cdot \frac{\theta_M - \theta_{aM}}{\theta_M - \theta_N} \cdot \frac{1}{\gamma} \quad \text{dacă } \theta_{aM} [\theta_N, \theta_M]$$

Deci, în regim de impulsuri periodice dreptunghiulare cu perioada mult mai mică decât constanta termică, puterea termică maxim admisibilă este de $1/\gamma$ ori mai mare față de cea de regim permanent, putând fi mai mare decât puterea nominală.



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Determinarea puterii nominale în funcție de puterea disipată



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Se consideră un rezistor care în timpul funcționării disipă puterea P_d și funcționează într-un mediu ambiant cu temperatura $\theta_a[\theta_{am}, \theta_{aM}]$. Puterea nominală rezultă din relațiile de determinare a puterii termice maxime admisibile, punând condiția ca $P_d \leq P_{A\theta}$, astfel încât să nu se depășească temperatura maximă de utilizare a componentei.

Pentru cazurile a – regim permanent, b_{11} – regim de impuls singular cu $t_i \gg 3\tau_{th}$ și b_{21} – regim de impuls singular cu $t_p \gg 3\tau_{th}$ rezultă

$$P_N \geq P_d \quad \text{dacă } \theta_{aM}[\theta_m, \theta_N]$$

$$P_N \geq P_d \cdot \frac{\theta_M - \theta_N}{\theta_M - \theta_{aM}} \quad \text{dacă } \theta_{aM}[\theta_N, \theta_M]$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

b₂₁ Regim de impuls singular cu $t_i \ll \tau_{th}$.

$$P_N \geq P_d \frac{t_i}{\tau_{th}} \quad \text{dacă } \theta_{aM}[\theta_m, \theta_N]$$

$$P_N \geq P_D \cdot \frac{\theta_M - \theta_N}{\theta_M - \theta_{aM}} \cdot \frac{t_i}{\tau_{th}} \quad \text{dacă } \theta_{aM}[\theta_N, \theta_M]$$

b₂₂ Regim de impuls dreptunghiular periodic cu $t_p \ll \tau_{th}$.

$$P_N \geq P_d \cdot \gamma \quad \text{dacă } \theta_{aM}[\theta_m, \theta_N]$$

$$P_N \geq P_d \cdot \frac{\theta_M - \theta_N}{\theta_M - \theta_{aM}} \cdot \gamma \quad \text{dacă } \theta_{aM}[\theta_N, \theta_M]$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013