

Capitolul 2.1

Proprietăți generale ale 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
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013

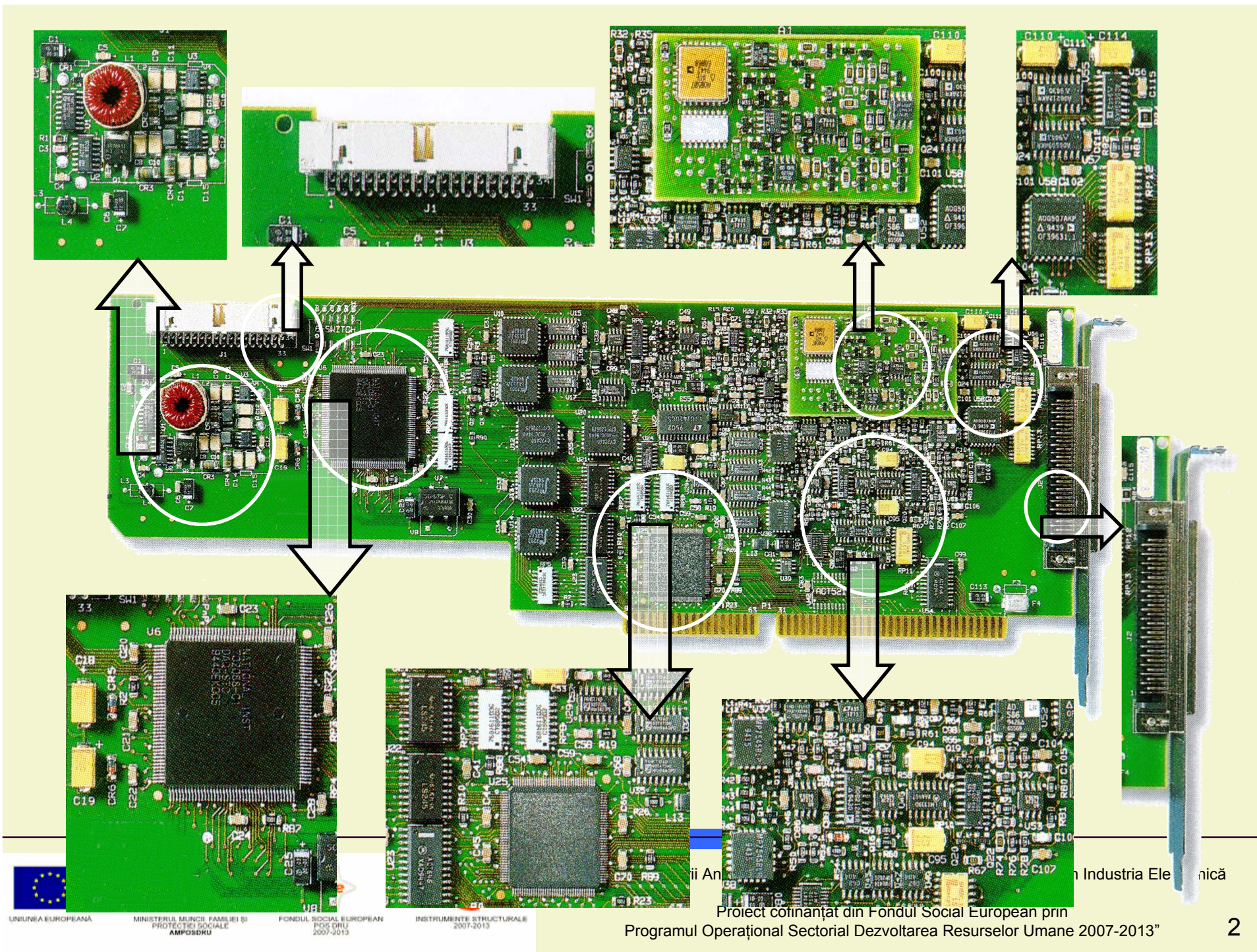


INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

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"







UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



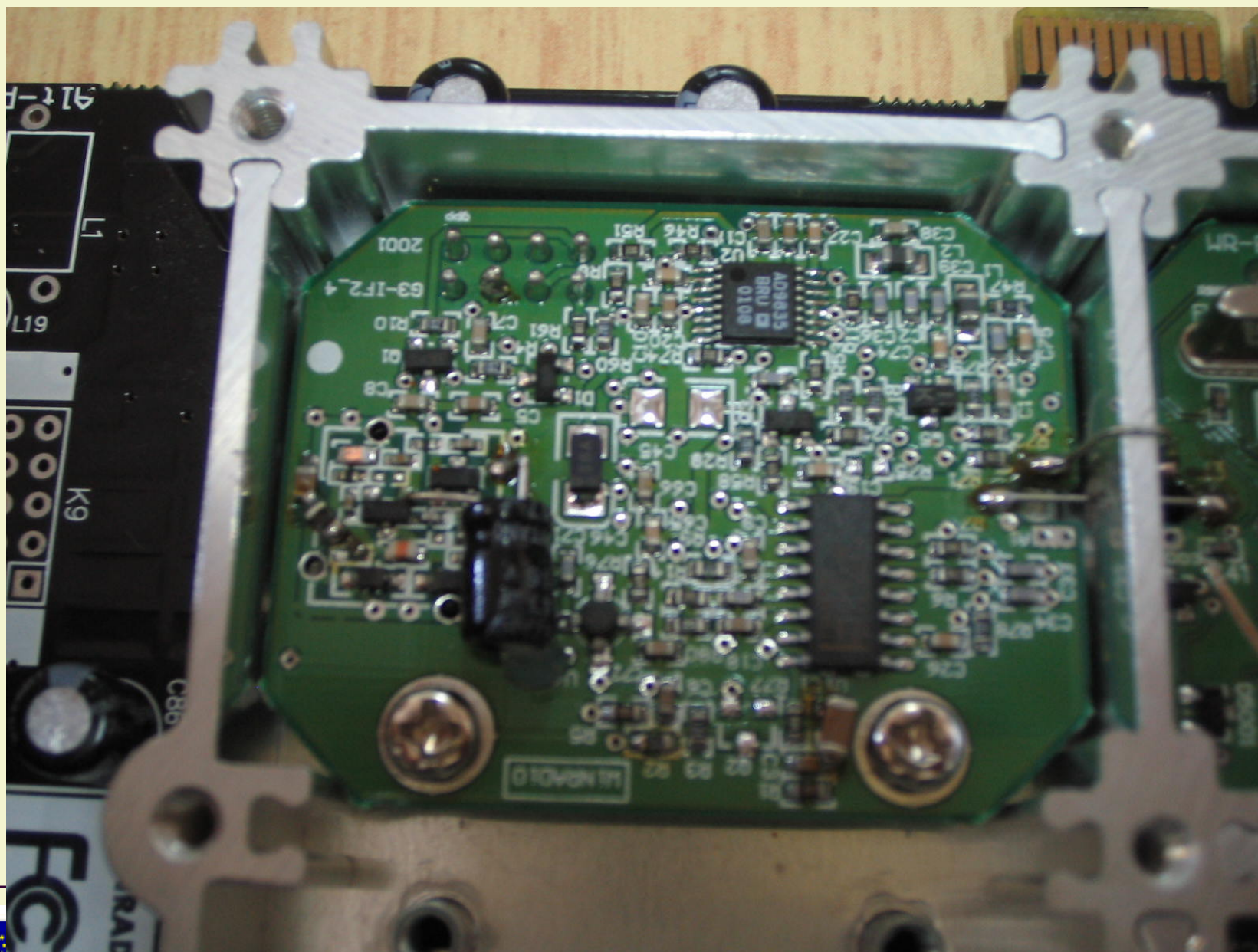
FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

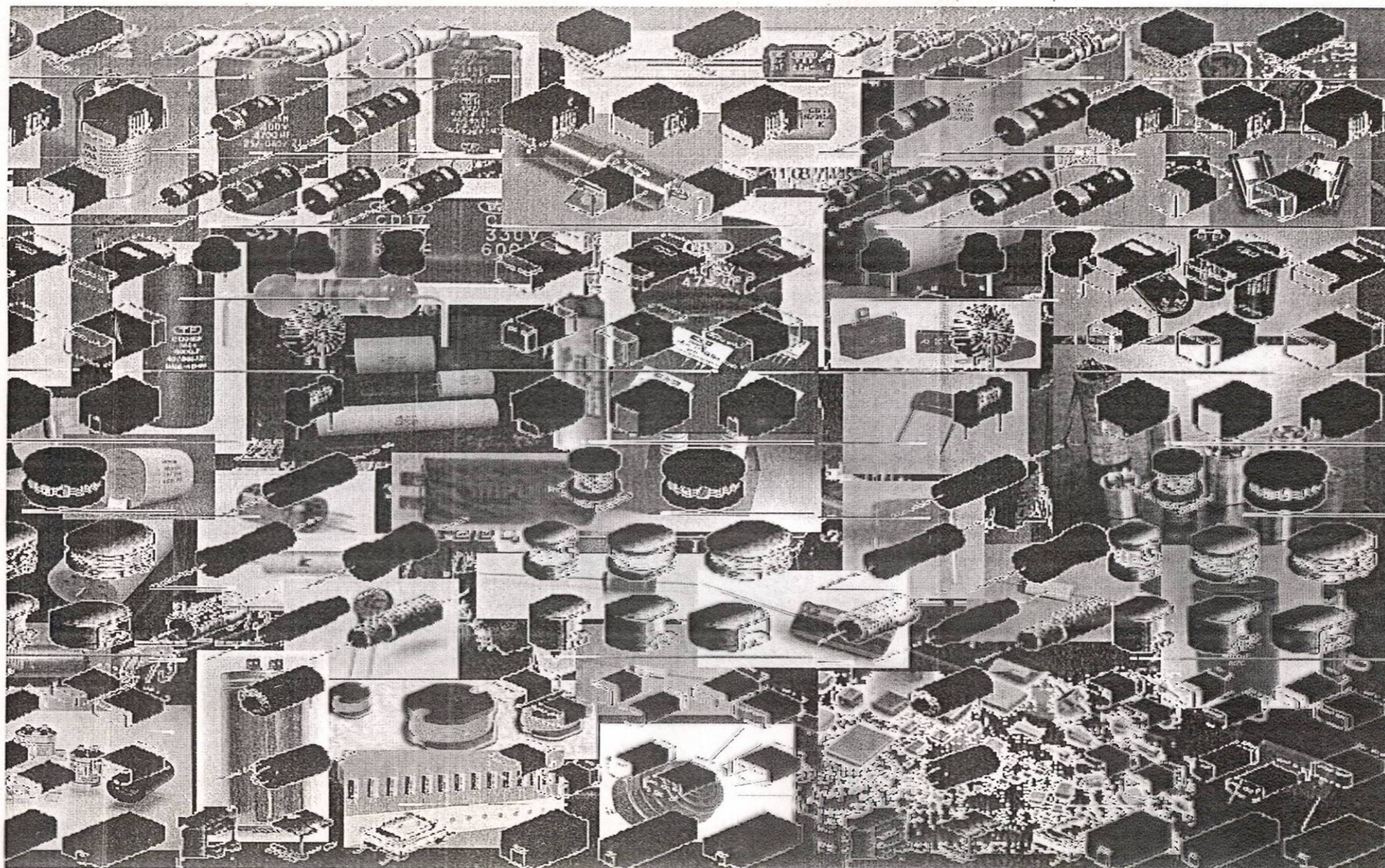
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin

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



Electronică

Componente pasive



Aspecte privind componentele si circuiturile pasive



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



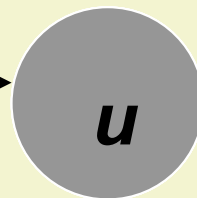
INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

ELAN

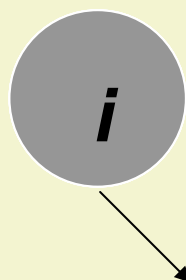
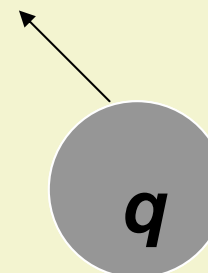
Promovarea Culturii Antreprenoriale: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !

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

Tensiune electrică



Sarcina electrică



Curent electric



Flux magnetic



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



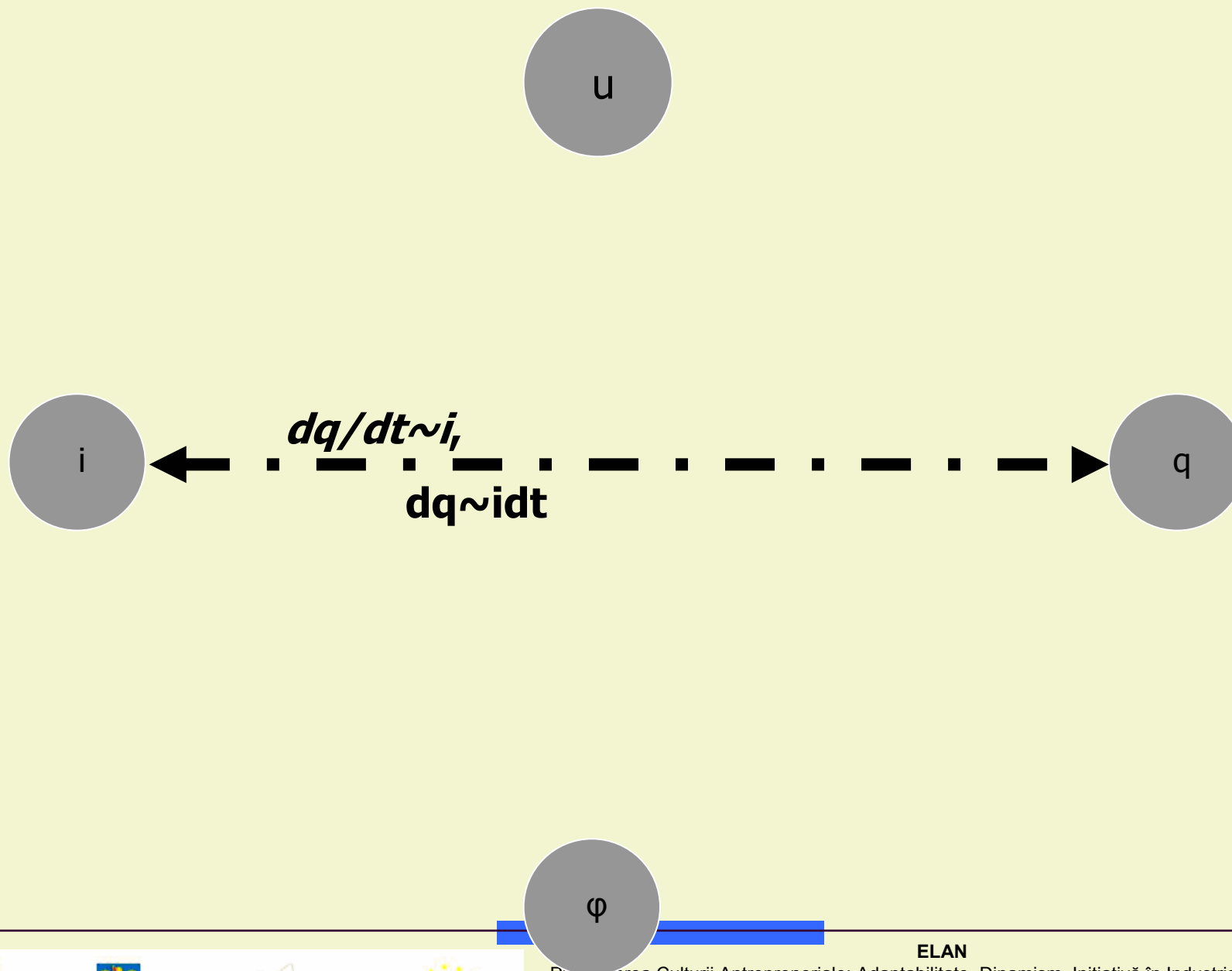
FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013

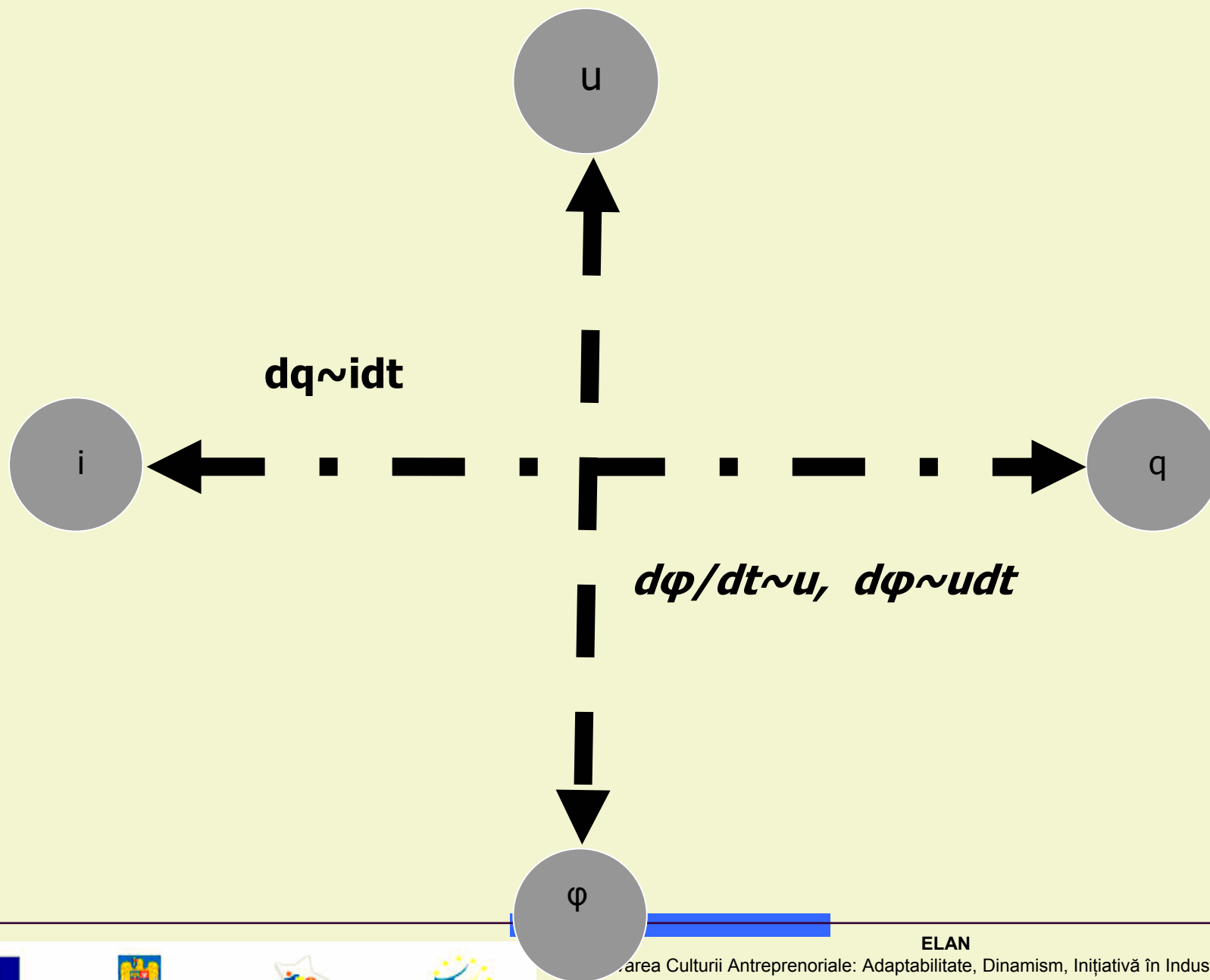


INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

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

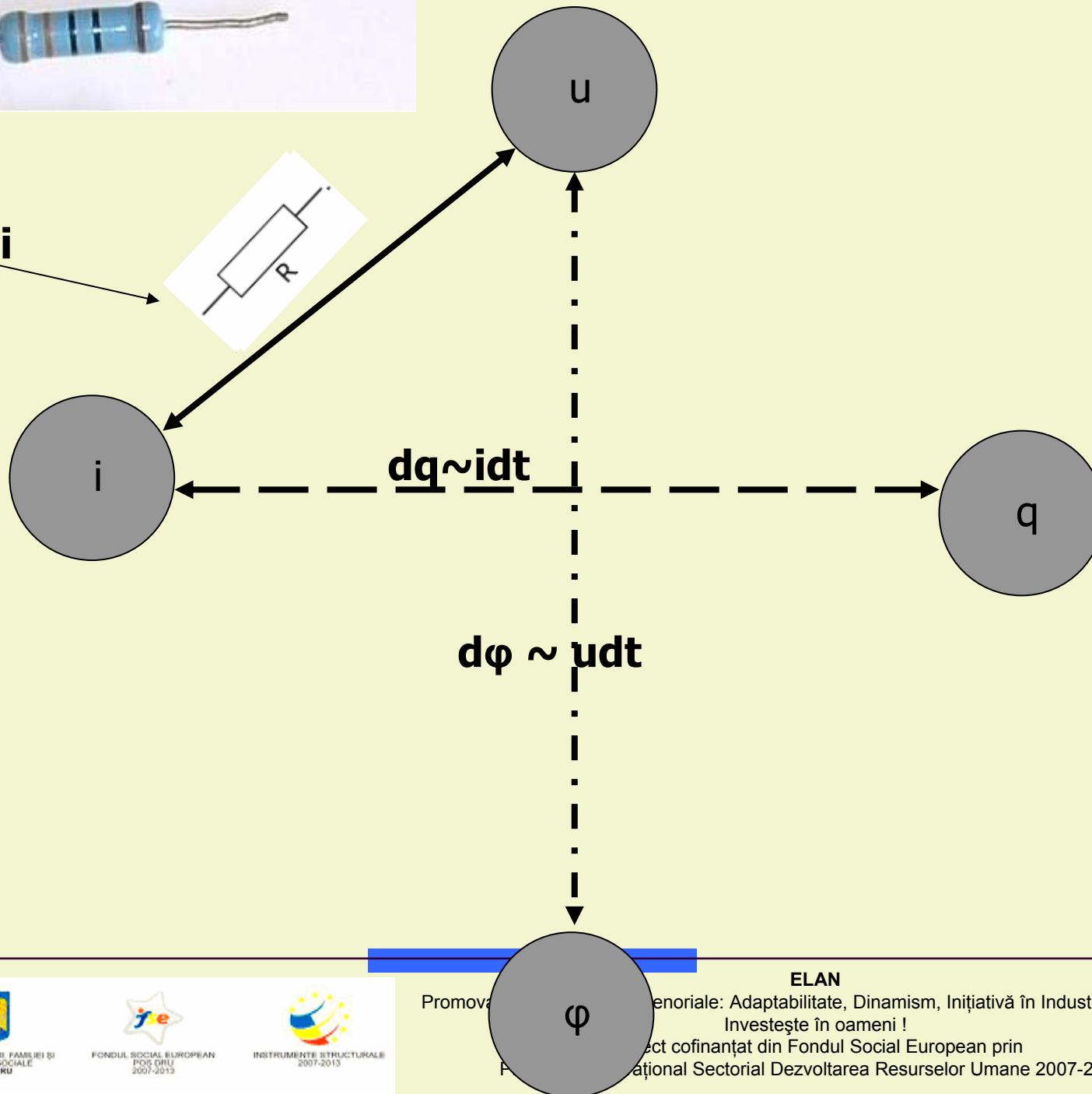
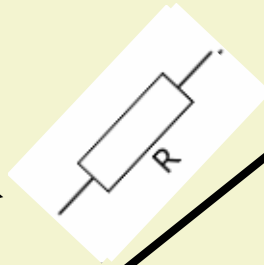
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013







$$\begin{aligned} du &\sim di, \\ du &= R di \end{aligned}$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOS DRU



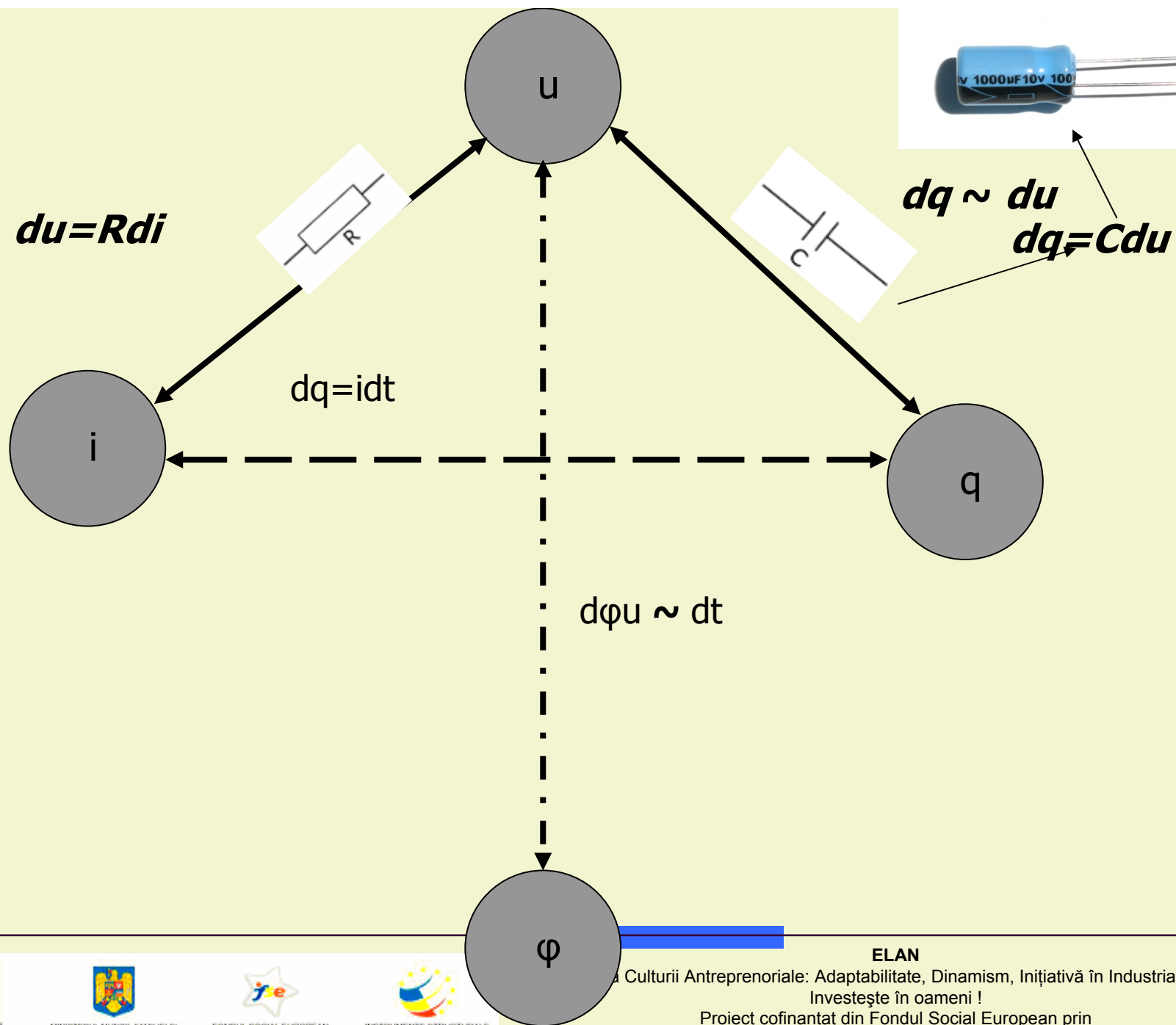
FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013

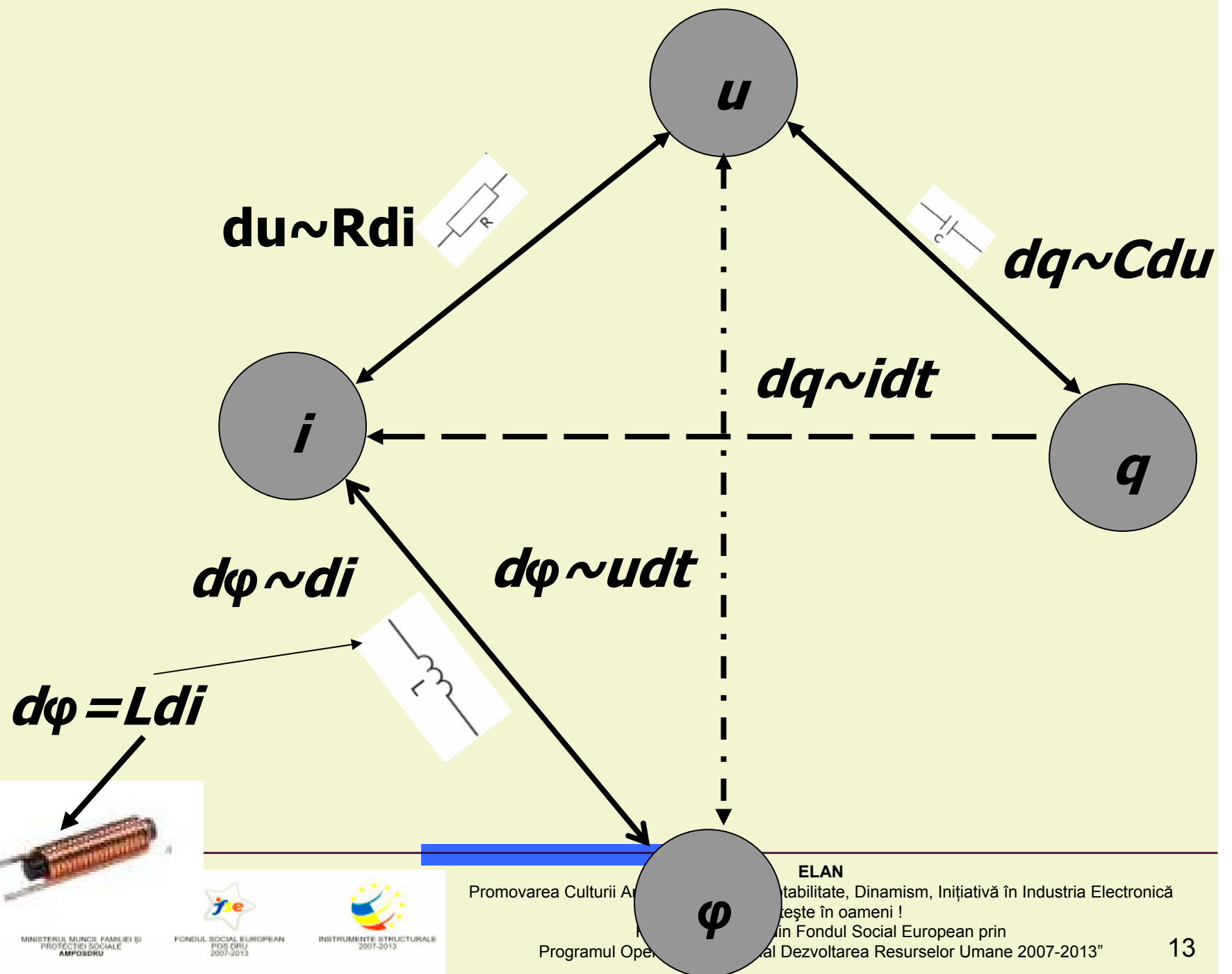


INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Promovarea inovației: Adaptabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
Investește în oameni !
Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programa Națională Sectorială Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013”

ELAN





UNIUNEA EUROPEANĂ

MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

Promovarea Culturii A...

Programul Oper...

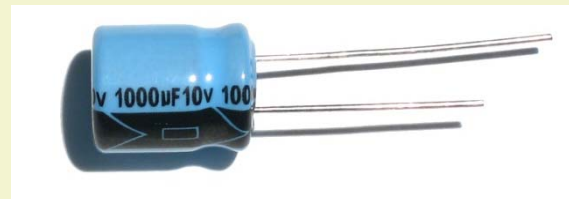
ELAN

stabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică

cește în oameni !

în Fondul Social European prin

al Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"



Memristorul – cum a fost descoperit

■ 1971 - Prof. Leon Chua -

Electrical Engineering Department
al UC Berkeley publică lucrarea
"Memristor – The missing circuit
element." *IEEE Trans. Circuit
Theory* **CT-18**, 507-519 (1971) –
unde demonstrează matematic
existența acestei componente



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"

Memristor *

- Memristors /memristor/ ("memory resistors") are a class of **passive** two-terminal **circuit elements** that maintain a **functional** relationship between the time **integrals** of **current** and **voltage**. This function, called memristance, is similar to variable **resistance**.
- Specifically engineered memristors provide controllable resistance, but such devices are not commercially available. The definition of the **memristor** is based solely on fundamental circuit variables, similarly to the **resistor, capacitor, and inductor**.
- Unlike those three elements, which are allowed in linear time-invariant or LTI system theory, memristors are nonlinear and may be described by any of a variety of time-varying functions of net charge. There is no such thing as a generic memristor. Instead, each device implements a particular function. A linear time-invariant memristor is simply a conventional resistor.

* From Wikipedia, the free encyclopedia- <http://de.wikipedia.org/wiki/Memristor>



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"

Structura de memristor a fost pusă în evidență 2008 *

- 2008 - Dezvoltat de HP Labs, Information and Quantum Systems Lab – coordonator R. Stanley Williams – peliculă subțire dubla de dioxid de titan

* IEEE Spectrum 12.08 pag. 24



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

structură / funcționare

- un "sandwich" cu două straturi (total 40 nm) de pelicule (filme) de dioxid (bioxid) de titaniu – TiO_2 plasate între două pelicule (layer) de platina (40-50 nm)
- Memristorul funcționează prin schimbarea structurii atomice a filmelor – cuplând mișcarea golurilor din material cu mișcarea electronilor prin material



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

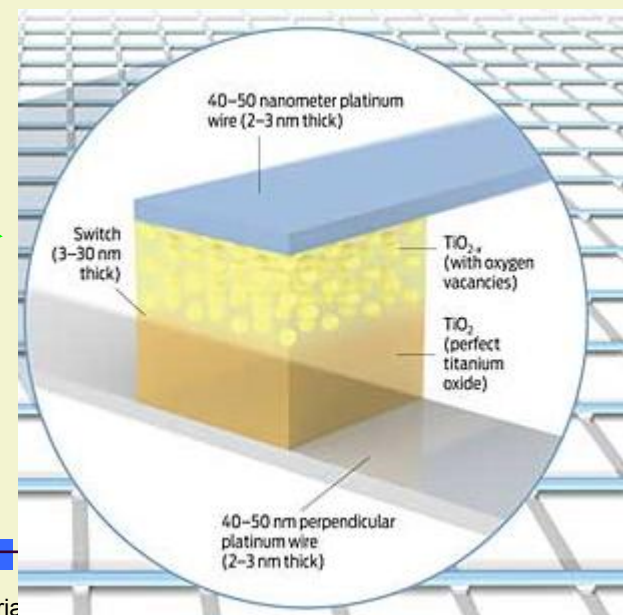
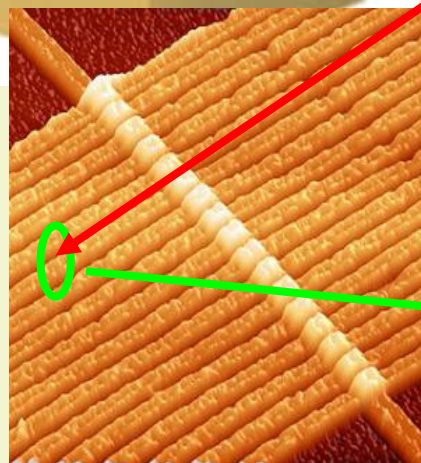
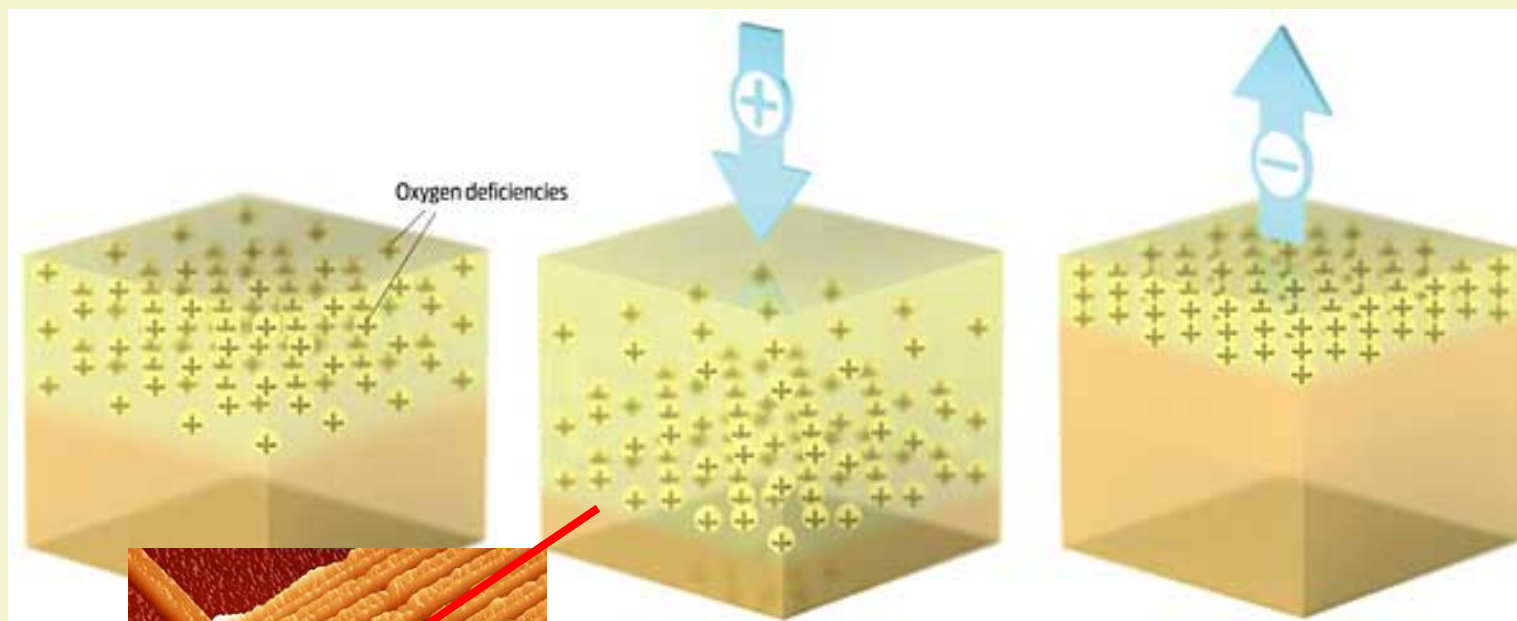
ELAN

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"

TiO_{2-x}

TiO_2



	<u>elektrische Ladung</u>	<u>elektrischer Strom</u>
<u>Elektrische Spannung</u>	<u>(reziproke) Kapazität</u> $\frac{1}{C} = \frac{dU}{dq} = \frac{d\dot{\Phi}}{d\dot{q}}$	<u>Resistivität</u> $R = \frac{dU}{dI} = \frac{d\dot{\Phi}}{d\dot{q}}$
<u>Magnetischer Fluss</u>	<u>Memristivität</u> $M = \frac{d\Phi}{dq}$	<u>Induktivität</u> $L = \frac{d\Phi}{dI} = \frac{d\Phi}{d\dot{q}}$



UNIUNEA EUROPEANĂ

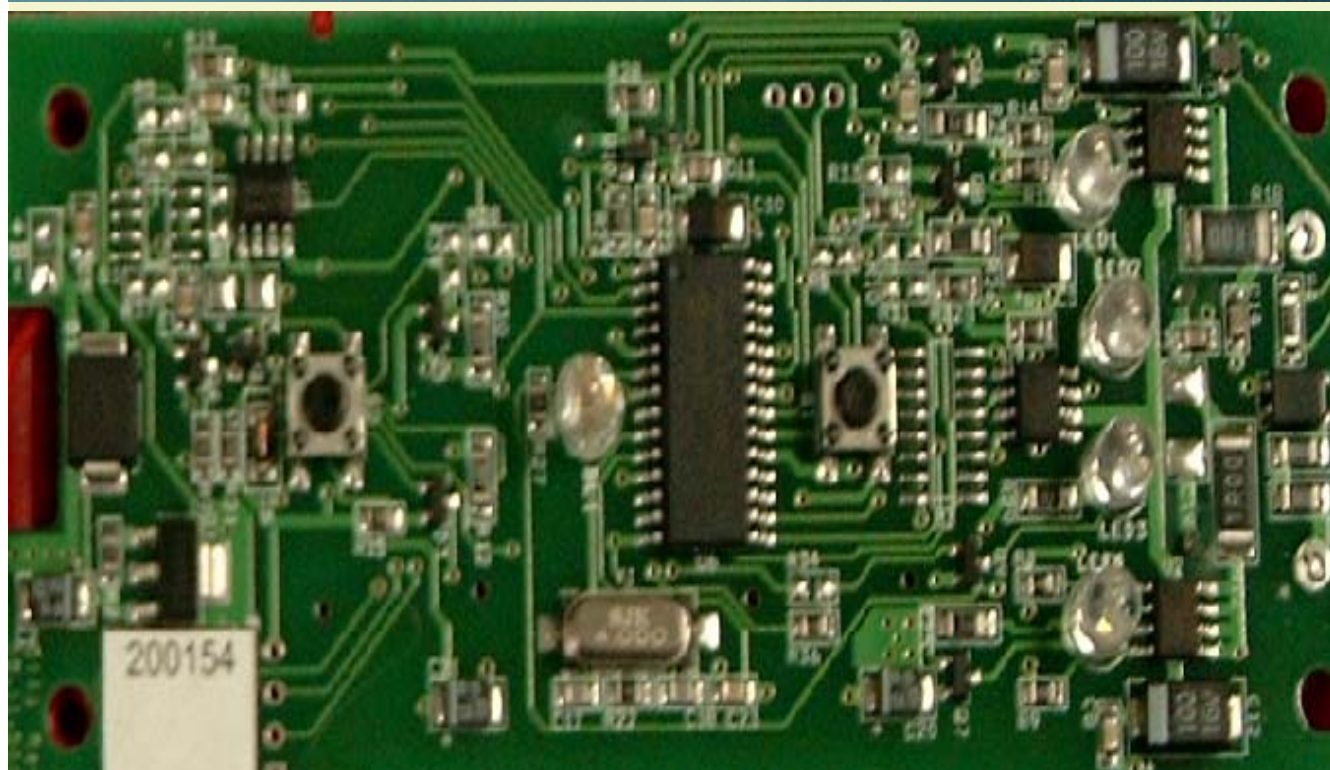
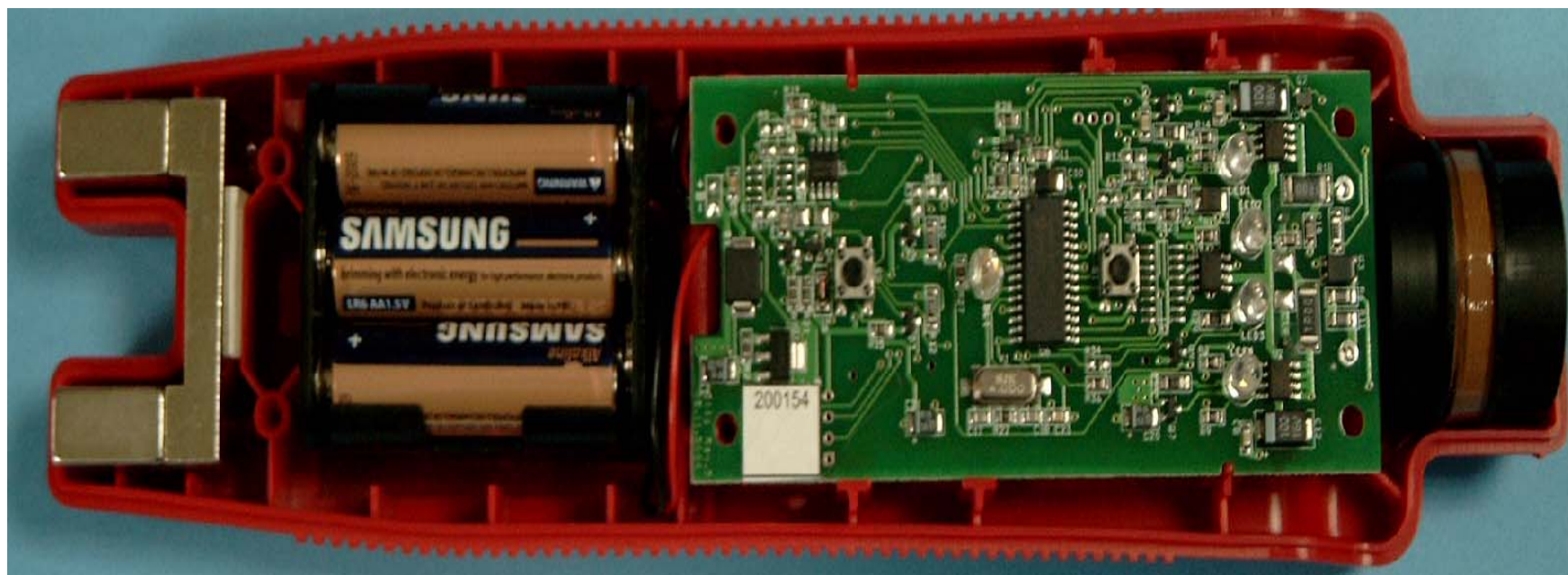
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMFOSDRU

FONDUL SOCIAL EUROPEAN
POSDRU
2007-2013

INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

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

tronică



LAN

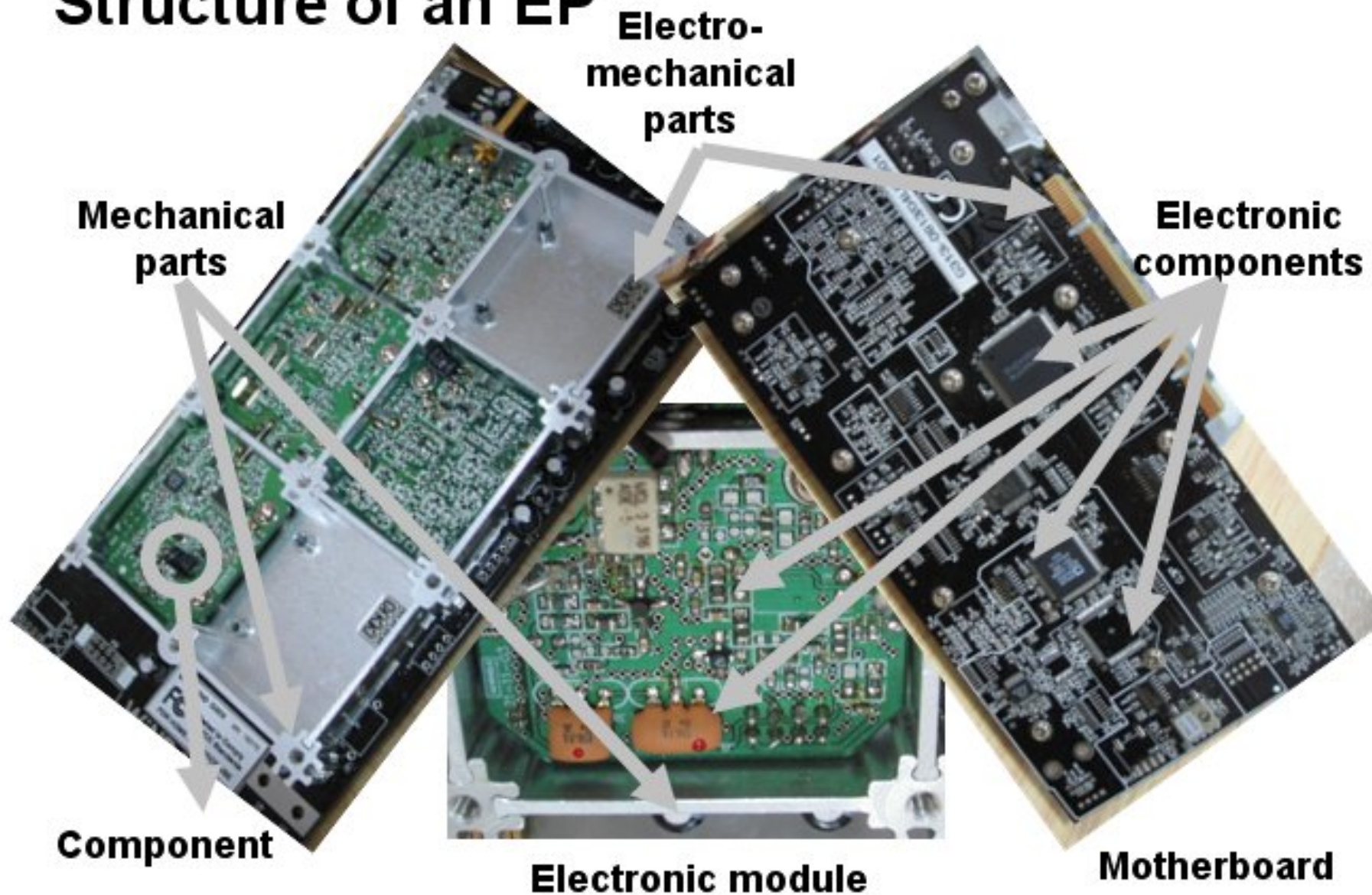
itate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică

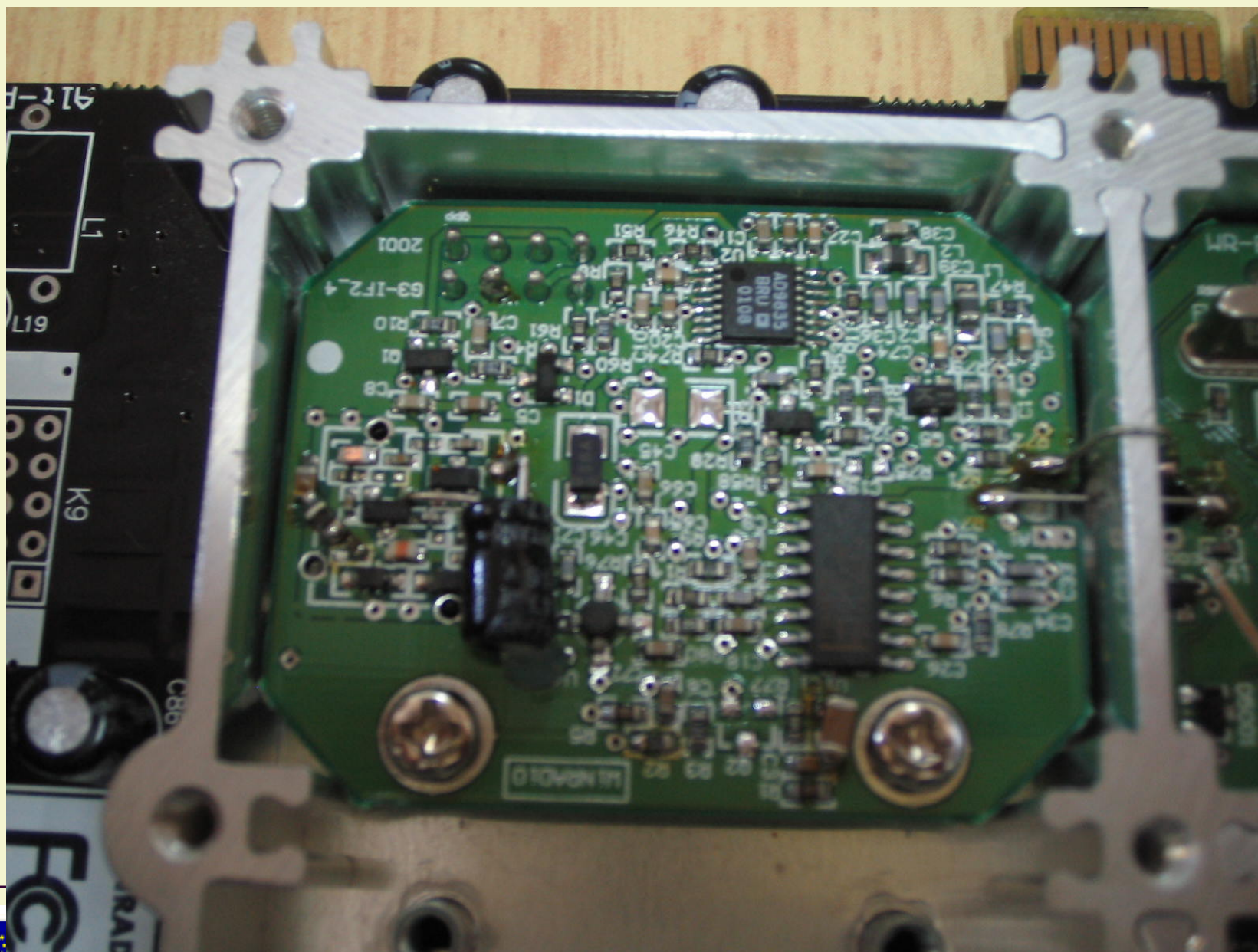
de în oameni !

ondul Social European prin

Programul Operațional Economic Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Structure of an EP



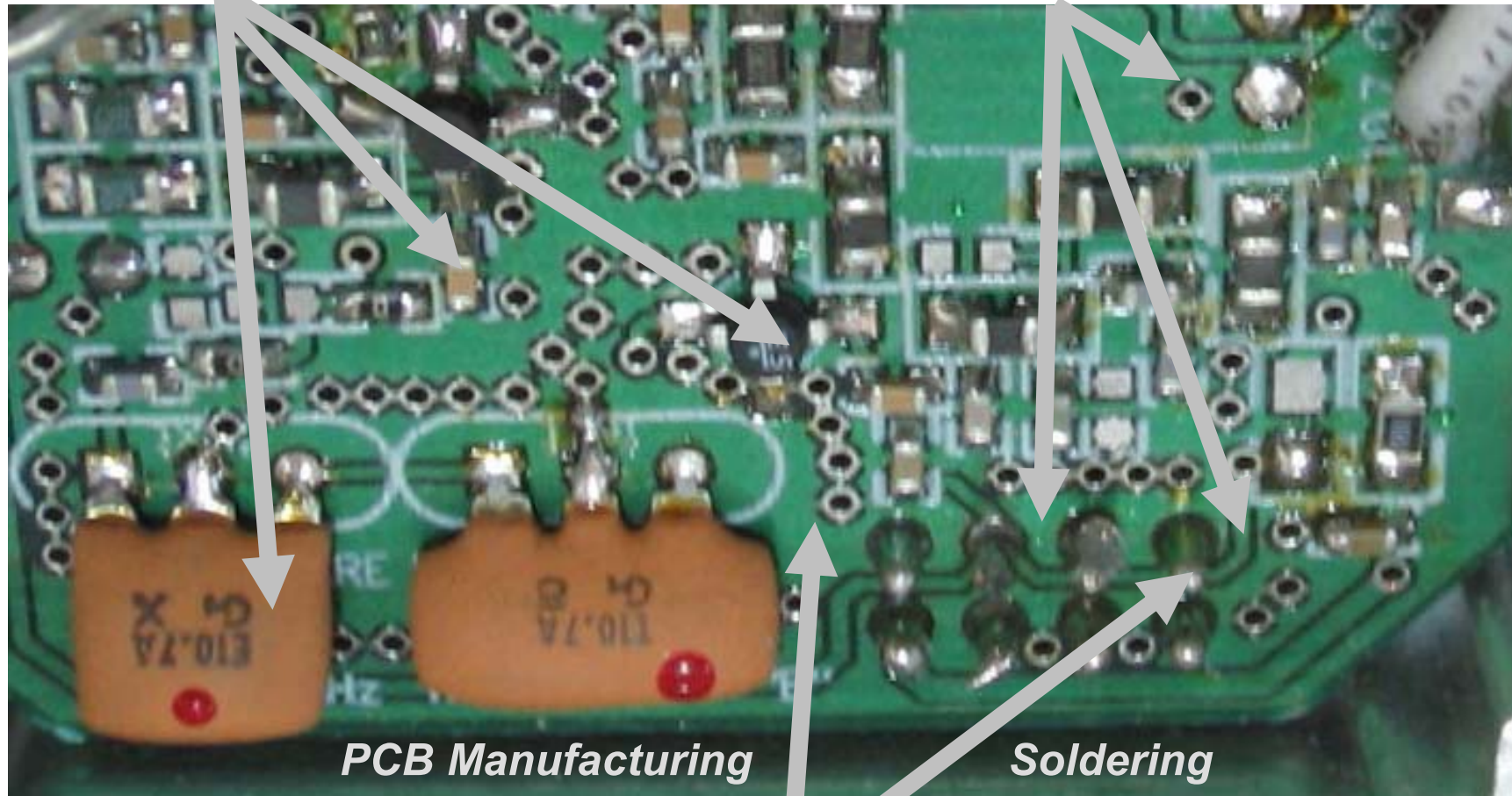


Electronică

In detail, an electronic module consists of:

standard components

dedicated components (PCB)



PCB Manufacturing

Soldering

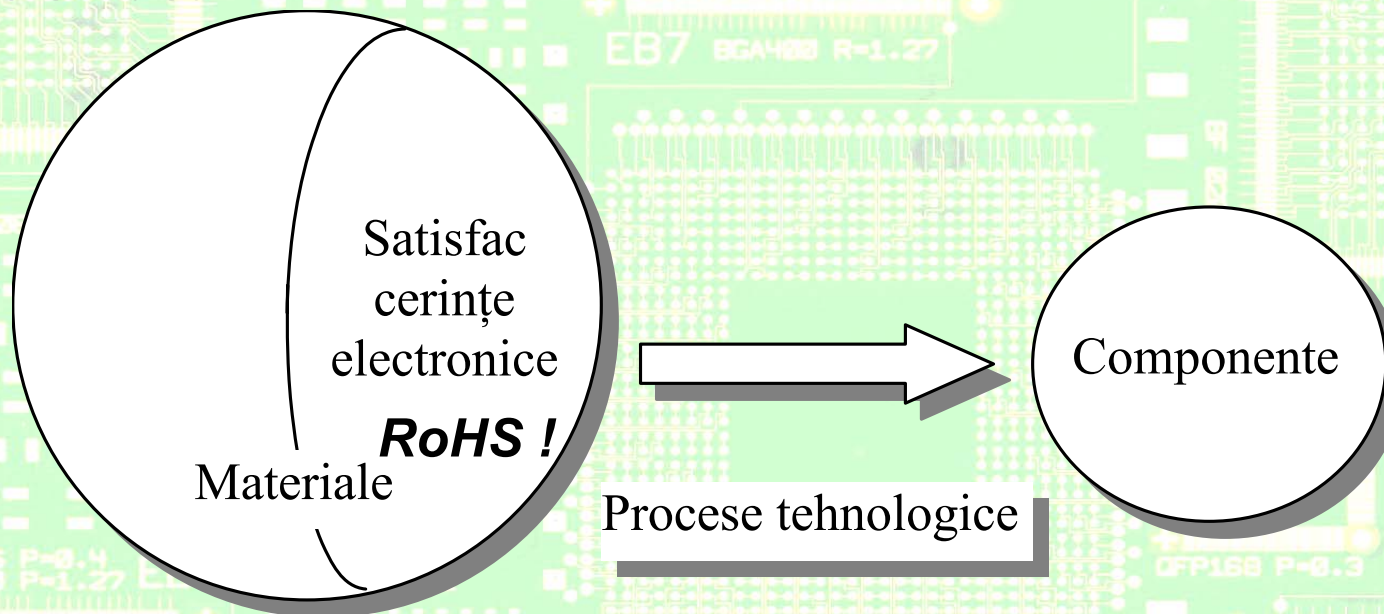
electronics technologies



În forma lui cea mai generală **un aparat electronic** poate fi considerat ca fiind o entitate formată (alcătuită) dintr-o multitudine de **componente electronice** și **neelectronice**. Ea este destinată satisfacerii unor cerințe funcționale (electronice și neelectronice) bine precizate și care trebuie stabilite anterior fazei de proiectare a aparatului respectiv.

Prin **componentă electronică** (normalizată/dedicată) se înțelege unitatea funcțională și /sau constructivă cea mai mică aparținând unui aparat electronic. În cazul în care unitatea constructivă minimă coincide cu unitatea funcțională minimă, se vorbește despre o componentă discretă (diode, tranzistoare, inductoare, rezistoare, condensatoare, etc.).

Toate *componentele sunt alcătuite din materiale într-o structură bine definită*, efectele fizice specifice acestor materiale întrebuintându-se pentru obținerea proprietăților caracteristice fiecărui tip de componentă în parte. Cu alte cuvinte la baza realizării componentelor electronice stau legi ale fizicii, care materializate prin intermediul proceselor tehnologice conduc la realizarea de componente cu diverse complexități funcționale și constructive.

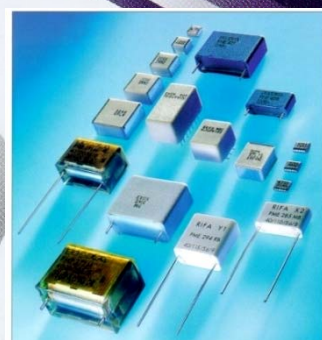
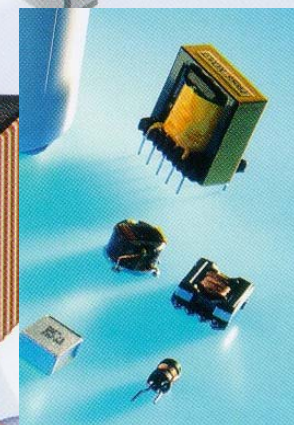
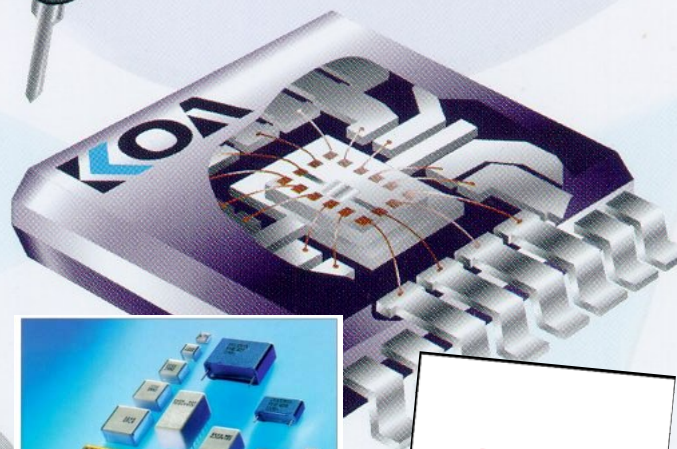
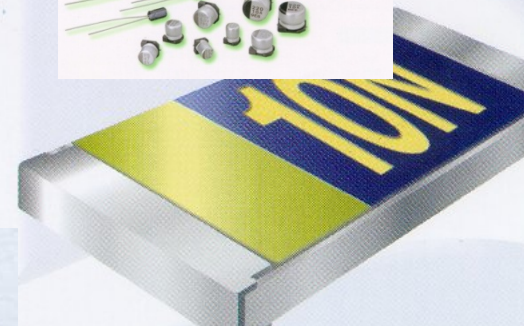




Componenta pasivă:

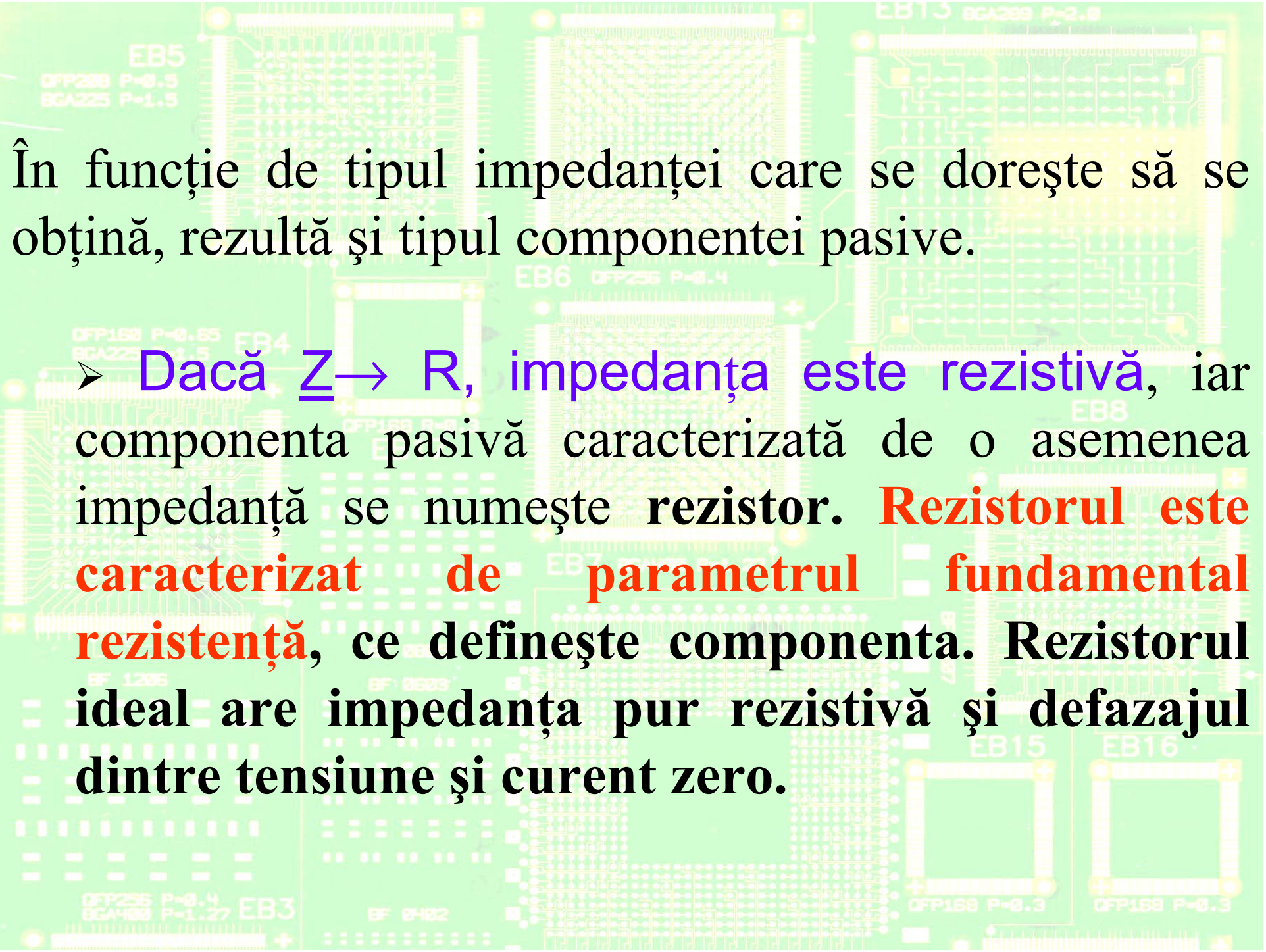
este o componentă de tip dipol, realizată în scopul obținerii unei anumite impedanțe cu o comportare cât mai apropiată de cea ideală într-o bandă de frecvență cât mai mare și concentrată într-un volum cât mai mic.

SOT23	3 pin	Ceramic BGA	
TSSOP	16 pin	20 pin	24 pin
SSOP (QSOP)	16 pin	20 pin	24 pin
SOP-N (SOIC-N)	8 pin	14 pin	16 pin
SOP-W (SOIC-W)	16 pin	20 pin	



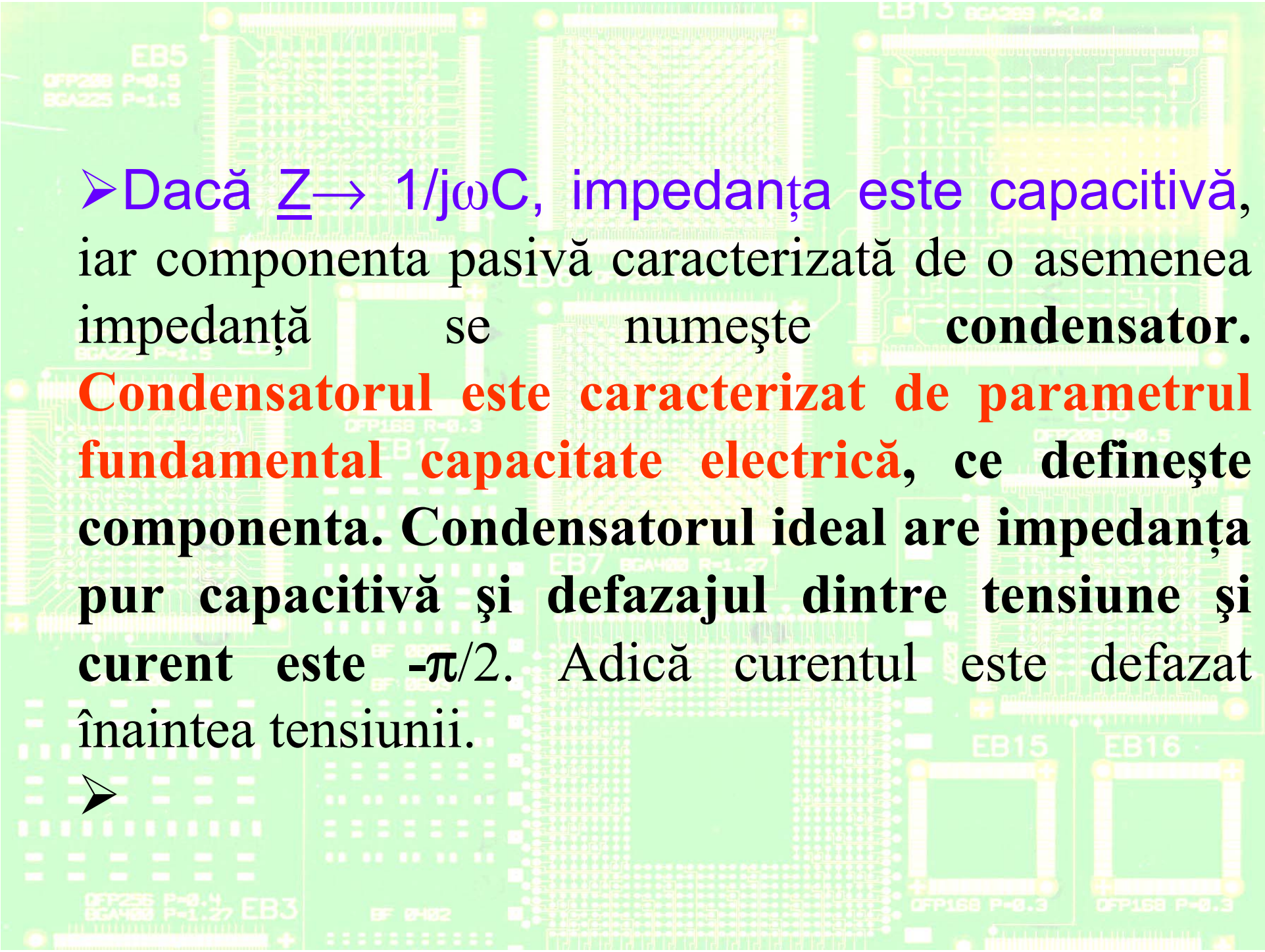
Film Capacitors 2001





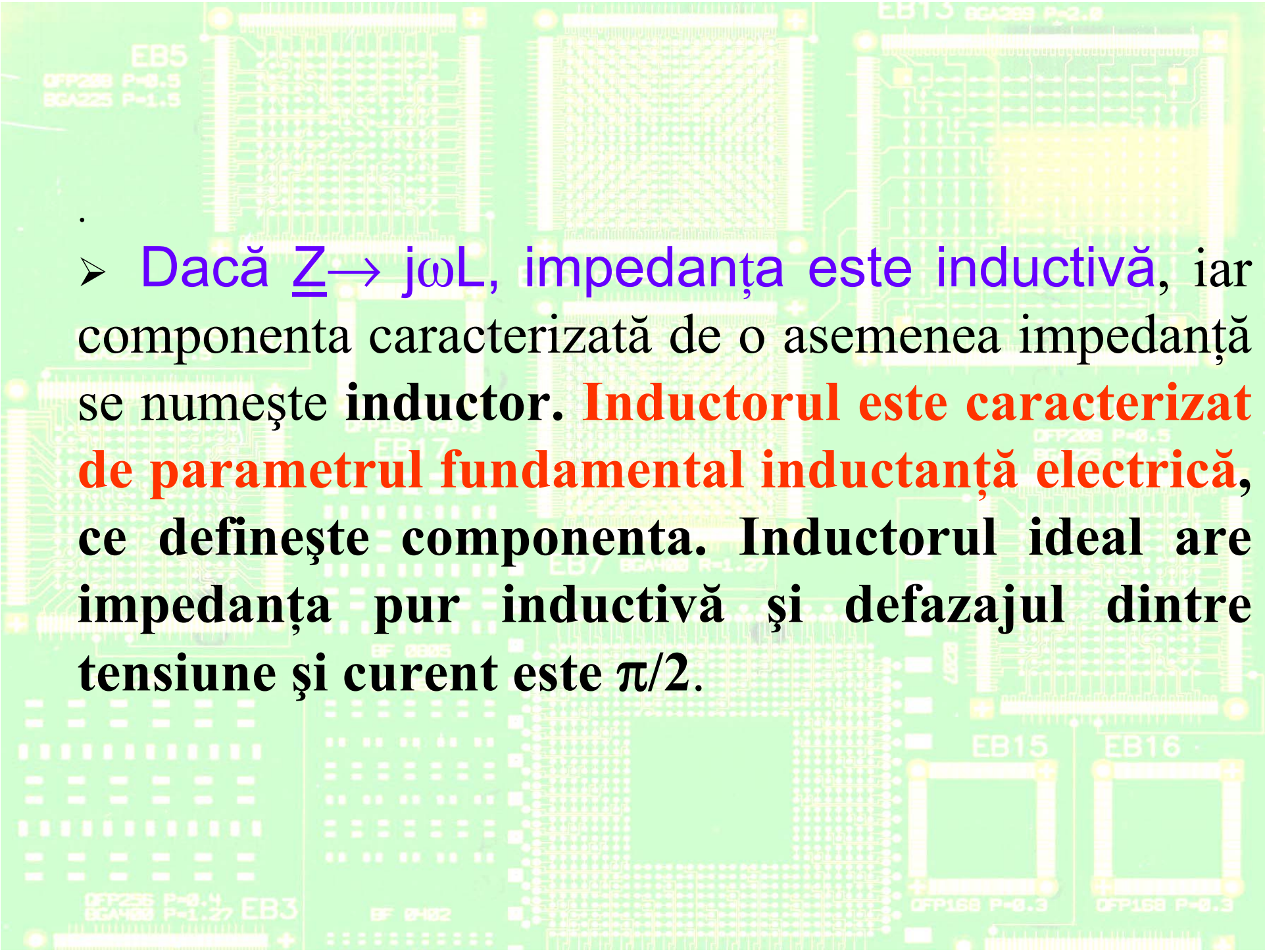
În funcție de tipul impedanței care se dorește să se obțină, rezultă și tipul componentei pasive.

➤ Dacă $\underline{Z} \rightarrow R$, impedanța este rezistivă, iar componenta pasivă caracterizată de o asemenea impedanță se numește rezistor. **Rezistorul este caracterizat de parametrul fundamental rezistență**, ce definește componenta. Rezistorul ideal are impedanța pur rezistivă și defazajul dintre tensiune și curent zero.



➤ Dacă $Z \rightarrow 1/j\omega C$, impedanța este capacitivă, iar componenta pasivă caracterizată de o asemenea impedanță se numește **condensator**. **Condensatorul este caracterizat de parametrul fundamental capacitate electrică**, ce definește componenta. Condensatorul ideal are impedanța pur capacitivă și defazajul dintre tensiune și curent este $-\pi/2$. Adică curentul este defazat înaintea tensiunii.



- 
- Dacă $\underline{Z} \rightarrow j\omega L$, impedanța este inductivă, iar componenta caracterizată de o asemenea impedanță se numește **inductor**. **Inductorul este caracterizat de parametrul fundamental inductanță electrică, ce definește componenta. Inductorul ideal are impedanța pur inductivă și defazajul dintre tensiune și curent este $\pi/2$.**

Rezultă:

în funcție de tipul impedanței,

principala clasificare a
componentelor pasive:

1. Rezistoare

2. Condensatoare

3. Inductoare



UNIUNEA EUROPEANĂ



MINISTERUL MUNCII ȘI PROTECȚIEI SOCIALE
ANPDRU



MINISTERUL ECONOMIEI ȘI FINANTELOR
2007-2013



MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
2007-2013

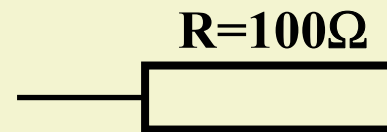
ELAN

Formarea continuă este cheia: Calitate, Stabilitate, Dinamism, Inițiativă în Industria Electronică
estește în oameni !

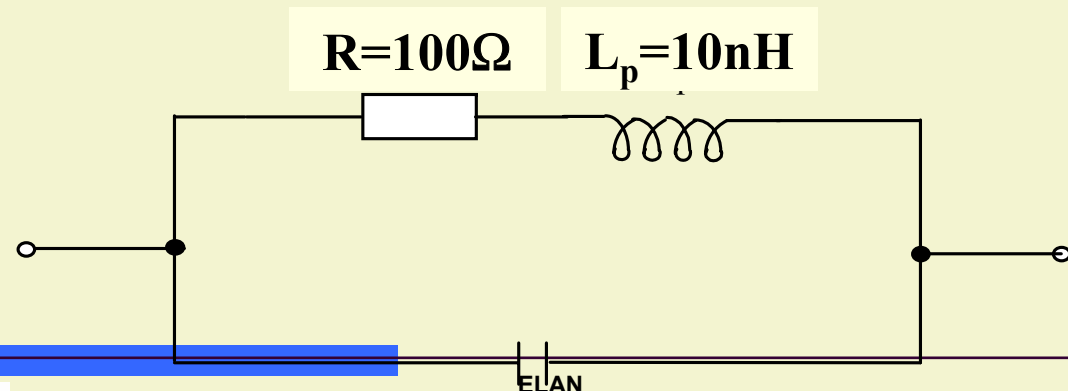
Proiect finanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013"

Componentă

Model



	<u>elektrische Ladung</u>	<u>elektrischer Strom</u>
<u>Elektrische Spannung</u>	<u>(reziproke) Kapazität</u> $\frac{1}{C} = \frac{dU}{dq} = \frac{d\Phi}{dq}$	<u>Resistivität</u> $R = \frac{dU}{dI} = \frac{d\Phi}{dq}$
<u>Magnetischer Fluss</u>	<u>Memristivität</u>	<u>Induktivität</u> $L = \frac{d\Phi}{dI} = \frac{d\Phi}{dq}$



AMPOS DRU

2007-2013



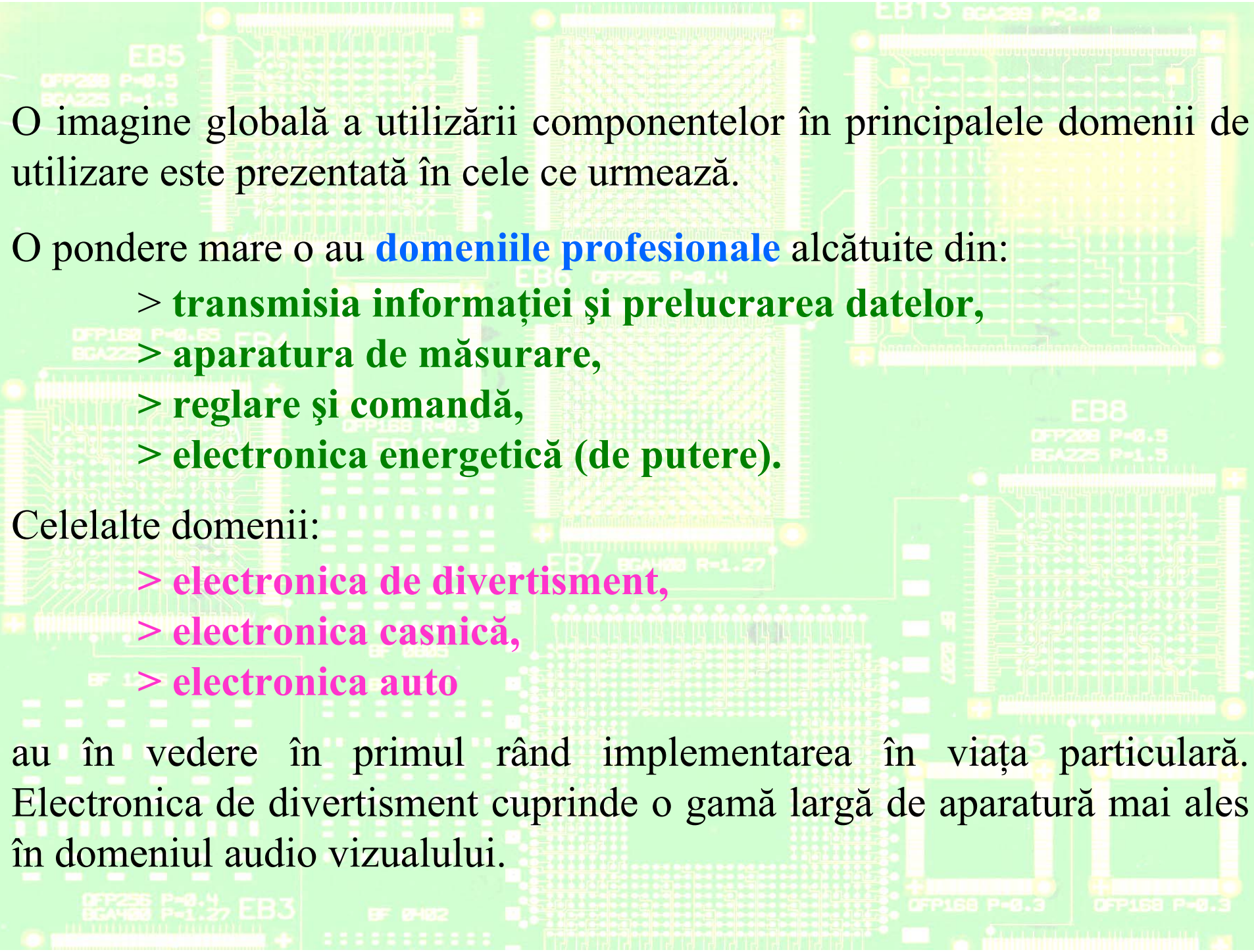
Promovarea Culturii Antreprenoriale

$C_p=0,3pF$

Inițiativă în Industria Electronică

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

	1 MHz	500 MHz
L = 10 nH	$\omega L = 0,06283\Omega$	$\omega L = 31,415\Omega$
C = 0,3 pF	$1/\omega C = 530,5\text{ k}\Omega$	$1/\omega C = 1,06\text{ k}\Omega$



O imagine globală a utilizării componentelor în principalele domenii de utilizare este prezentată în cele ce urmează.

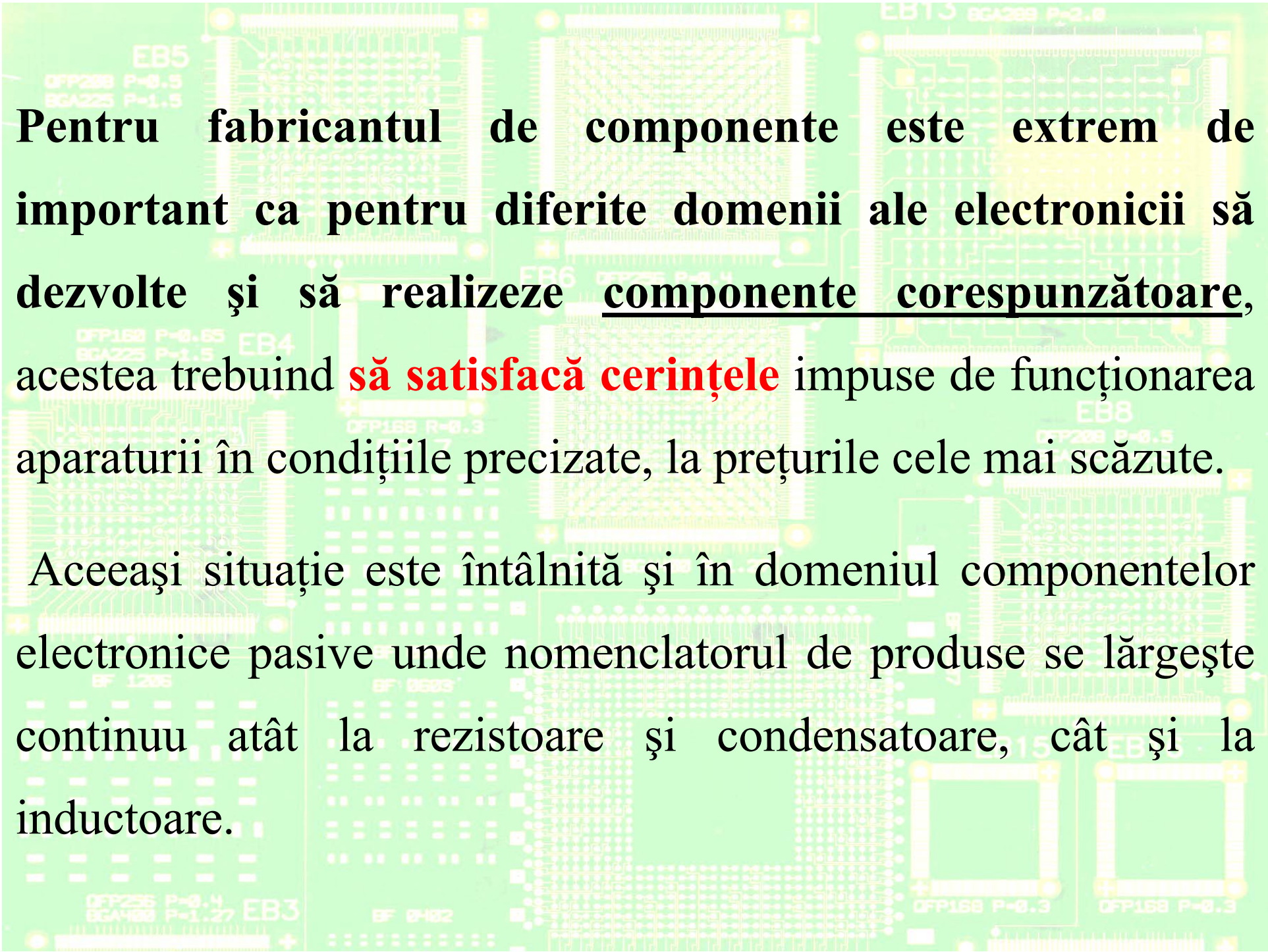
O pondere mare o au **domeniile profesionale** alcătuite din:

- > **transmisia informației și prelucrarea datelor,**
- > **aparatura de măsurare,**
- > **reglare și comandă,**
- > **electronica energetică (de putere).**

Celelalte domenii:

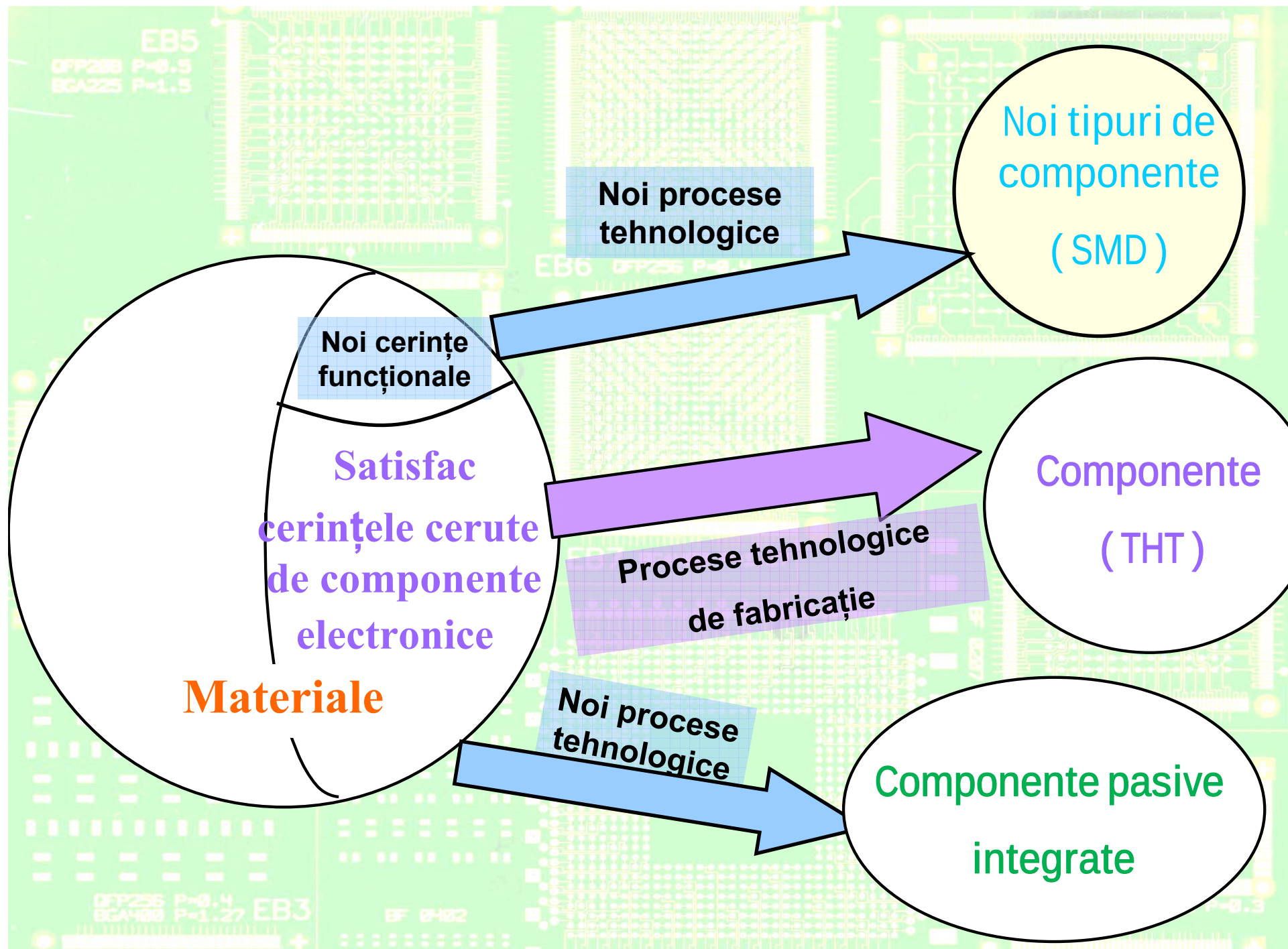
- > **electronica de divertisment,**
- > **electronica casnică,**
- > **electronica auto**

au în vedere în primul rând implementarea în viața particulară. Electronica de divertisment cuprinde o gamă largă de aparatură mai ales în domeniul audio vizualului.



Pentru fabricantul de componente este extrem de important ca pentru diferite domenii ale electronicii să dezvolte și să realizeze componente corespunzătoare, acestea trebuind **să satisfacă cerințele** impuse de funcționarea aparaturii în condițiile precizate, la prețurile cele mai scăzute.

Aceeași situație este întâlnită și în domeniul componentelor electronice pasive unde nomenclatorul de produse se lărgeste continuu atât la rezistoare și condensatoare, cât și la inductoare.



Mărimi caracteristice

Valoarea nominală X_N și toleranța de fabricație t .

Valoarea nominală X_N , reprezintă valoarea ce se dorește să se obțină în procesul de fabricație a componentei și este în general marcată pe corpul acestora.

Valoarea nominală X_N , reprezintă valoarea ce se dorește să se obțină în procesul de fabricație a componentei și este în general marcată pe corpul acestora.

În mod ideal procesul de fabricație ar trebui să se desfășoare astfel încât să se obțină cu rigurozitate ceea ce s-a proiectat. Datorită condițiilor reale în care se desfășoară procesul de fabricație este posibil să apară abateri între valorile proiectate și valorile fabricate. Dacă se urmărește la un produs obținerea unui parametru X_1 , de exemplu capacitatea în cazul unui condensator, este posibil ca în urma procesului de fabricație parametrul să rezulte cu valoarea X , mai mult sau mai puțin diferită de X_1 , ca atare se poate face afirmația că valoarea X obținută este variabilă aleatoare. ***Variabila aleatoare este o mărime care în funcție de rezultatul unui experiment poate lua valoarea dintr-o mulțime bine definită de valori (mulțimea valorilor posibile).*** Această valoare nu poate fi cunoscută înainte de efectuarea experimentului. Dacă se măsoară aceeași mărime X caracteristică la un mare număr de același tip de componente (de exemplu rezistența în cazul unui lot de 1000 de rezistoare de tip RCG 1100 cu rezistența nominală de $1k\Omega$) și se reprezintă pe ordonată numărul valorilor intervalelor de lățimea ΔX , se obține de regulă o histogramă dispusă sub formă de clopot, figura 1.3.

Mărimi caracteristice

Experimental se constată că distribuția variabilei aleatoare în cazul unui număr mare de componente de același tip, admite o densitate de probabilitate ce respectă legea normală de distribuție numită și clopotul lui Gauss(fig.1.3).

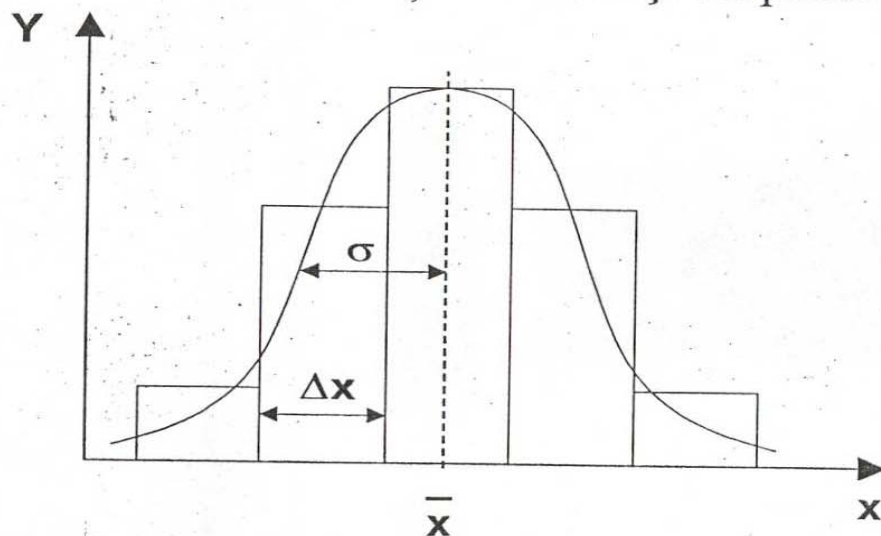


Fig. 1.3 Distribuția valorilor unei mărimi caracteristice

Expresia densității de probabilitate a distribuției variabilei aleatoare x este

$$Y(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (1.3)$$

unde:

x - valoarea variabilei aleatoare;

$\bar{x}$ - valoarea medie;

σ - abaterea medie pătratică (distanța de la valoarea medie la punctul de inflexiune al curbei).

Mărimi caracteristice

Dacă se integrează Y , pe intervalul $[x_n, x_{n+1}]$ se obține probabilitatea cu care mărimea caracteristică se situează în intervalul respectiv:

$$P_n = \int_{x_n}^{x_{n+1}} Y(x) dx \quad (1.4)$$

Prin multiplicarea cu numărul total de componente rezultă numărul de componente cu mărimea caracteristică în intervalul respectiv.

Ne propunem să calculăm probabilitatea cu care respectiva mărime caracteristică se află în intervalul $[\bar{x} - 3\sigma, \bar{x} + 3\sigma]$:

$$P(\bar{x} - 3\sigma, \bar{x} + 3\sigma) = \int_{\bar{x} - 3\sigma}^{\bar{x} + 3\sigma} Y(x) dx \quad (1.5)$$

de unde cu schimbarea de variabilă $u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$ rezultă:

$$P(-3 < u < 3) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-3}^3 e^{-\frac{u^2}{2}} du = 0,997 \quad (1.6)$$

Cu alte cuvinte corespunzător unei distribuții normale a mărimii caracteristice unui lot de componente, un procentaj de 99,7% dintre ele au valoarea reală a mărimii caracteristice (în cazul condensatoarelor, capacitatea) cuprinsă în intervalul $[\bar{x} - 3\sigma, \bar{x} + 3\sigma]$.



Toleranța reprezintă abaterea maximă a valorii reale față de valoarea nominală pe care o poate prezenta o mărime caracteristică dintr-un lot de componente.

În cazul unui lot de 1000 de rezistoare cu valoarea nominală de $1k\Omega$ și toleranța de $\pm 10\%$ înseamnă practic că mărimea caracteristică a rezistorului, rezistența sa, se va afla în intervalul $[900\Omega, 1100\Omega]$.

Mărimi caracteristice



“POLITEHNICA” UNIVERSITY of
BUCHAREST

Din cauza nenumăraților factori ce pot să intervină în procesul tehnologic (în mare, ei pot fi grupați în trei categorii: *caracteristici de material, precizia procesului tehnologic, factorul uman*), valoarea reală rezultată se situează în jurul valorii nominale. Cu cât apropierea dintre cele două valori, nominală și reală, este mai mare cu atât toleranța valorii reale comparativ cu valoarea nominală este mai mică.

Toleranța reprezintă abaterea maximă a valorii reale față de valoarea nominală pe care o poate prezenta o mărime caracteristică dintr-un lot de componente. În cazul unui lot de 1000 de rezistoare cu valoarea nominală de $1k\Omega$ și toleranța de $\pm 10\%$ înseamnă practic că mărimea caracteristică a rezistorului, rezistența sa, se va afla în intervalul $[900\Omega, 1100\Omega]$.

Matematic toleranța este reprezentată de expresia

$$t = \pm \max \frac{|X_r - X_N|}{X_N} \quad (1.7)$$

sau de expresia

$$t = \pm \max \frac{|X_r - X_N|}{X_N} 100 \quad [\%] \quad (1.8)$$

Acest mod de determinare este valabil pentru **toleranță simetrică**, adică abaterea pozitivă este egală cu cea negativă.

Mărimi caracteristice



"POLITEHNICA" UNIVERSITY of
BUCHAREST

Sunt însă cazuri când cele două diferă. În acest sens vom defini o toleranță pozitivă notată t_+ și una negativă t_- .

$$t_+ = \frac{X_M - X_N}{X_N} \quad (1.9)$$

$$t_- = \frac{X_m - X_N}{X_N} \quad (1.10)$$

unde X_M , respectiv X_m , reprezintă valoarea maximă, respectiv minimă a parametrului fundamental.

De exemplu, sunt condensatoare ce au toleranțe de forma: $-20\%+50\%$; $-20\%+80\%$. Pe acestea le vom numi ca având **toleranță nesimetrică**.

Este evident că toleranța simetrică poate fi determinată și cu relația,

$$t = \pm \frac{X_M - X_N}{X_N} = \pm \frac{X_N - X_m}{X_N} \quad (1.11)$$

Așa cum s-a precizat abaterea valorii reale față de valoarea nominală este un atribut al fabricației componentelor electronice și ca atare cu cât maximumul diferenței este mai mic cu atât fabricația componentei se bazează pe un utilaj tehnologic mai bun, reglajul procesului tehnologic este corespunzător, materialele utilizate în fabricație prezintă caracteristici mai bune. În general toate aceste aspecte conduc la scumpirea componentei.

Mărimi caracteristice



“POLITEHNICA” UNIVERSITY of
BUCHAREST

Sunt însă cazuri când cele două diferă. În acest sens vom defini o toleranță pozitivă notată t_+ și una negativă t_- .

$$t_+ = \frac{X_M - X_N}{X_N} \quad (1.9)$$

$$t_- = \frac{X_m - X_N}{X_N} \quad (1.10)$$

unde X_M , respectiv X_m , reprezintă valoarea maximă, respectiv minimă a parametrului fundamental.

De exemplu, sunt condensatoare ce au toleranțe de forma: $-20\%+50\%$; $-20\%+80\%$. Pe acestea le vom numi ca având **toleranță nesimetrică**.

Este evident că toleranța simetrică poate fi determinată și cu relația,

$$t = \pm \frac{X_M - X_N}{X_N} = \pm \frac{X_N - X_m}{X_N} \quad (1.11)$$

Așa cum s-a precizat abaterea valorii reale față de valoarea nominală este un atribut al fabricației componentelor electronice și ca atare cu cât maximumul diferenței este mai mic cu atât fabricația componentei se bazează pe un utilaj tehnologic mai bun, reglajul procesului tehnologic este corespunzător, materialele utilizate în fabricație prezintă caracteristici mai bune. În general toate aceste aspecte conduc la scumpirea componentei.

Valorile nominale alcătuiesc un șir de valori obținut prin concatenarea, alăturarea unui șir de decade. În cadrul fiecărei decade se alege același număr de valori nominale, cele de același rang având aceleași cifre semnificative.

Determinarea valorilor nominale are în vedere următoarele criterii:

- ◆ Pentru două valori nominale consecutive X_{N1} și X_{N2} , cu $X_{N1} < X_{N2}$ aparținând aceleiași serii de valori (prezintă aceeași toleranță) este necesar să existe relația:

$$X_{N1}(1+t) \geq X_{N2}(1-t) \quad (1.12)$$

ceea ce asigură ca, la un număr mare de componente cu valoarea nominală X_{N1} sau X_{N2} , distribuția valorii reale, care pentru un număr redus de componente este o distribuție discretă de valori, poate să devină o distribuție continuă a valorii reale. Condiția (1.12) precizează că distribuțiile de valori reale ale celor două valori nominale trebuie să se intersecteze, să prezinte un domeniu comun de valori (fig.1.4).

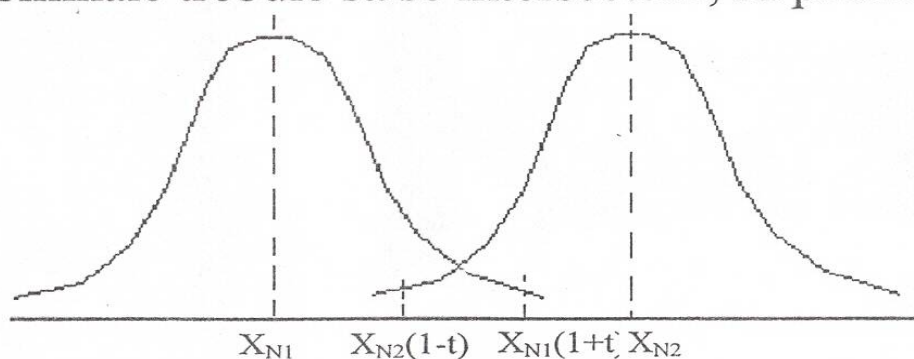


Fig. 1.4. Suprapunerea domeniului de valori pentru două valori nominale consecutive.

◆ Toleranța fiecărei serii de valori trebuie să fie independentă de valoarea nominală. Condițiile menționate pot fi satisfăcute în cazul în care valorile nominale alcătuiesc o progresie geometrică cu rația r , primul termen fiind valoarea nominală X_0 .

$$X_0, rX_0, r^2X_0, \dots, r^nX_0 \quad (1.13)$$

Dacă se consideră o decadă alcătuită din n valori nominale, în relația (1.13) termenul r^nX_0 este primul care aparține decadei imediat următoare. Considerând valorile nominale X_0 și rX_0 și punând condiția (1.12) rezultă la limită,

$$X_0(1+t) = rX_0(1-t) \quad ,$$

$$r = \frac{1+t}{1-t} \quad (1.14)$$

Relația (1.14) oferă legătura dintre rația progresiei și toleranță, fiind echivalentă cu

$$t = \frac{r-1}{r+1} \quad (1.15)$$

Rația r poate fi precizată de numărul de valori existente într-o decadă ținând seama că raportul a doi termeni de același rang aparținând a două decade succesive este 10. Considerând primii termeni a două decade succesive din progresia geometrică rezultă:

$$\frac{r^n X_0}{X_0} = 10 \quad , \quad r = \sqrt[n]{10} \quad (1.16)$$



Relația (1.16) precizează rația unei serii funcție de numărul valorilor nominale conținute de o decadă.

În actualul stadiu de dezvoltare al electronicii numărul n a devenit foarte mare (uneori câteva sute) el depinzând de tehnologia cu care se realizează componentele, de reglajul procesului tehnologic, de calitatea procesului tehnologic în ultimă instanță.

În conformitate cu recomandările Comitetului Electrotehnic Internațional (CEI), publicația 63, caracteristicile seriilor de valori se prezintă în tabelul 1.1. În anexa A 1.1 sunt trecute valorile nominale pentru câteva serii.

Tabelul 1.1 Caracteristicile seriilor de valori

Numărul de valori nominale n , conținute de o decadă	Rația seriei r	Toleranța t [%]	Denumirea seriei
6	1,5	± 20	E6
12	1,2	± 10	E12
24	1,1	± 5	E24
48	1,05	$\pm 2,5 (\pm 2)$	E48
96	1,025	$\pm 1,25 (\pm 1)$	E96
192	1,012	$\pm 0,5$	E192
384	1,006	$\pm 0,25$	E384

$\pm 1\%$ $\pm 25\%$ $\pm 5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$ $\pm 25\%$ $\pm 5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$ $\pm 25\%$ $\pm 5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$ $\pm 25\%$ $\pm 5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$ $\pm 25\%$ $\pm 5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$ $\pm 25\%$ $\pm 5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$ $\pm 5\%$	$\pm 10\%$
10.0	10.0	14.7	14.7	21.5	21.5	31.6	31.6	46.4	46.4	68.1	68.1	10	10
10.1		14.9		21.8		32.0		47.0		69.0		11	—
10.2	10.2	15.0	15.0	22.1	22.1	32.4	32.4	47.5	47.5	69.8	69.8	12	12
10.4		15.2		22.3		32.8		48.1		70.6		13	—
10.5	10.5	15.4	15.4	22.6	22.6	33.2	33.2	48.7	48.7	71.5	71.5	15	15
10.6		15.6		22.9		33.6		49.3		72.3		16	—
10.7	10.7	15.8	15.8	23.2	23.2	34.0	34.0	49.9	49.9	73.2	73.2	18	18
10.9		16.0		23.4		34.4		50.5		74.1		20	—
11.0	11.0	16.2	16.2	23.7	23.7	34.8	34.8	51.1	51.1	75.0	75.0	22	22
11.1		16.4		24.0		35.2		51.7		75.9		24	—
11.3	11.3	16.5	16.5	24.3	24.3	35.7	35.7	52.3	52.3	76.8	76.8	27	27
11.4		16.7		24.6		36.1		53.0		77.7		30	—
11.5	11.5	16.9	16.9	24.9	24.9	36.5	36.5	53.6	53.6	78.7	78.7	33	33
11.7		17.2		25.2		37.0		54.2		79.6		36	—
11.8	11.8	17.4	17.4	25.5	25.5	37.4	37.4	54.9	54.9	80.6	80.6	39	39
12.0		17.6		25.8		37.9		55.6		81.6		43	—
12.1	12.1	17.8	17.8	26.1	26.1	38.3	38.3	56.2	56.2	82.5	82.5	47	47
12.3		18.0		26.4		38.8		56.9		83.5		51	—
12.4	12.4	18.2	18.2	26.7	26.7	39.2	39.2	57.6	57.6	84.5	84.5	56	56
12.6		18.4		27.1		39.7		58.3		85.6		62	—
12.7	12.7	18.7	18.7	27.4	27.4	40.2	40.2	59.0	59.0	86.6	86.6	68	68
12.9		18.9		27.7		40.7		59.7		87.6		75	—
13.0	13.0	19.1	19.1	28.0	28.0	41.2	41.2	60.4	60.4	88.7	88.7	82	82
13.2		19.3		28.4		41.7		61.2		89.8		91	—
13.3	13.3	19.6	19.6	28.7	28.7	42.2	42.2	61.9	61.9	90.9	90.9		
13.5		19.8		29.1		42.7		62.6		92.0			
13.7	13.7	20.0	20.0	29.4	29.4	43.2	43.2	63.4	63.4	93.1	93.1		
13.8		20.3		29.8		43.7		64.2		94.2			
14.0	14.0	20.5	20.5	30.1	30.1	44.2	44.2	64.9	64.9	95.3	95.3		
14.2		20.8		30.5		44.8		65.7		96.5			
14.3	14.3	21.0	21.0	30.9	30.9	45.3	45.3	66.5	66.5	97.6	97.6		

$\pm 1\%$, $\pm 25\%$ $\pm 5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$, $\pm 25\%$ $\pm 5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$, $\pm 25\%$ $\pm 5\%$	$\pm 1\%$
10.0	10.0	14.7	14.7	21.5	21.5
10.1		14.9		21.8	
10.2	10.2	15.0	15.0	22.1	22.1
10.4		15.2		22.3	
10.5	10.5	15.4	15.4	22.6	22.6
10.6		15.6		22.9	
10.7	10.7	15.8	15.8	23.2	23.2
10.9		16.0		23.4	
11.0	11.0	16.2	16.2	23.7	23.7

Domeniul temperaturilor de utilizare, $[\theta_m, \theta_M]$ reprezintă intervalul de valori de temperatură θ_m și θ_M , în care componenta poate funcționa. Acest interval este, sau trebuie precizat de fabricantul de componente și este specific fiecărui tip de componenta în parte. Este perfect posibil ca două componente să prezinte aceleași caracteristici electrice și mecanice, dar să prezinte interval diferit al temperaturilor în care fiecare poate funcționa. Depășirea limitelor domeniului determină modificări ireversibile în materialele din care este alcătuită componenta și are drept urmare modificarea parametrilor peste limitele admise acesteia și chiar defectarea sa.

Temperatura minimă θ_m și temperatura maximă θ_M sunt prezentate de producător în cataloage prin intermediul categoriei climatice, care este de forma $N_1N_2N_3$. N_1 este θ_m , N_2 este θ_M , iar N_3 este numărul de zile pentru care producătorul realizează verificările climatice ale componentei în anumite condiții specificate de norme internaționale.

Având în vedere condițiile reale în care funcționează circuitul, proiectantul va trebui să aleagă componentele astfel încât în timpul funcționării temperatura corpului componentei θ_c să nu depășească pe θ_m , respectiv θ_M ,

$$\theta_c \in [\theta_m, \theta_M], \quad (1.17)$$

Variația valorii componentei cu temperatura.

Valoarea unei componente pasive se modifică mai mult sau mai puțin în funcție de temperatură.

Pentru a putea stabili felul în care circuitul electronic funcționează într-un anume interval de temperatură este necesar să se cunoască cu cât se modifică valoarea componentei pasive comparativ cu valoarea reală de la o temperatură de referință considerată $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sau $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, numită și temperatura camerei. Modalitățile prin care proiectanții de circuite pot cunoaște valoarea reală funcție de temperatură și anume utilizând datele de catalog. Acest aspect poate fi precizat în trei moduri.

a) **Reprezentare grafică** - folosită în general pentru componente cu variație mare a valorii cu temperatura sau neliniară.

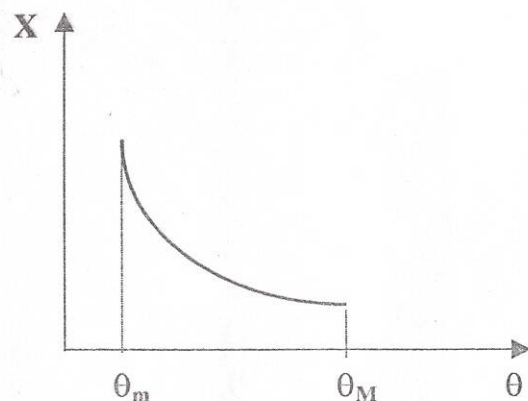


Fig. 1.5 Variația cu temperatura a parametrului fundamental.

b) Toleranțe (variații, abateri) datorate modificării cu temperatura a valorii componentei la temperatura minimă θ_m și temperatura maximă θ_M , față de valoarea componentei la temperatura de referință θ_0 .

$$t_1 = \frac{X(\theta_m) - X(\theta_0)}{X(\theta_0)} \quad (1.18)$$

$$t_2 = \frac{X(\theta_M) - X(\theta_0)}{X(\theta_0)} \quad (1.19)$$

c) Coeficientul de variație cu temperatura, α_θ care este definit de relația,

$$\alpha_\theta = \frac{1}{X} \frac{dX}{d\theta} \quad (1.20)$$

Felul în care o componentă își modifică valoarea la creșterea temperaturii determină semnul coeficientului termic. Dacă legea de variație cu temperatura este liniară coeficientul termic se poate exprima prin relația:

$$\alpha_\theta = \frac{1}{X_{20}} \frac{\Delta X}{\Delta \theta} \quad (1.21) \quad \text{unde} \quad \begin{aligned} \Delta X &= X(\theta) - X(\theta_{20}) \\ \Delta \theta &= \theta - \theta_{20} \end{aligned}$$

Aceasta valoare dată de (1.21) aproximează valoarea exactă cu atât mai bine cu cât intervalul de temperatură este mai mic.

De menționat că după relația (1.20) o variație liniară a mărimii X cu temperatura nu conduce la un coeficient de temperatură constant și reciproc.

Coeficienții de temperatură dați în relațiile (1.20) și (1.21) sunt aproximativ egal dacă variațiile cu temperatura sunt mici. Doar în cazul unor coeficienți de temperatură mici sau domenii de temperatură mici (unde variația lui X este nesemnificativă) cele două relații (1.20) și (1.21) dau valori sensibil egale.

Pentru o variație liniară cu temperatura, considerând $\Delta\theta = 1^\circ\text{C}$, rezultă coeficientul de variație cu temperatura α_θ , care reprezintă de fapt toleranța datorită variației temperaturii cu 1°C . Se dă în $\text{ppm}/^\circ\text{C} = 10^{-6}/^\circ\text{C}$.

Toleranțe (abateri, variații) datorate diferiților factori, t_j (umiditate depozitare, solicitare termică, solicitare mecanică, îmbătrânire, etc.) se definesc ca raportul procentual între variația mărimii sub acțiunea factorului j și valoarea ei înainte de acțiunea factorului j

$$t_j = \pm \max \frac{|X_j - X_0|}{X_0} \quad (1.22)$$

X_j este valoarea după acționarea factorului j , X_0 este valoarea înaintea acțiunii factorului j .

Toleranțele precizate au în vedere de fapt stabilitatea valorii componentei la acțiunea diferitelor tipuri de solicitare (electrice, mecanice, termice, etc)

Toleranțe (abateri, variații) datorate diferiților factori, t_j (depozitare, solicitare termică, solicitare mecanică, îmbătrânire, etc.) se raportează procentual între variația mărimii sub acțiunea factorului j și valoarea inițială a factorului j

$$t_j = \pm \max \frac{|X_j - X_0|}{X_0}$$

X_j este valoarea după acționarea factorului j , X_0 este valoarea inițială a factorului j .

Toleranțele precizate au în vedere de fapt stabilitatea valorii componentelor diferitelor tipuri de solicitare (electrice, mecanice, termice, etc)

Toleranța globală, t_g reprezintă abaterea maximă a valorii reale a componentei față de valoarea nominală care poate să apară în timpul funcționării componentei într-un circuit electric având în vedere condițiile reale de funcționare.

Pentru determinarea toleranței globale t_g vom aplica definiția toleranței,

$$t_g = \frac{X_M - X_N}{X_N} = \frac{X_N - X_m}{X_N} \quad (1.23)$$

unde X_M reprezintă valoarea maximă, X_m valoarea minimă.

$$X_M = X_N (1+t)(1+t_0)(1+t_1)\dots(1+t_j) \quad (1.24)$$

$$X_m = X_N (1-t)(1-t_0)(1-t_1)\dots(1-t_j)$$

$$X_M = X_N (1+t+t_0+\sum t_j+tt_0+tt_1+tt_j+\dots) \quad (1.25)$$

Având în vedere că t , t_0 și t_j sunt mult mai mici decât 1, se poate aproxima:

$$X_M \cong X_N (1+t+t_0+\sum t_j) \quad (1.26)$$

Rezultă:

$$t_g = t+t_0+\sum t_j. \quad (1.27)$$

Toleranța de fabricație t și toleranțele t_j sunt prezentate de producător în catalog. Toleranța datorată temperaturii t_0 , trebuie însă determinată în funcție de α_T .

1.3. Determinarea toleranțelor parametrilor circuitelor electronice în funcție de toleranțele componentelor pasive.

Se consideră un parametru y al unui circuit electronic care depinde de valorile componentelor pasive, pe care le vom nota cu $X_1, X_2 \dots X_n$. Parametrului y al circuitului i se poate pune în legătură o funcție $f(X_1, X_2 \dots X_n)$ ce stabilește corespondența între componentele circuitului și respectivul parametru $y = f(X_1, X_2 \dots X_n)$. Componentele prezintă corespunzător toleranțele $t_1, t_2 \dots t_n$. Toleranța parametrului y , notată cu t_y se poate determina în mai multe moduri.

a) Aplicarea definiției toleranței

$$t_{y+} = \frac{y_M - y_N}{y_N} \quad (1.35)$$

$$t_{y-} = \frac{y_m - y_N}{y_N} \quad (1.36)$$

unde y_M , respectiv y_m , este valoarea maximă respectiv minimă a parametrului y ; y_N este valoarea nominală.

Exemplu Se consideră două rezistoare cu rezistență nominală R_1 , respectiv R_2 și toleranțele corespunzătoare $\pm t_1$, respectiv $\pm t_2$. Să se determine toleranța t_s a rezistenței echivalente obținute prin conectarea în serie a celor două rezistoare.

Rezolvare:

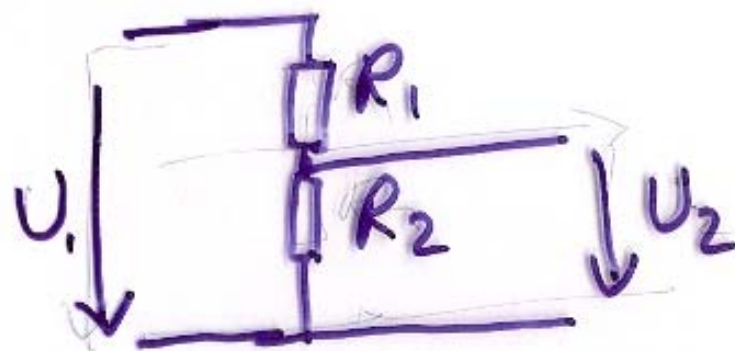
Rezistența R_s a grupului serie,

$$R_s = R_1 + R_2.$$

$$t_{s+} = \frac{R_1(1+t_1) + R_2(1+t_2) - R_1 - R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1 t_1 + R_2 t_2}{R_1 + R_2}$$

$$t_{s-} = \frac{R_1(1-t_1) + R_2(1-t_2) - R_1 - R_2}{R_1 + R_2} = -\frac{R_1 t_1 + R_2 t_2}{R_1 + R_2}$$

$$t_s = \pm \frac{R_1 t_1 + R_2 t_2}{R_1 + R_2}$$



$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_1$$

$y \triangleq f(R_1, R_2)$

b) Calculul " Taylor"

$$y = f(X_1, X_2 \dots X_n).$$

Valorile $X_1, X_2 \dots X_n$, sunt independente. Dacă funcția f este de n ori derivabilă, se poate dezvolta în serie Taylor,

$$\begin{aligned} y = f_N + (X_1 - X_{1N}) \frac{\partial f}{\partial X_1} \Big|_{X_i = X_{iN}} + (X_2 - X_{2N}) \frac{\partial f}{\partial X_2} \Big|_{X_i = X_{iN}} + \dots + \\ + (X_n - X_{nN}) \frac{\partial f}{\partial X_n} \Big|_{X_i = X_{iN}} + \frac{(X_1 - X_{1N})^2}{2!} \frac{\partial^2 f}{\partial X_1^2} \Big|_{X_i = X_{iN}} + \frac{(X_2 - X_{2N})^2}{2!} \frac{\partial^2 f}{\partial X_2^2} \Big|_{X_i = X_{iN}} + \dots \end{aligned} \quad (1.37)$$

Având în vedere că abaterile de forma $X_i - X_{iN}$ sunt mult mai mici decât unu, se pot reține numai termenii de rangul întâi, rezultând,

$$y - f_N = \sum_i (X_i - X_{iN}) \frac{\partial f}{\partial X_i} \Big|_{X_i = X_{iN}} \quad (1.38)$$

$$\frac{\Delta y}{f_N} = \sum_i \frac{X_{iN}}{f_N} \frac{\partial f}{\partial X_i} \frac{X_i - X_{iN}}{X_{iN}} \quad (1.39)$$

$$\frac{\Delta y}{f_N} = \sum_i \frac{X_{iN}}{f_N} \frac{\partial f}{\partial X_i} t_i = \sum_i h_i t_i \quad (1.40)$$

h_i fiind numiți coeficienți de pondere, $h_i = \frac{X_{iN}}{f_N} \frac{\partial f}{\partial X_i} \Big|_{X_i = X_{iN}}$

Pentru toleranțe simetrice, de forma $\pm t_i$, toleranța parametrului y , devine:

$$t_y = \pm \sum_i |h_i t_i| \quad (1.41)$$

Exemplu. Se consideră două rezistoare cu valorile nominale R_1 , respectiv R_2 și toleranțele $\pm t_1$, respectiv $\pm t_2$. Să se determine toleranța t_p a rezistorului echivalent conectării în paralel a rezistoarelor R_1 și R_2 .

Rezolvare:

Rezistența R_p echivalentă grupului paralel este $R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$.

Conform relației (1.41), toleranța t_p a lui R_p va fi,

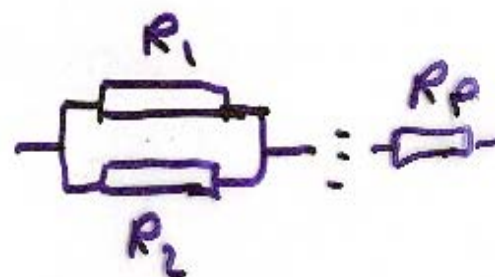
$$t_p = \pm (|h_1 t_1| + |h_2 t_2|)$$

$$h_1 = \frac{R_1}{R_p} \frac{\partial R_p}{\partial R_1} = \frac{R_1 (R_1 + R_2)}{R_1 R_2} \frac{R_2 (R_1 + R_2) - R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2}$$

$$h_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$h_2 = \frac{R_2}{R_p} \frac{\partial R_p}{\partial R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$t_p = \pm \frac{R_2 t_1 + R_1 t_2}{R_1 + R_2}$$



c) Calculul probabilistic.

Un circuit este o alcătuire de componente electronice interconectate între ele în vederea realizării unei anumite funcții electronice, amplificare de semnal, generare de semnal etc. Funcția obținută în urma interconectării este dependentă de elementele schemei, are proprietăți în strânsă legătură cu caracteristicile componentelor ce o alcătuiesc. Cum valorile acestora reprezintă pentru fiecare componentă în parte o variabilă aleatoare dacă se au în vedere operațiile cu variabile aleatoare, se poate concluziona că și funcția electronică a circuitului realizat este tot o variabilă aleatoare și deci se supune proprietăților acestora.

În acest caz relația (1.39) poate fi pusă sub forma,

$$\frac{\Delta y}{y_N} = \sum_{i=1}^n h_i \frac{\Delta x_i}{x_i} \quad (1.42)$$

Trecând de la abaterile relative la abaterile medii pătratice rezultă

$$(3 \sigma_y)^2 = \sum_{i=1}^n h_i^2 (3 \sigma_{x_i})^2 \quad (1.43)$$

unde σ_x și σ_y sunt abaterile medii pătratice ale parametrilor x_i și y .

Deoarece în intervalul $[\bar{x}-3\sigma, \bar{x}+3\sigma]$ se află 99,7% din valorile pe care le poate lua variabila aleatoare x se poate considera că 3σ este practic toleranța t . Relația (1.43) se transcrie sub forma ecuației toleranțelor:

$$t_y^2 = \sum_{i=1}^n h_i^2 t_{xi}^2 \quad (1.44)$$

Toleranțele t_i fiind simetrice, rezultă toleranța parametrului y , t_y ,

$$t_y = \pm \sqrt{\sum_i h_i^2 t_i^2} \quad (1.45)$$

Aceste relații servesc analizei inginerului la proiectarea circuitelor. Inginerul trebuie să aleagă, pe baza experienței, anumite toleranțe pentru componente astfel încât parametrul de ieșire y să fie menținut în limitele specificate. Calculul coeficienților de pondere ajută la determinarea componentei a cărei abatere are mare influență asupra funcționării circuitului, deci a cărei toleranță este bine să fie menținută scăzută.

1.4 Determinarea coeficientului de variație cu temperatura al parametrilor circuitelor electronice în funcție de coeficienții de variație cu temperatura a componentelor.

Se consideră un circuit electronic caracterizat de un parametru y ce depinde de valorile componentelor, pe care le vom nota cu $X_1, X_2 \dots X_n$. Componentele au coeficienții de variație cu temperatura $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$, corespunzător. Notând cu α_y , coeficientul de variație cu temperatura al parametrului y și cunoscând dependența lui y de valorile componentelor, $y = f(X_1, X_2 \dots X_n)$, se propune determinarea lui α_y .

Conform relației de definiție,

$$\alpha_y = \frac{1}{y} \frac{dy}{d\theta} \quad (1.46)$$

Mărimile $X_1, X_2, \dots, X_n$ sunt independente. Parametrul y depinde de temperatură prin intermediul mărimilor X_i . Rezultă,

$$\alpha_y = \frac{1}{f} \left(\frac{\partial f}{\partial X_1} \frac{dX_1}{d\theta} + \frac{\partial f}{\partial X_2} \frac{dX_2}{d\theta} + \dots + \frac{\partial f}{\partial X_n} \frac{dX_n}{d\theta} \right) \quad (1.47)$$

$$\alpha_y = \sum_{i=1}^n \frac{1}{f} \frac{\partial f}{\partial X_i} \frac{dX_i}{d\theta} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{f} \frac{\partial f}{\partial X_i} \frac{1}{X_i} \frac{dX_i}{d\theta} \quad (1.48)$$

$$\frac{X_i}{f} \frac{\partial f}{\partial X_i} = h_i, \text{ coeficienți de pondere} \quad (1.49)$$

$$\frac{1}{X_i} \frac{dX_i}{d\theta} = \alpha_i \quad (1.50)$$

Rezultă,

$$\alpha_y = \sum_{i=1}^n h_i \alpha_i \quad (1.51)$$

Cu ajutorul relației (1.51) se poate determina coeficientul de variație cu temperatura al parametrilor circuitelor electronice. De asemenea, relația este foarte utilă pentru stabilizarea termică a parametrilor, utilizând componente pasive astfel încât α_χ să fie zero sau cât mai mic posibil.

Exemplu. Se consideră un circuit oscilant serie cu frecvența de rezonanță $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Să se determine relația care trebuie să existe între coeficienții de variație cu temperatura α_L , α_C ai inductorului și condensatorului astfel încât coeficientul de variație cu temperatura al frecvenței de rezonanță să fie zero.

Rezolvare: Se notează cu α_{fr} coeficientul de variație cu temperatura al frecvenței de rezonanță. Conform relației (1.51), α_{fr} este,

$$\alpha_{fr} = h_1\alpha_1 + h_2\alpha_2$$

$$h_1 = \frac{L}{f_r} \frac{\partial f_r}{\partial L} = 2\pi L\sqrt{LC} \frac{1}{2\pi\sqrt{C}} \frac{-1}{2L\sqrt{L}} = -\frac{1}{2}$$

$$h_2 = \frac{C}{f_r} \frac{\partial f_r}{\partial C} = -\frac{1}{2}$$

$$\alpha_{fr} = -\frac{1}{2}(\alpha_L + \alpha_C) = 0$$

Rezultă $\alpha_L = -\alpha_C$. Deci pentru o stabilitate termică cât mai bună a frecvenței de rezonanță, *inductorul și condensatorul trebuie să aibă coeficienții de variație cu temperatura egali, dar de semn opus.*



1.5 Determinarea toleranței globale a parametrilor circuitelor electronice în funcție de abaterea componentelor pasive.

Considerând, ca și în cazurile anterioare, un circuit electronic caracterizat de parametrul $y = f(X_1, X_2 \dots X_n)$ și cunoscând $X_1, X_2 \dots X_n, t_1 \dots t_n, \alpha_1 \dots \alpha_n$, trebuie determinată toleranța globală (abaterea maximă) t_{gy} a parametrului y .

Se utilizează o relație asemănătoare cu (1.27),

$$t_{gy} = \pm |t_y| \pm |\alpha_y \Delta \theta_M| \quad (1.52)$$

Exemplu. Se consideră un oscilator cu puncte Wien, cu frecvența de oscilație $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$.

Să se determine toleranța globală a lui f_0 , știind că $R = 1K\Omega$, $t_R = \pm 1\%$, $\alpha_R = -100\text{ppm}/^\circ\text{C}$, $C = 1\text{nF}$,

$t_C = \pm 1\%$, $\alpha_C = \pm 30\text{ppm}/^\circ\text{C}$, $\theta_0 = 20^\circ\text{C}$, temperatura componentelor θ_C în timpul funcționării ia valori în intervalul $[-20, 80]^\circ\text{C}$.

Rezolvare.

$$t_{gf_0} = \pm (|t_{f_0}| + |\alpha_{f_0} \Delta \theta_M|)$$

$$t_{f_0} = \pm (|h_1 t_R| + |h_2 t_C|)$$



$$h_1 = \frac{R}{f_0} \frac{\partial f_0}{\partial R} = 2\pi R^2 C \frac{1}{2\pi C} \frac{-1}{R^2} = -1$$

Prin simetrie,

$$h_2 = -1$$

$$t_{f_0} = \pm(1+1)\% = \pm 2\%$$

$$\alpha_{f_0} = 100 \cdot 10^{-6} / ^\circ C \pm 30 \cdot 10^{-6} / ^\circ C = (70 \dots 130) \cdot 10^{-6} / ^\circ C.$$

$$\Delta \theta_M = \max\{80 - 20, 20 + 20\} ^\circ C = 60 ^\circ C$$

$$t_{gf_0} = \pm 2\% \pm 130 \cdot 10^{-4} \cdot 60\% = \pm 2,78\%$$

Observații:

- Pentru calculul toleranței t_y , se vor considera și toleranțele datorate diverșilor factori având în vedere condițiile reale în care funcționează circuitul.
- Cunoscând toleranța globală a parametrului y , și punând condiția,

$$t_{gy} \geq t_y + |\alpha_y \Delta T_M| \quad (1.53)$$

se pot determina parametrii componentelor pasive ce pot fi utilizate în acel circuit, astfel încât să se obțină abaterea dorită a parametrilor circuitelor electrice.



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