



## 2. Osciloscopul

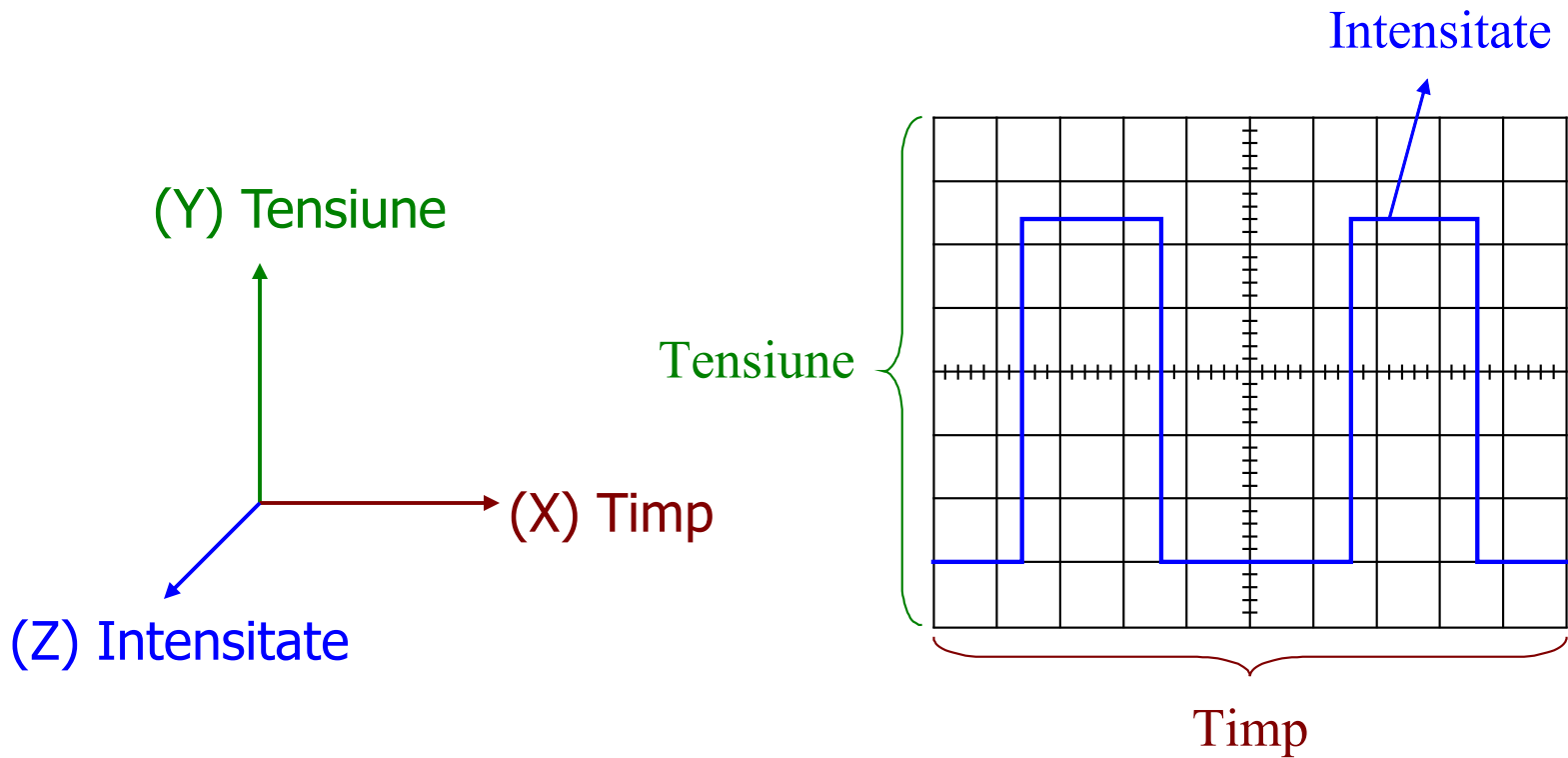
---

### 2.1 Prezentare generală



# Prezentare generală

- funcție principală:  $Y(t)$





# Prezentare generală

---

- Utilizare:
  - vizualizare  $Y(t)$
  - vizualizare  $Y(X)$
- O primă clasificare:
  - **Osciloscopae fără memorie** (vizualizarea semnalelor periodice)
  - **Osciloscopae cu memorie** (înregistrare semnal într-o singură apariție și memorare)



# Prezentare generală

---

- În funcție de modul în care se face prelucrarea semnalelor osciloscoapele pot fi:
  - **analogice** (osciloscopul 'clasic');
  - **digitale**



# Prezentare generală

---

- Domeniul de frecvență acoperit:
  - sute de MHz pentru osciloscopurile obișnuite (numite și *'de timp real'*)
  - zeci de GHz în cazul *osciloscopurilor cu eșantionare în timp echivalent*



# Istoric



Sursa: Philips - 1940

# Istoric



## Versatility... Plus

The Tektronix Type 511 is a portable wide band oscilloscope providing facilities formerly available only in very expensive, cumbersome instruments.

### **SWEEP CHARACTERISTICS**

Continuously variable .1 second to 1 microsecond (10 cm. deflection).  
Direct reading sweep speed dial.  
Choice of triggered, recurrent or single sweeps at all speeds.  
Triggers on sine waves to 10 mc. or pulses over .05 microsecond.  
Any 20% of sweep may be expanded 5 times.  
DC coupled PP amplifier for external sweep input.

### **MISCELLANEOUS**

Calibrating voltage 0-1, 0-10, 0-100 volts, 60 cycles.  
CRT 5CP1A, 5CP7A or 5CP11A operating at 3 kv.  
Direct connection to all plates from side panel.  
Total weight 65 pounds, self contained.

**Tektronix Type 511 Oscilloscope**

### **VERTICAL DEFLECTION SYSTEM**

Amplifier Bandwidth 10 mc., 1 stage; 8 mc., 2 stages.  
Rise Time .04 microsec., 1 stage; .05 microsec., 2 stages.  
Maximum Sensitivity .27 V/cm. (Peak to Peak).  
Input Impedance Direct 1 meg., 40 mmf.;  
Probe 10 meg., 11 mmf.

**Price \$795.00 f.o.b. Portland**

Your inquiry will bring more detailed information and name of the nearest Field Engineering Representative.



Phone, EAst 4885  
Cables, TEKTRONIX

712 S. E. Hawthorne Blvd.  
Portland 14, Oregon

## Tektronix 511 (1946)

OBS: 795\$ în 1948 = 7700\$  
în 2014



## Istoric

# The Oscilloscope Watch

Pre order now

A person's hand is shown wearing a smartwatch. The watch's screen displays a blue background with a white waveform, similar to an oscilloscope trace. The watch has a black metal link bracelet.

THU 9-26  
12:00

A collection of various oscilloscope waveforms and settings. It includes a sine wave, a square wave, a complex waveform, and a digital signal. Text labels include "CH1 5V/div", "CH2 5V/div", "500ns/div", "XY MODE", "CH1 5V/div", "CH2 5V/div", "100kHz BRZ", "CH1 20V/div", "CH2 20V/div", "100ns/div".

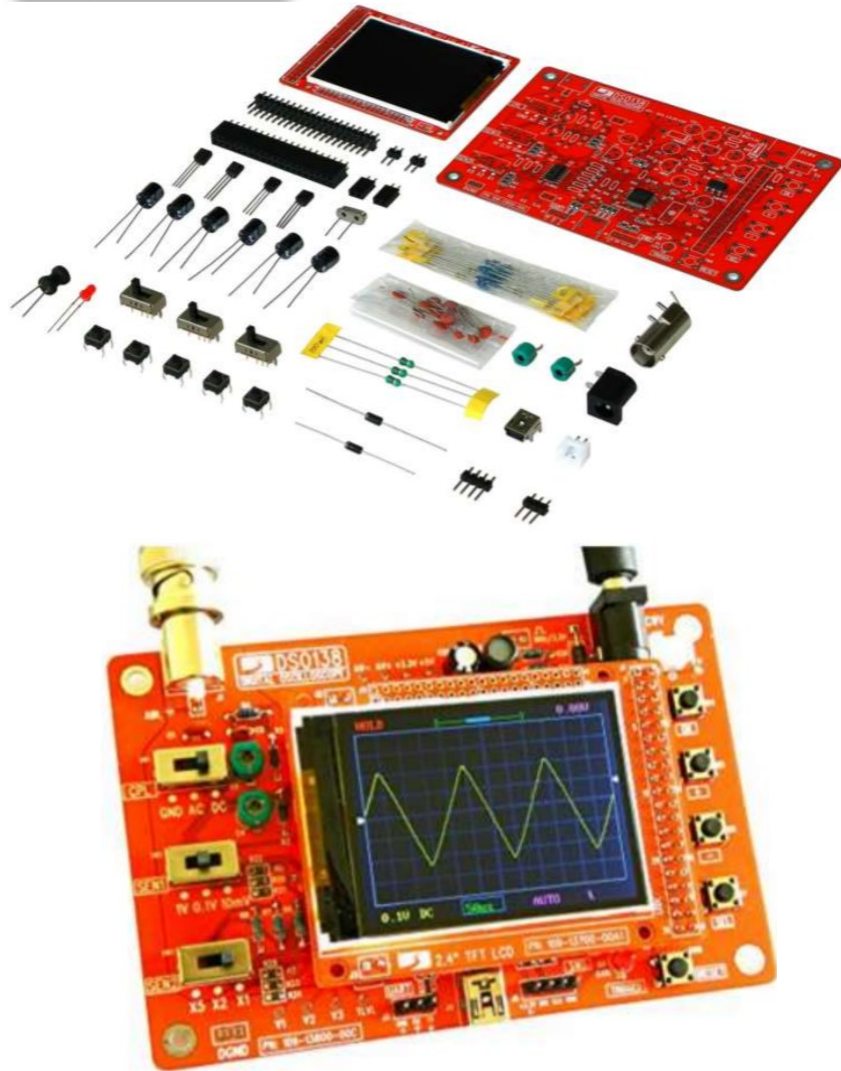
2014

[www.gabotronics.com](http://www.gabotronics.com)





# Istoric



## DSO138

Osciloscop digital sub formă de kit

- 200KHz
- 1MSa/s
- cost: 20\$ cu livrare inclusă:

[www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com)

cumpărați-vă și voi propriul osciloscop!

bonus: învățați să lipiți un montaj!

Review:

<https://www.youtube.com/watch?v=r-jCLpYY5ak>



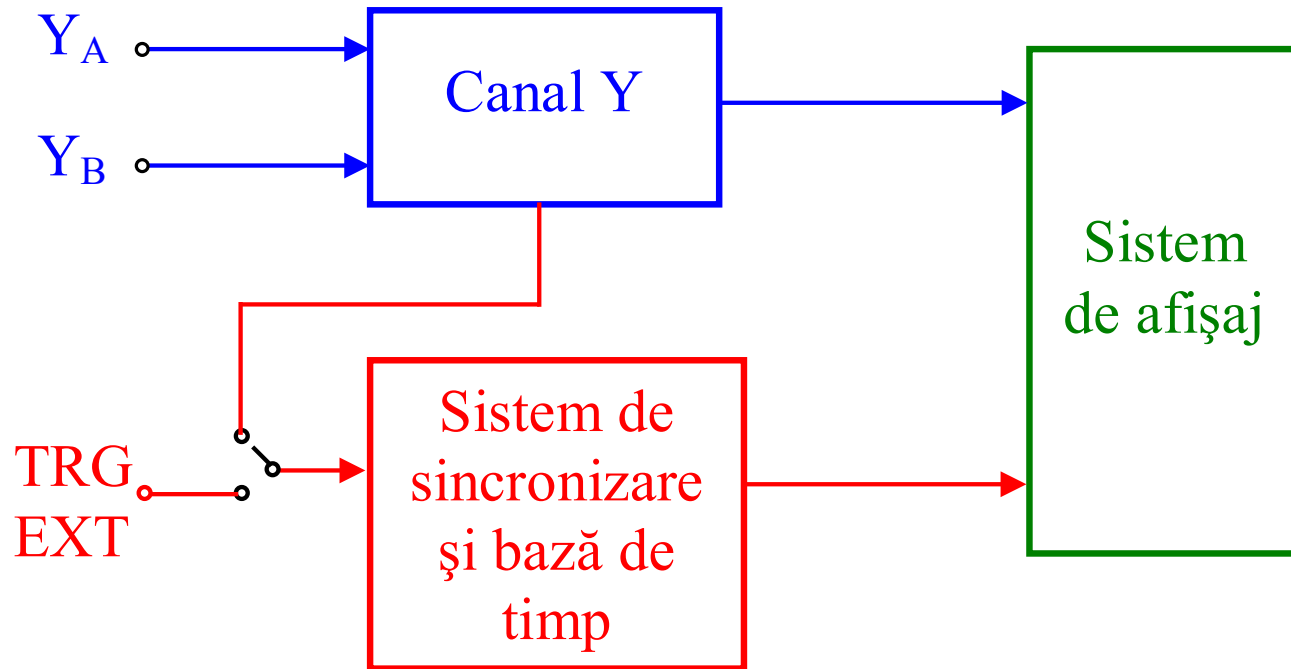
## 2. Osciloscopul

---

### 2.2 Schema bloc generală



# Schema bloc a osciloscopului





# Schema bloc a osciloscopului

---

## ■ *Canalul Y*

- preia semnalele de la intrare ( $Y_A$  și  $Y_B$ )
- le prelucrează → deflexie pe verticală sau afisaj digital
- livrează și un semnal pentru sincronizarea internă a BT.



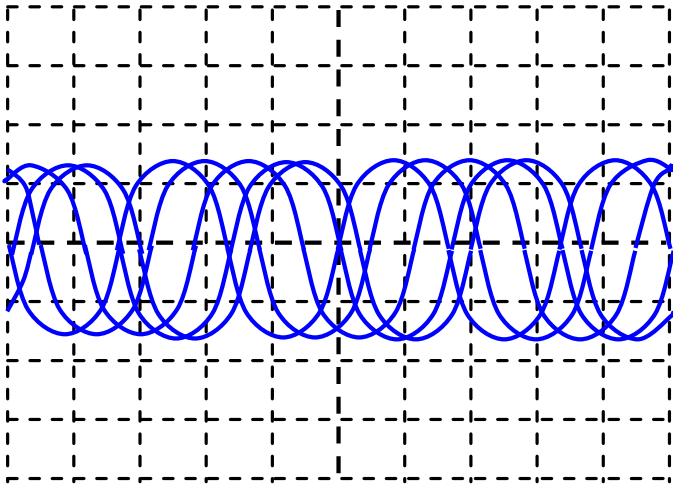
# Schema bloc a osciloscopului

- ***Sistem de sincronizare și bază de timp***
  - asigură **sincronizarea imaginii**
    - **segment de durată limitată** al semnalului
    - Afișarea **se reia** la anumite intervale de timp
    - **image stabile** → la fiecare reluare a afișării **același conținut**
    - Semnal periodic → afișarea începe de fiecare dată în **același moment de timp** al perioadei.
  - creează o **referință de timp**

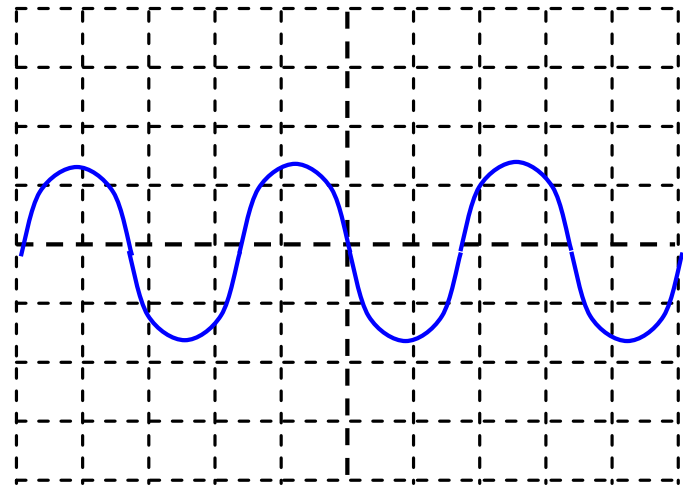


# Schema bloc a osciloscopului

- ***Sistem de sincronizare și bază de timp***



Imagine nesincronizată



Imagine sincronizată



# Schema bloc a osciloscopului

---

## ■ *Sistemul de afișaj*

- realizează imaginea, pe un **ecran gradat**
- informații referitoare la semnalul vizualizat sau la setările aparatului
- osciloscop analogic -> afișaj cu tub catodic
- osciloscop digital -> afișaj cu ecran cu cristale lichide (LCD)



## 2. Osciloscopul

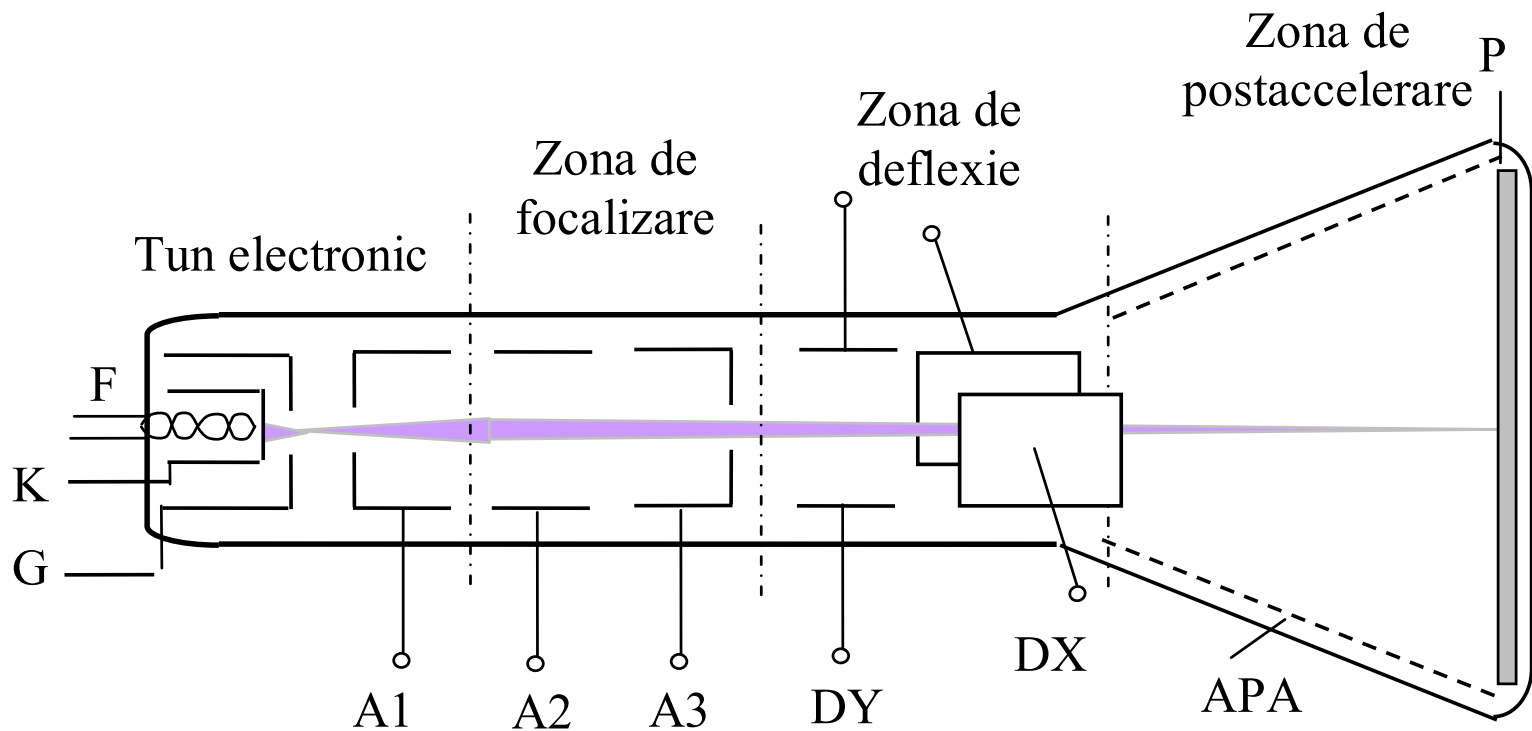
---

### 2.3.1 Osciloscopul analogic. Tubul catodic





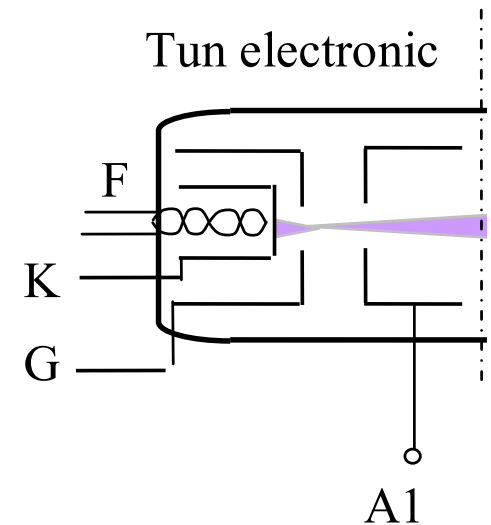
# Tubul catodic





# Tunul electronic

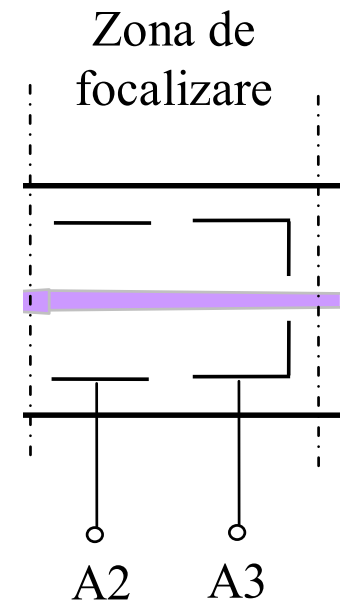
- Are rolul de a genera un fascicol de electroni cu energii cinetice ridicate.
  - Filament (F)
  - Catod (K) - generează fascicolul de electroni
  - Grila (G) - controlul **intensității fascicolului** de electroni (strălucirea imaginii).
  - Anodul de accelerare ( $A_1$ )  
300-5000V de obicei  
fixă în raport cu catodul.





## Zona de focalizare

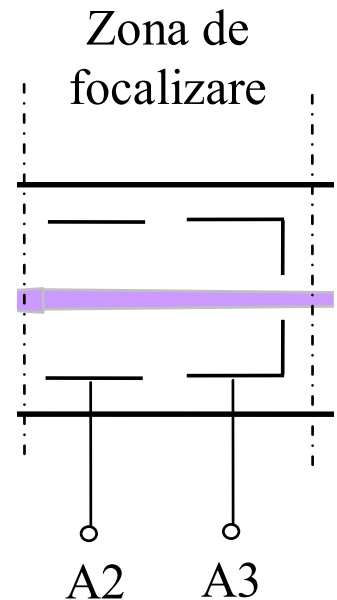
- Rolul acestei zone este de **concentra** fascicolul, obținându-se o **convergență** la nivelul ecranului
  - *Anodul (A2)* –tensiune mai mică decât  $A_1$  (tipic 200-700V)  
–reglaj de focalizare





# Zona de focalizare

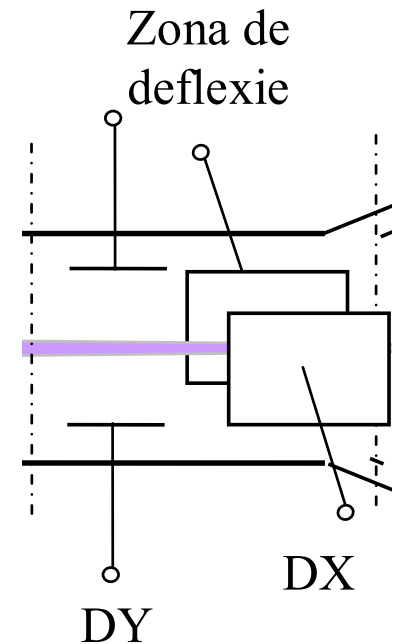
- *Anodul (A3)* – reglarea **efectului de astigmatism**
  - datorat diferenței de potențial între A3 și potențialul mediu al plăcilor de deflexie
  - potențialul mediu al plăcilor de deflexie





# Zona de deflexie

- plăci de deflexie verticală și deflexie orizontală
- devierea fascicolului de electroni și deplasarea spotului la nivelul ecranului.
- Două posibilități de a realiza deflexia:
  - câmp magnetic - televizoare
  - la osciloscopae - deflexia electrostatică (frecvențe mari)



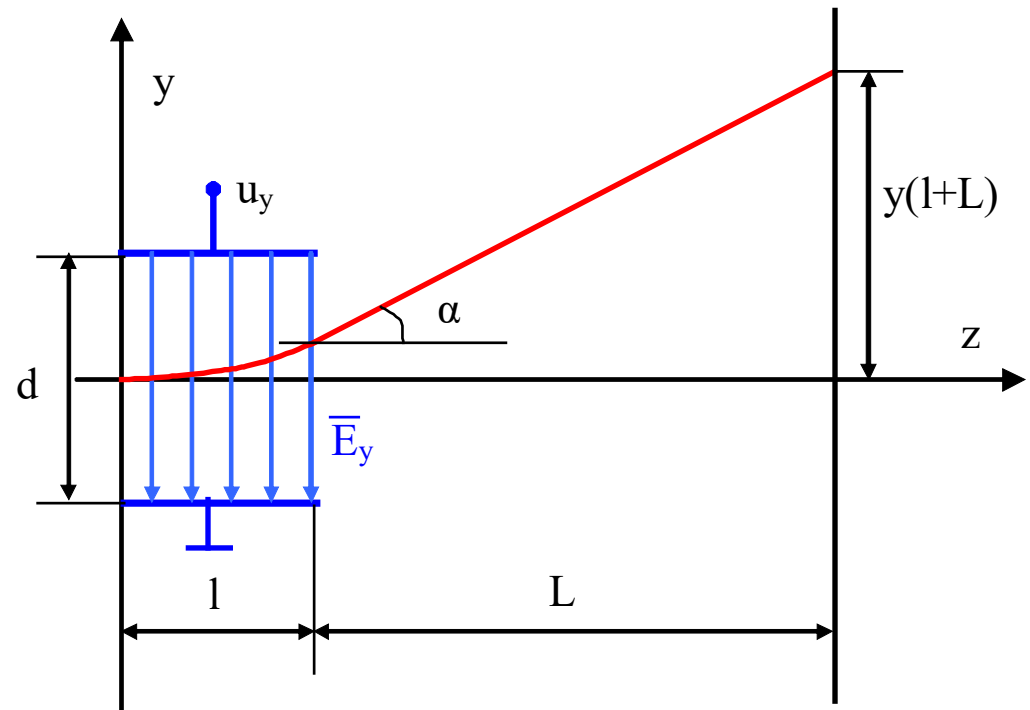


# Deflexia pe verticală

- mișcarea electronului în câmp electrostatic:

- viteza:  $v_z$
- momentul:  $t = 0$
- tensiunea între plăci:  $u_y$
- Câmpul electric:

$$E_y = -\frac{u_y}{d}$$





# Deflexia pe verticală

$$\overline{F}_y = -q\overline{E}_y$$

$$F_y = q \frac{u_y}{d}$$

$$a_y = \frac{d^2 y}{dt^2}$$

$$F_y = m \frac{d^2 y}{dt^2} = q \frac{u_y}{d}$$

- condițiile inițiale:

$$y(0) = 0, \quad \left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = v_y(0) = 0$$



## Deflexia pe verticală

- Considerăm  $u_y$  constantă, egală cu  $U_y$
- Prin rezolvarea ecuațiilor de mișcare, rezultă:

$$\boxed{F_y = m \frac{d^2 y}{dt^2} = q \frac{U_y}{d}} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} y(t) &= \frac{q U_y t^2}{m d 2} \\ z(t) &= v_z t \end{aligned}$$

- Eliminând  $t$ :

$$\boxed{y(z) = \frac{q U_y z^2}{m d 2v_z^2}}$$

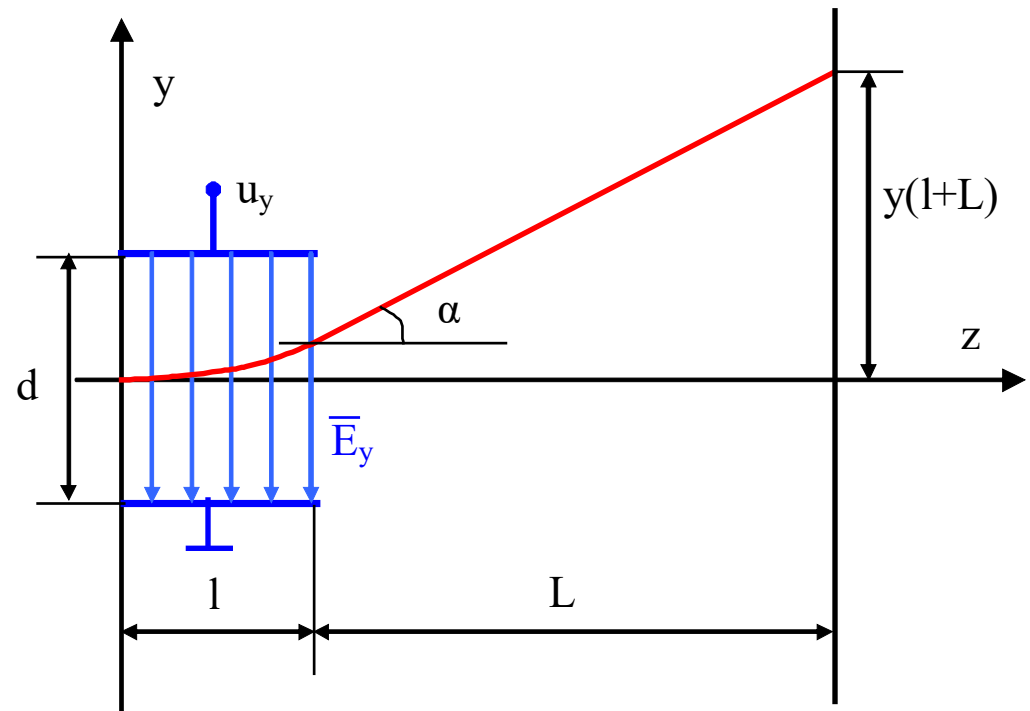




# Deflexia pe verticală

- În interiorul sistemului de deflexie → traiectorie parabolică
- În afară → traiectorie rectilinie

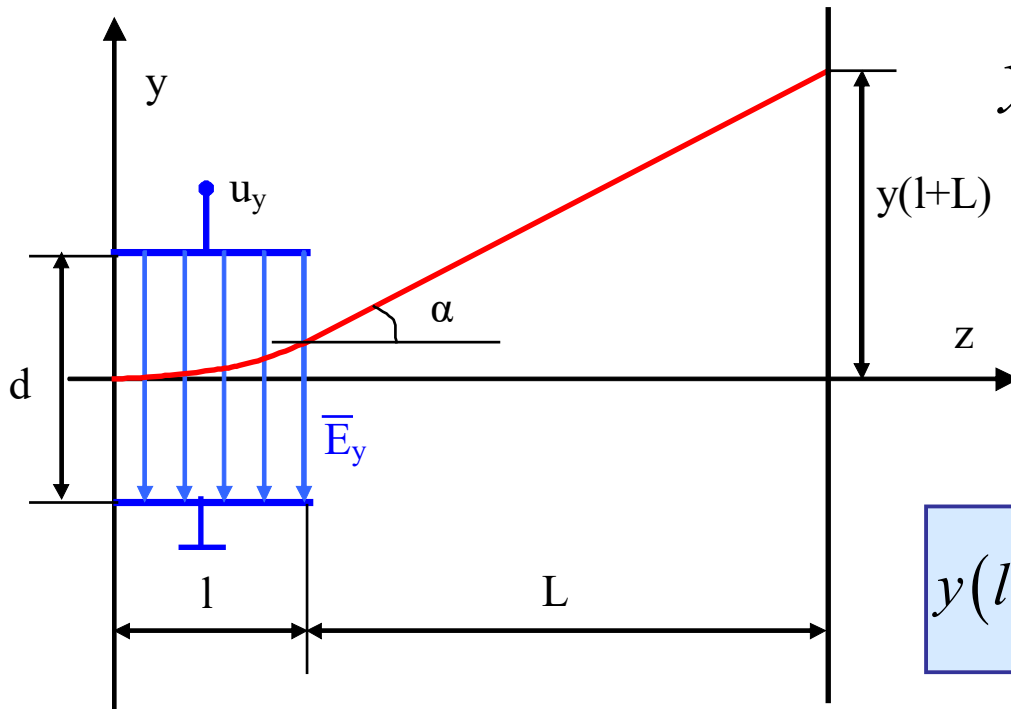
$$\operatorname{tg} \alpha = \left. \frac{dy}{dz} \right|_{z=l} = \frac{q U_y l}{m d v_z^2}$$





# Deflexia pe verticală

- deplasarea la nivelul ecranului:



$$y(L+l) = y(l) + Ltg\alpha = \\ = \frac{q}{m} \frac{U_y}{d} \frac{l}{v_z^2} \left( \frac{l}{2} + L \right)$$

$$y(l) = \frac{q}{m} \frac{U_y}{d} \frac{l^2}{2v_z^2}$$

$$tg\alpha = \frac{q}{m} \frac{U_y}{d} \frac{l}{v_z^2}$$



## Deflexia pe verticală

- $v_z$  dată de tensiunea de accelerare  $U_{AC}$  :

$$\frac{mv_z^2}{2} = qU_{AC} \Rightarrow v_z^2 = \frac{2qU_{AC}}{m}$$

- Se definește *sensibilitatea sistemului de deflexie pe verticală în regim static*

$$S_{y0} = \frac{y(l+L)}{U_y} = \frac{l}{2dU_{AC}} \left( \frac{l}{2} + L \right) \cong \frac{lL}{2dU_{AC}}$$



## Deflexia pe verticală

$$S_{y0} \cong \frac{lL}{2dU_{AC}}$$

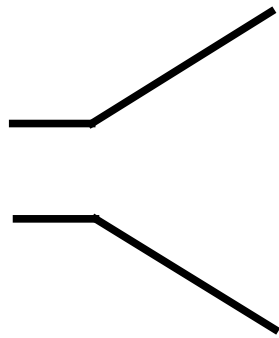
- Din relația sensibilității se observă următoarele:
  - Mărirea  $U_{AC}$  are efect negativ  
→ necesitatea **postaccelerării**
  - Mărirea sensibilității prin mărirea lui  $L$ 
    - plăcile de deflexie verticală se dispun înaintea celor de deflexie orizontală



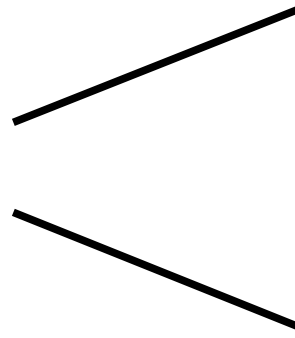
# Deflexia pe verticală

$$S_{y0} \approx \frac{lL}{2dU_{AC}}$$

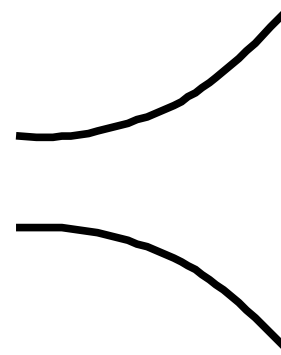
- mărirea sensibilității prin mărirea  $l/d$ 
  - pericolul ca electronii sa lovească plăcile de deflexie
  - soluție: modificarea formei plăcilor:



poligonale



trapezoidale



paraboidale



## Deflexia pe verticală

$$S_{y0} \approx \frac{lL}{2dU_{AC}}$$

- mărirea sensibilității prin mărirea lui  $l$  /  
→ creșterea timpului de zbor  
→ sensibilitate mică în regim dinamic, la fr. mari

### Sensibilitatea în regim dinamic:

- $u_y(t) = U_y = ct$  se poate măsura cu voltmetrul; nu ne trebuie osciloscop.
- $u_y$  variabil - ex:  $u_y(t) = U_y \cos \omega t$   
$$S_y = S_{y0} \text{sinc}(\omega t_z / 2); \quad t_z = l / v_x$$
- Q1: reprezentați  $S_y$
- Q2: care e semnificația fizică a  $S_y$  negativ?



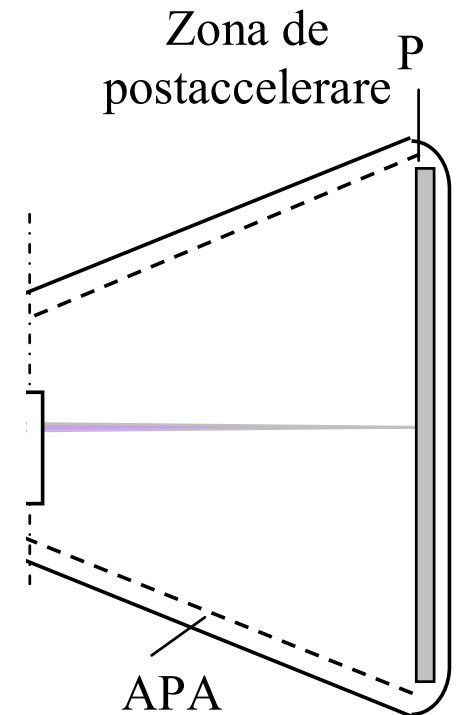
## Zona de postaccelerare

- Tuburi cu  $f > 10$  MHz  $\rightarrow$  viteza de deplasare a fascicolului în planul ecranului este foarte mare
  - durata incidenței cu un anumit punct al ecranului și deci și energia cinetică transmisă stratului luminiscent este mică
  - rezultă o scădere a strălucirii imaginii.
- mărire suplimentară a energiei cinetice a electronilor după sistemul de deflexie.



## Zona de postaccelerare

- anod de postaccelerare (APA) polarizat cu o tensiune foarte înaltă (5÷15 kV).
- Depunere metalică de **formă elicoidală** cu R foarte mare (sute de MΩ) pe suprafața tronconică a tubului.
- **suprafețe echipotențiale sferice**, care **nu modifică traiectoria** electronului







# Ecranul

---

- strat luminiscent P, din fosfor, depus pe fața interioară a tubului
- energia cinetică → energie luminoasă cu un randament cât mai bun
- Fenomenele care stau la baza funcționării ecranului:
  - *Fluorescență*
  - *Fosforescență*



# Ecranul

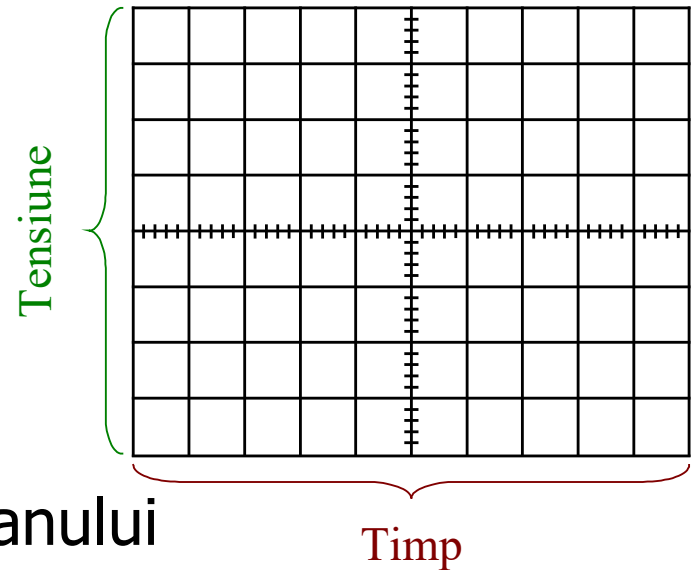
---

- **Persistența** imaginii
  - Persistență redusă (sub 1 ms) – fosfor **P11** (culoare albastră) - TV;
  - Persistență medie (1ms ÷ 2s) – fosfor **P31** (culoare galben – verzuie) – foarte frecvent la osciloscoape;
  - Persistență mare (mai mare de 2 ms) – fosfor **P33** (culoare oranj) – pentru radare, analizoare de spectru, vobuloscoape.



# Graticula (caroiajul)

- Grilă gradată în diviziuni și subdiviziuni, pe orizontală și pe verticală.
- În mod frecvent, sunt:
  - $N_x = 10$
  - $N_y = 8$
- Graticula poate fi:
  - Internă - zgâriată pe sticla ecranului
  - Externă - realizată pe o placă de plexiglas plasată în fața ecranului.





## 2. Osciloscopul

---

### 2.3.2 Osciloscopul analogic. Schema bloc



# Schema bloc a osciloscopului analogic





# Schema bloc a osciloscopului analogic

---

- ***Canalul Y***
  - preia semnalele de la intrare
  - le prelucrează pentru a produce tensiunea necesară sistemului de deflexie pe verticală
  - livrează și un semnal pentru sincronizarea internă pentru baza de timp (BT).



# Schema bloc a osciloscopului analogic

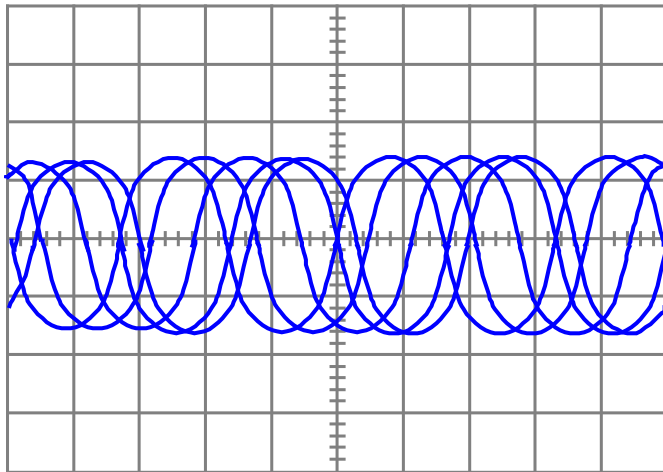
---

- ***Canalul X (baza de timp)***
  - deplasarea pe orizontală a spotului cu **viteză constantă** (măsurare timp)
  - **tensiune liniar variabilă** (crescătoare), pe durata unei curse directe, generată de BT
  - “dinte de fierăstrău”

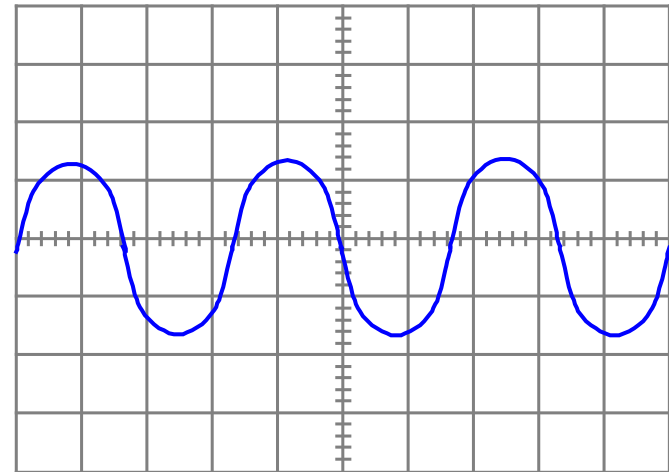


# Schema bloc a osciloscopului analogic

- rolul de a asigura sincronizarea imaginii vizualizate, folosind drept semnal de sincronizare:
  - semnalul care este vizualizat (sincronizare internă),
  - semnal extern, aplicat la borna TRG EXT (trigger extern).



Imagine nesincronizată



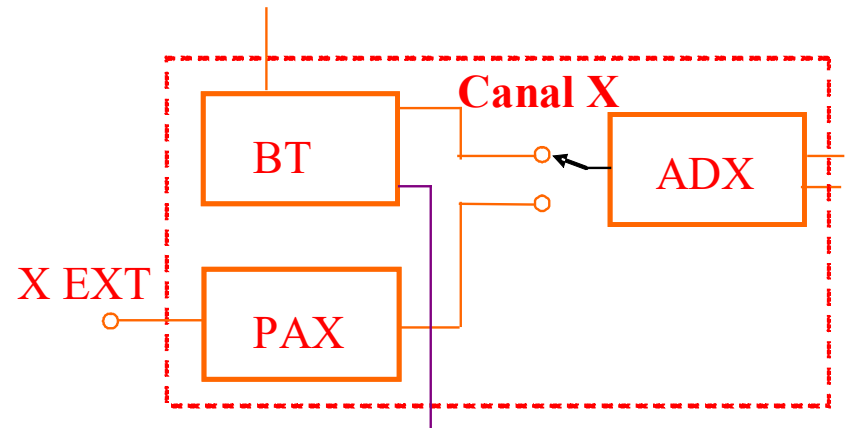
Imagine sincronizată





# Schema bloc a osciloscopului analogic

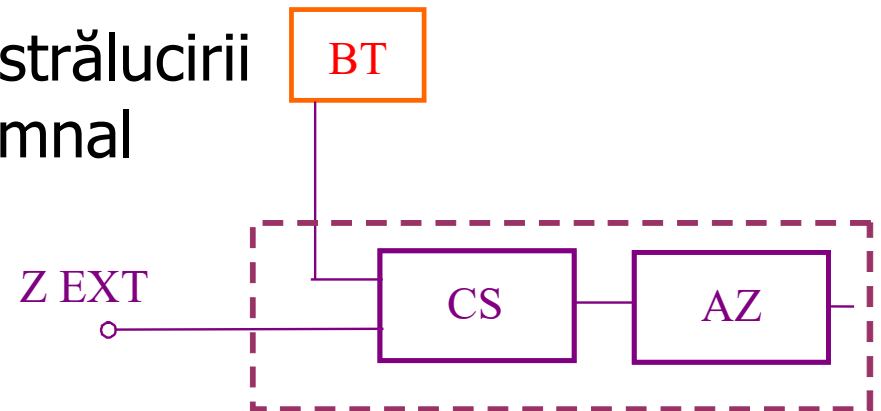
- generarea unui semnal care să asigure stingerea spotului pe durata cursei inverse (întoarcerea spotului)
- Amplificatorul deflexiei pe orizontală (ADX)
  - preia semnalul dat de BT în modul de lucru  $y(t)$
  - sau semnalul dat de un preamplificator (PAX)





# Schema bloc a osciloscopului analogic

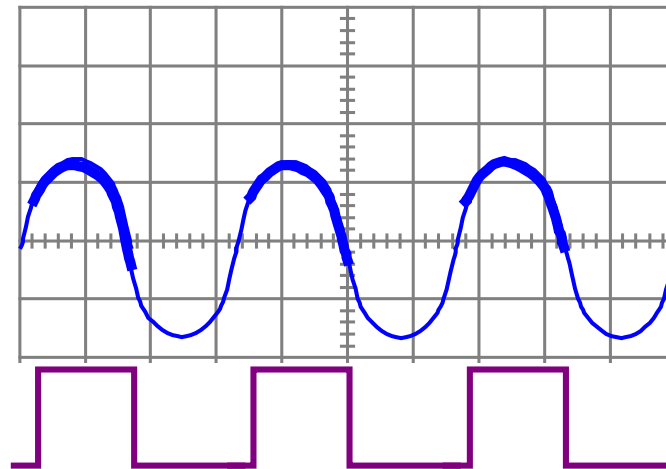
- ***Amplificatorul de luminozitate (AZ)***
  - controlul strălucirii (tensiune grilă)
- ***Circuitele de control al strălucirii (CS)***
  - stingerea spotului pe durata CI, utilizând semnalul furnizat de BT.
  - posibilitatea controlului strălucirii prin intermediul unui semnal extern, aplicat la borna





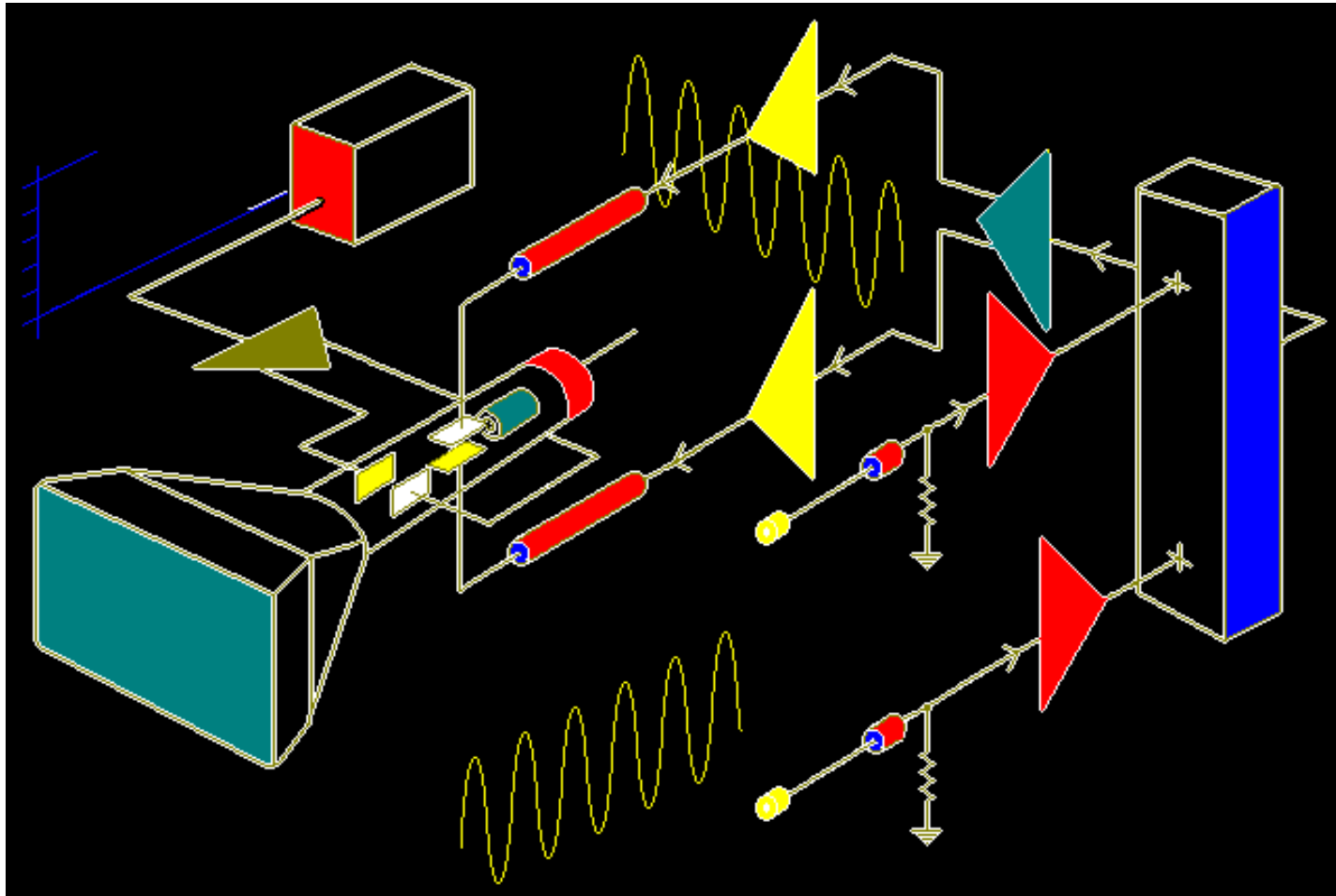
# Schema bloc a osciloscopului analogic

- intensitatea poate fi văzută ca o a treia dimensiune (Z)
- **EXEMPLU:** pe intrarea **Z EXT** se aplică un semnal dreptunghiular, iar semnalul vizualizat este de tip sinusoidal





# Schema bloc a osciloscopului analogic





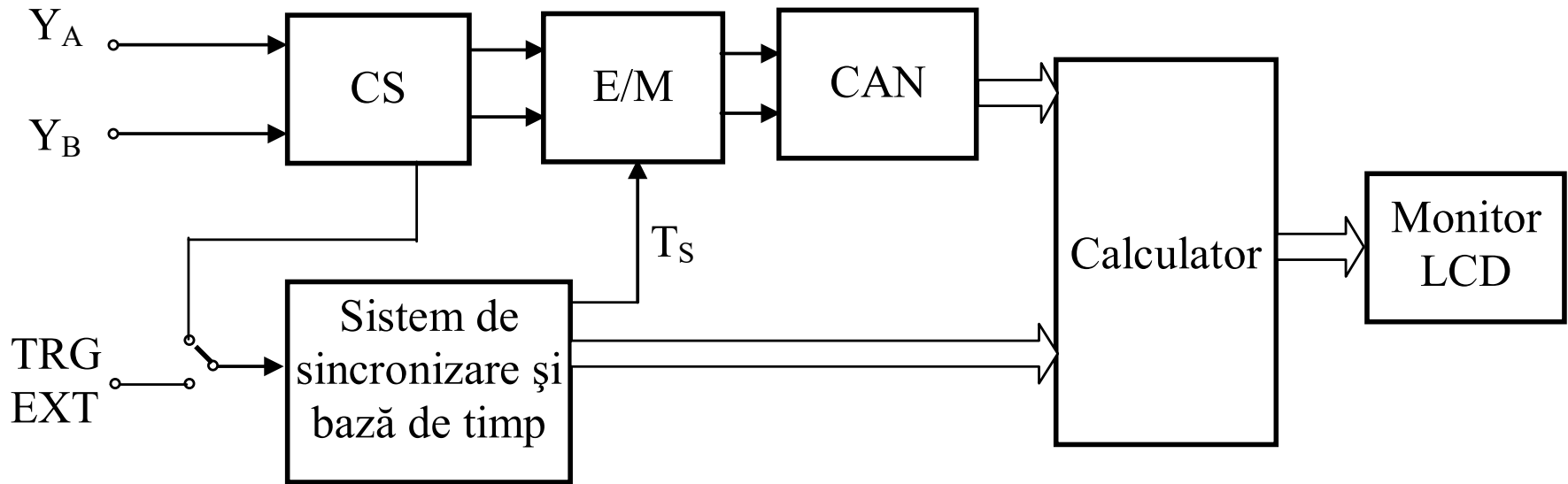
## 2. Osciloscopul

---

### 2.4 Schema bloc a osciloscopului digital



# Schema bloc a osciloscopului digital

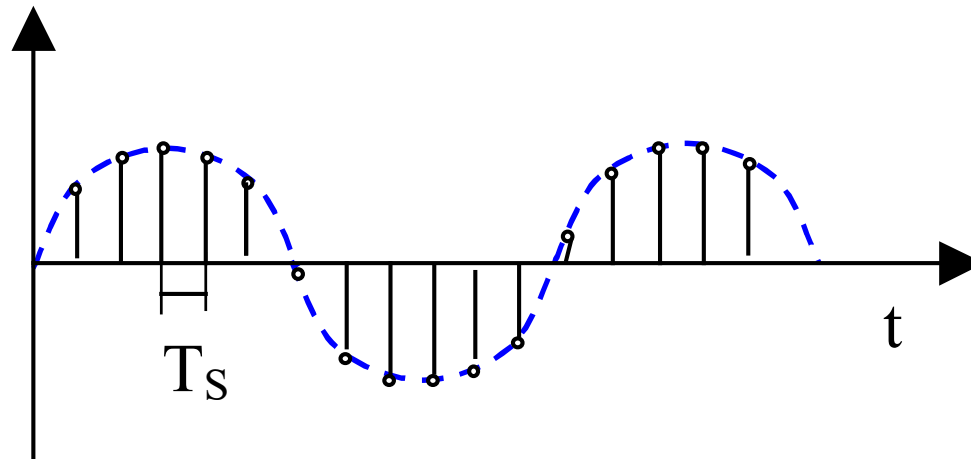


- CS este un bloc analogic de condiționare a semnalelor de intrare



# Schema bloc a osciloscopului digital

- Blocul de eșantionare/memorare (E/M)





# Schema bloc a osciloscopului digital

---

- Convertorul analog numeric (CAN).
  - compară amplitudinea fiecărui eșantion cu un pas de cuantizare.
  - Raportul celor două mărimi, rotunjit la un număr întreg, este rezultatul conversiei.
  - semnalul va fi reprezentat printr-o succesiune de numere, scrise într-un cod binar.
  - Se spune că semnalul este *digitizat* (exprimat în formă numerică).





# Schema bloc a osciloscopului digital

- Semnalul digitizat este aplicat unui **microcalculator** care poate efectua operații de:
  - memorare a unui număr de forme de undă,
  - prelucrări de semnal pentru îmbunătățirea calității imaginii
  - calculul unor parametri ai semnalului
  - asigurarea operațiilor de interfață cu utilizatorul sau cu un calculator



# Schema bloc a osciloscopului digital

- Microcalculatorul mai primește și informațiile de timp și de sincronizare de la **sistemul de sincronizare și bază de timp**
  - care lucrează ca și în cazul osciloscopului analogic pornind de la semnalul de sincronizare analogic
  - funcționarea sa diferă în multe privințe de aceea a blocului omolog din cazul precedent.
  - BT furnizează și semnalul de tact  $T_S$  cu care face eșantionarea blocul E/M.



# Schema bloc a osciloscopului digital

---

- afișarea se face pe un **monitor video LCD** monocrom sau color
- elementele de reglaj afișate direct pe ecran