

1.2.3 MIJLOACELE ELECTRICE DE MĂSURAT

Sunt împărțite în patru categorii: *măsurî, instrumente de măsurat, aparate de măsurat și instalații de măsurat.*

A. Aparatul de măsurat

1) Generalități

$y = f(x)$ (1.14); y = mărime de ieșire; x = mărimea de intrare; mărimi de influență.

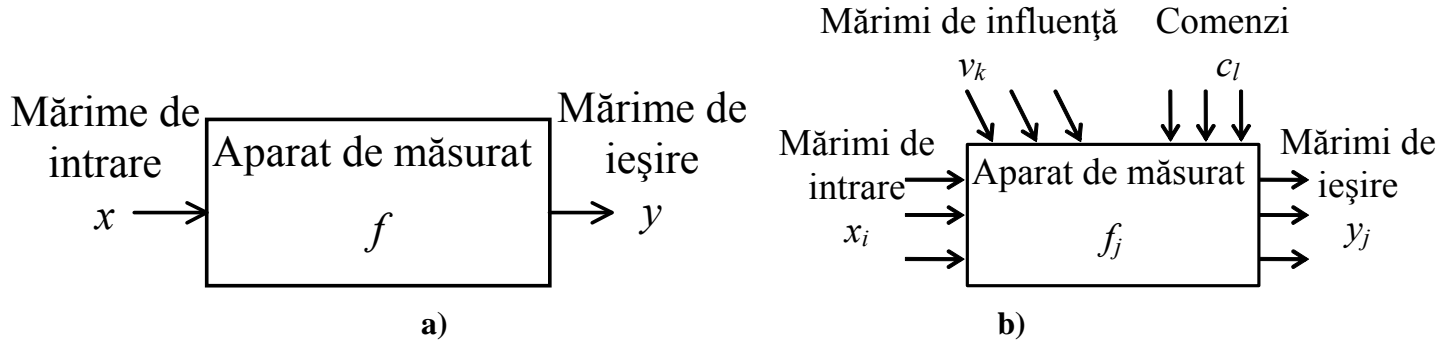


Figura 1.5

$$y_j = f_j(x_1 \dots x_n; v_1 \dots v_p; c_1 \dots c_q) \quad j = 1 \dots m \quad (1.15)$$

$$\Delta y_j = \frac{\partial f_j}{\partial x_1} \Delta x_1 + \dots + \frac{\partial f_j}{\partial x_n} \Delta x_n + \frac{\partial f_j}{\partial v_1} \Delta v_1 + \dots + \frac{\partial f_j}{\partial v_p} \Delta v_p = \sum_{i=1}^n S_{u_{ji}} \cdot \Delta x_i + \sum_{l=1}^p S_{p_{jl}} \cdot \Delta v_l \quad (1.16)$$

S_u reprezintă *sensibilitățile utile* iar S_p reprezintă *sensibilitățile parazite* ale aparatului.

Mărimile de intrare

Mărimile de ieșire

Mărimile de influență

Comenzile.

2) Structura aparatelor de măsurat

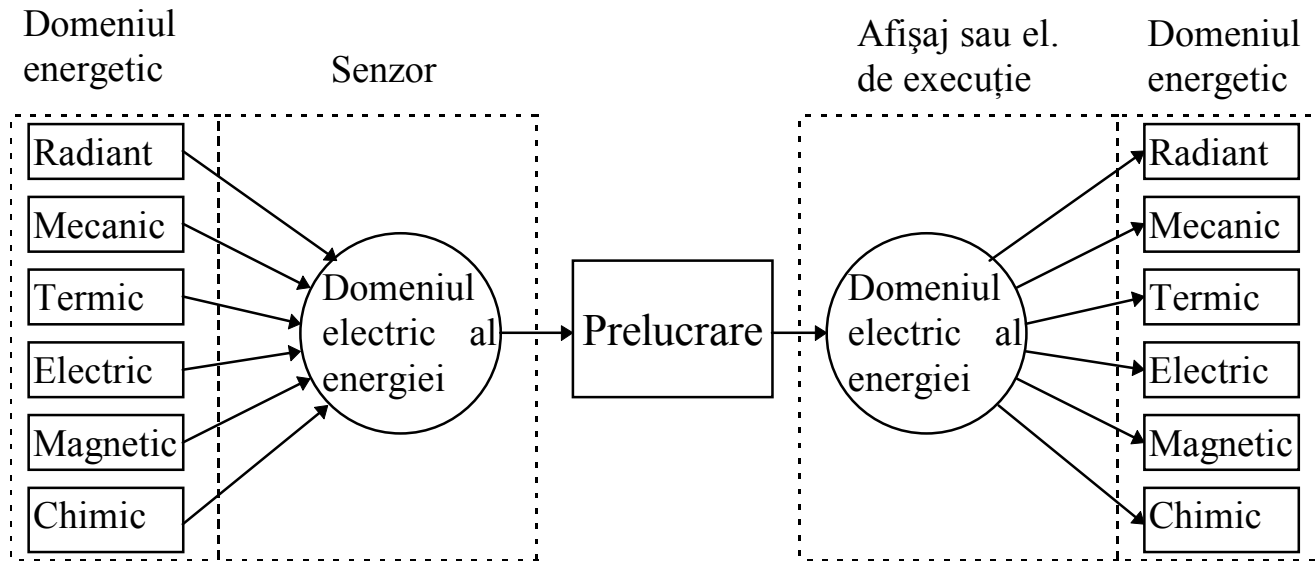


Figura 1.6

- axa x = domeniul energiei de intrare (auxiliară pentru modulatori sau a semnalului pentru generatori);
 - axa y = domeniul energiei de ieșire;
 - axa z = domeniul energiei modulatoroare;
- Indice Miller: [energie de intrare, energie de ieșire, energie modulatoroare]

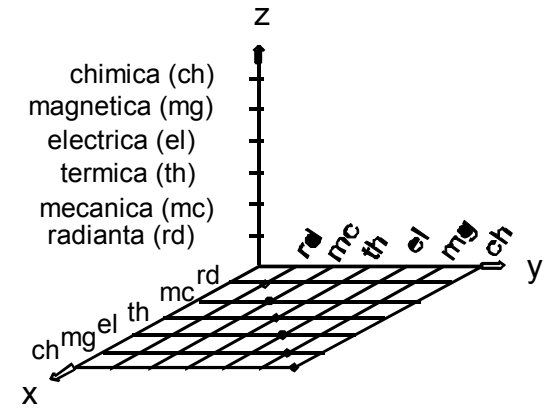


Figura 1.7

Tabelul 1.1

	Senzori modulatori			Senzori generatori		
	x	y	z	x	y	z
Energie	in	ieșire	in	in	ieșire	-
Informație	-	ieșire	in	in	ieșire	-

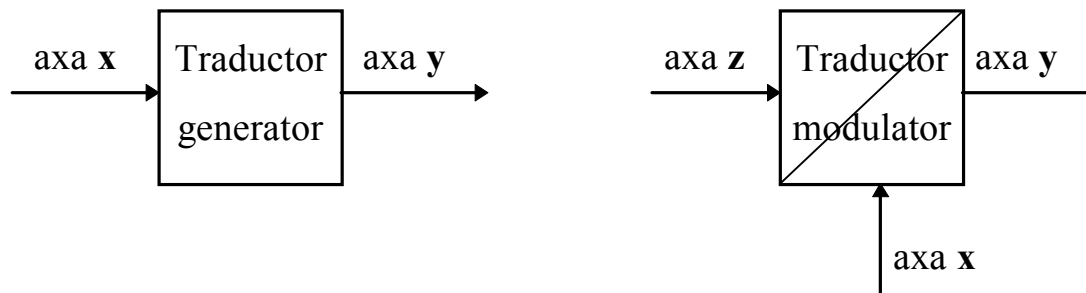
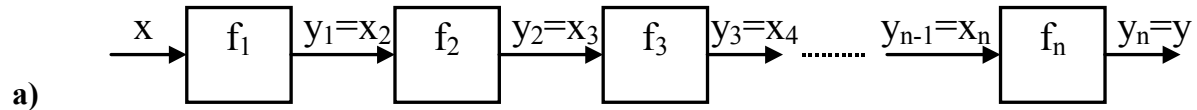


Figura 1.8

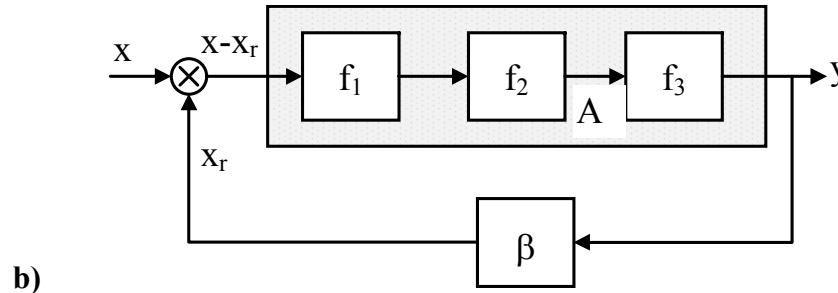
Tabelul 1.2

tranzistor	[el, el, el]	Traductor modulator
termocuplu	[th, el, 00]	Traductor generator
șuntul	[el, el, el]	Convertor U-I sau I-U
afișaj cu cristale lichide (LCD)	[rd, rd, el]	Dispozitiv de afișare modulator
afișaj cu diode electro-luminescente (LED)	[el, rd, 00]	Dispozitiv de afișare generator

Convertoare: de intrare, de prelucrare și de ieșire, care se interconectează *în cascadă* sau *în buclă*



$$y_1 = f_1(x); \quad y_2 = f_2(x_2) = f_2(y_1) = f_2(f_1(x)); \quad \dots \quad y = y_n = f_n(x_n) = f(x) \quad (1.17)$$



$$y = \frac{A}{1 + \beta \cdot A} x \cong \frac{1}{\beta} x, \quad \text{deoarece } \beta \cdot A \gg 1 \quad (1.18)$$

Figura 1.9 Configurația aparatelor de măsurat *în cascadă* a) și *în buclă* (cu compensare) b).

B. Structuri ale sistemului de măsurat:

1) Structura funcțională

a) Structura funcțională pentru mărimi active (intensive)

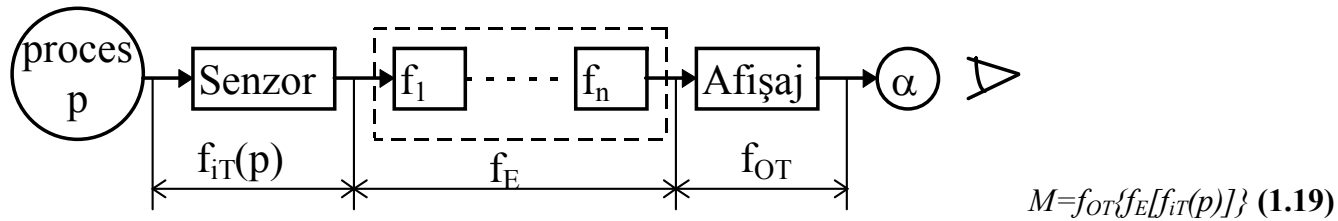


Figura 1.10

b) Structura funcțională pentru mărimi pasive (extensive)

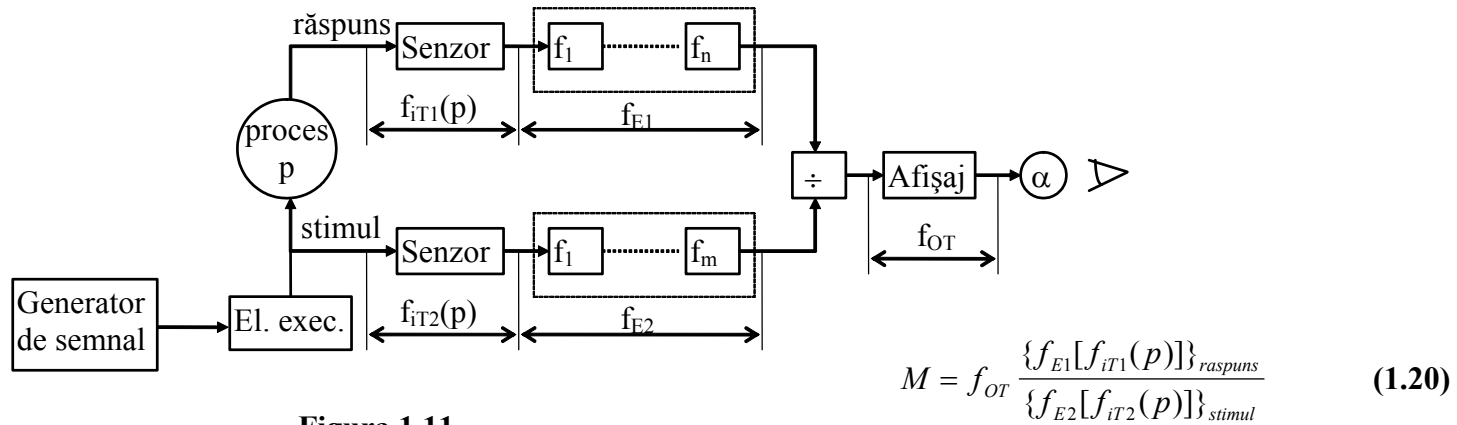


Figura 1.11

2) Structura de semnal

a) **Semnalul cu caracter unic**

1. **Analiza în timp**

2. **Analiza răspunsului**

b) **Semnale periodice**

c) **Semnale eşantionate**

d) **Semnale stochastice**

$$h(\tau) = R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t) \cdot y(t - \tau) \cdot dt \quad (1.21)$$

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t) \cdot x(t - \tau) \cdot dt \quad (1.22)$$

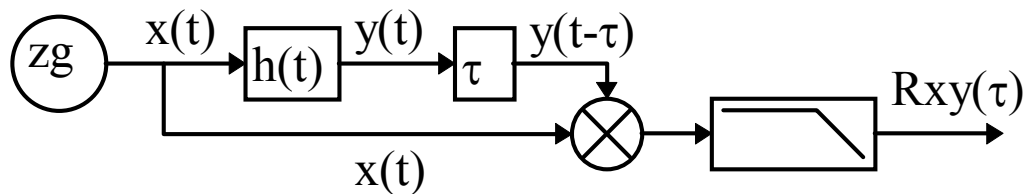


Figura 1.12

3) **Structura spațială.**

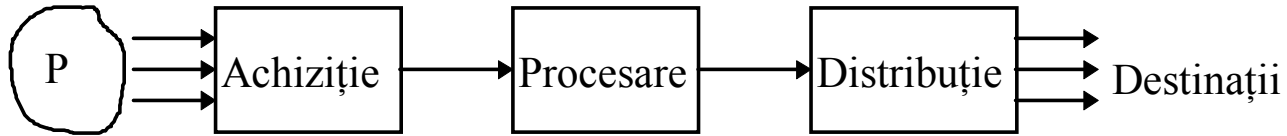


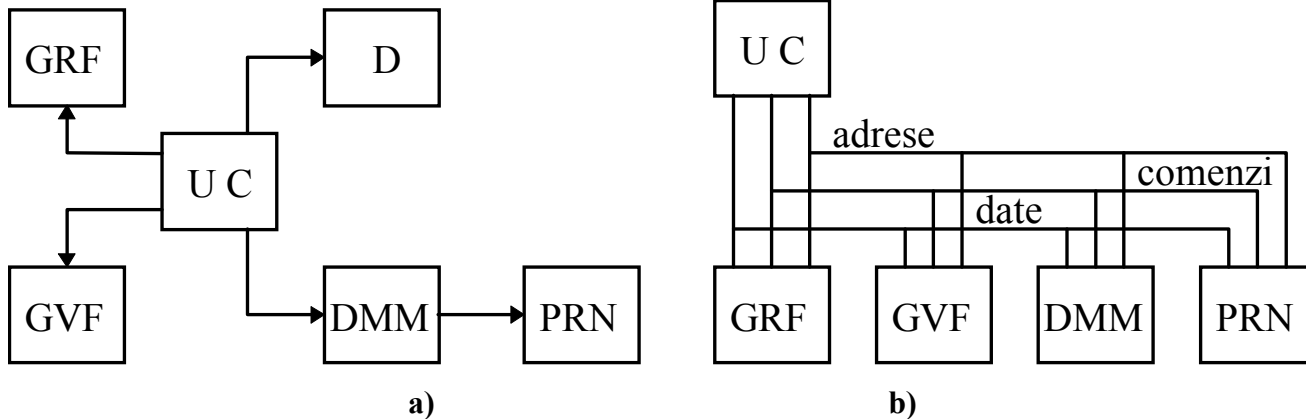
Figura 1.13

4) **Structura automatizată:**

a) **Sisteme lucrând cu operator (programator)**

b) **Sisteme bazate pe controler**

c) **Sisteme bazate pe calculator**



UC = unitate centrală; GRF = generator de radiofrecvență; GVF = generator de videofrecvență; DMM = multimetru digital; D = afișaj; PRN = imprimantă

Figura 1.14

C. Caracteristicile metrologice ale mijloacelor electrice de măsurat

- **Intervalul de măsurare**
- **Capacitatea de suprasarcină**
- **Rezoluția**
- **Sensibilitatea:** $S=dy/dx$: $S=y/x$ constanta: $C=1/S=x/y$ (mV/cm, mA/div); *sensibilitate relativă:* $Sr = \frac{dy / y}{dx / x}$
- **Pragul de sensibilitate**
- **Precizia:** eroarea instrumentală care determină precizia instrumentală cu două componente: *justețea și repetabilitatea (fidelitatea).*
- **Puterea consumată**
- **Fiabilitatea metrologică**
 - *Media timpului de bună funcționare (MTBF = Mean Time Between Failure, eng.);*
 - *Media timpului până la prima defectare (MTTFF = Mean Time To First Failure, eng.);*
 - *Media timpului de reparații (MTR);*
 - *Disponibilitatea metrologică: $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTR}$;*
 - *Rata defectărilor metrologice: $\lambda = 1 / MTBF$ sau $\lambda = 1 / MTTFF$;*
 - *Rata reparațiilor: $\mu = 1 / MTR$;*

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t}, \text{ respectiv } R(t) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) \cdot t} \text{ (R = Reliability, eng.).}$$

- Timpul de măsurare
- Stabilitatea
- Compatibilitatea cu un sistem de măsurat automat (RS232, IEEE488.2, HP-IB, etc.)

1.2.4 SISTEMUL LEGAL DE UNITĂȚI DE MĂSURĂ. ETALOANE

A. Sistemul internațional de unități de măsură

Unitatea de măsură

Tabelul 1.3

Mărimea	Simbolul	Dimensiunea	Unitatea	Simb. unitate
Unități fundamentale de bază				
Lungime	l	L	metru	m
Masă	m	M	kilogram	kg
Timp	t	T	secunda	s
Unități fundamentale independente				
Curent electric	I	I	amper	A
Temperatura	T	θ	Kelvin	K
Int. luminoasă			candela	cd
Cant. substanță			mol	mol

Unități derivate				
Unghi plan	a,b,g	$[L/L]$	radian	rad
Unghi solid	W	$[L^2/L^2]$	steradian	sr
Unități derivate				
Frecvență	f	T^{-1}	hertz	Hz (1/s)
Energie	W	L^2MT^{-2}	joule	J (Nm)
Putere	P	L^2MT^{-3}	watt	W (J/s)
Tensiune el.	U	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	volt	V (W/A)
Rezistența	R	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	ohm	W(V/A)
Capacitate	C	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	farad	F (A s/V)
Inductanță	L	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	henry	H (V s/A)

Tabelul 1.4

UM	Definiția	Realizare practică
m	lungimea parcursă de lumină în vid pe durata a 1/299.792.458 secunde	LASER cu He-Ne $\sigma=44 \times 10^{-12}$
kg	masa prototipului internațional de masă	prototipul din Pt+10%iridiu, Paris
s	durata a 9.192.631.770 perioade ale radiației corespunzătoare tranziției între două nivele hiperfine ale stării fundamentale a atomului de Cs133	MASER cu H ($\sigma=10^{-13}$) și ceasurile cu Cs133 ($\sigma=10^{-12}$) pt. timpul atomic
A	intensitatea curentului constant care produce o forță de 2×10^{-7} N/m când conductoarele sunt situate paralel în vid la distanță de 1m	balanța de curent ($\sigma=3 \cdot 10^{-6}$); - pe baza celor de rez. și tensiune ($\sigma=10^{-8}$)
K	1/273.16 din temperatura termodinamică a punctului triplu al apei	celule de pct. triplu ($\sigma=10^{-4}$)
cd	intensitatea luminoasă a unei radiații monocromatice de 540 THz și intensitate energetică 1/683 W/sr	
mol	cantitatea de materie a unui sistem ce conține unități elementare (atomi, molecule, ioni, etc.) câți atomi sunt în 0,012kg de C12	

Tabelul 1.5

Multipli			Submultipli		
Prefix			Prefix		
<i>Nume</i>	<i>Simbol</i>	<i>Factor</i>	<i>Nume</i>	<i>Simbol</i>	<i>Factor</i>
kilo	k	10^3	mili	m	10^{-3}
mega	M	10^6	micro	μ	10^{-6}
giga	G	10^9	nano	n	10^{-9}
tera	T	10^{12}	pico	p	10^{-12}
peta	P	10^{15}	femto	f	10^{-15}
exa	E	10^{18}	atto	a	10^{-18}