

1

## Cuprins

- Utilitate, clasificare, schema bloc
- Analog vs. digital ?
- (A) Tubul catodic (TK)
  - realizare
  - sensibilitatea în regim static
  - sensibilitatea în regim dinamic
  - TK cu memorie electrostatică
- (B) Canalul Y
  - caracteristici
  - schemă bloc și reglaje
  - divizorul calibrat și compensat
  - osciloscopice cu mai multe canale verticale
- (C) Canalul X
  - caracteristici, moduri de lucru
  - schemă bloc
  - baza de timp
  - modul XY

2

## Clasificare

- Osciloscopul analogic
  - Normal (frecvențe mici – medii)
  - Cu eșantionare (frecvențe mari)
- Osciloscopul numeric
  - Cu eșantionare
  - îl studiem cînd ne revedem în anul 3 - IEM
- Reglajele de bază (X, Y, trigger) sînt foarte asemănătoare ! Funcțiile de bază sînt aproape identice.

3

## Istoric



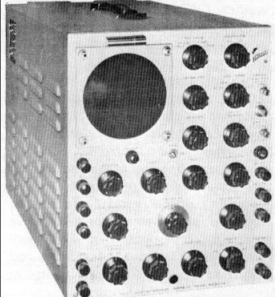
Sursa: Philips - 1940

4

## Istoric

- 1897: Karl Ferdinand Braun inventează tubul catodic (*Cathode Ray Tube* – CRT)
- 1930: tubul catodic cu 2 spoturi (osciloscop cu 2 canale) – A.C. Cossor (Marea Britanie)
- 1938: Fondarea HP (Hewlett-Packard)
- 1946: Fondarea Tektronix: Howard C. Vollum și Jack Murdock inventează osciloscopul **sincronizat** (Tektronix 511) și **calibrat** (cu graticulă);  $f_0=10\text{MHz}$
- 1959: osciloscopul cu eșantionare analogică (în timp echivalent); se pot vizualiza semnale de 300MHz cu un osciloscop de bază de 20MHz.
- 1963: Tektronix inventează tubul cu fosfor bistabil; memorarea imaginii pe un osciloscop analogic
- 1964: LeCroy: osciloscopul digital cu eșantionare
- 1978: Tektronix: osciloscop analogic de 1GHz
- 199x: Osciloscopul digital devine dominant pe piață; eșantionare  $> 1\text{GSa/s}$
- 1999: Înființarea Agilent Technologies (din divizarea HP)
- 2008: Agilent Infiniium 90000: primul osciloscop care poate memora mai mult de 1 giga eșantioane
- 2014: Divizarea Agilent: divizia de instrumentație devine Keysight

5



**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.

### 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 511 (1946)

OBS: 795\$ în 1948 = 7700\$ în 2014!

**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

ELECTRONICS — September, 1948

6

Mai modern (2014)....



**The Oscilloscope Watch**

Pre order now

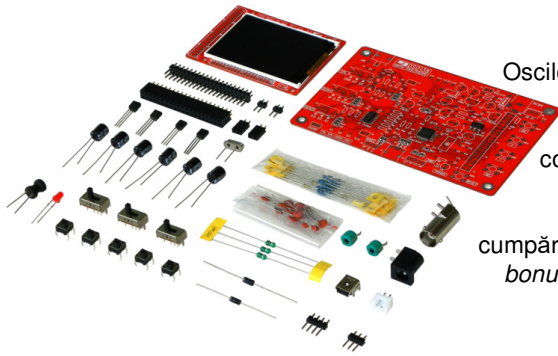
THU 9-26 12:00

www.gabotronics.com

7

Și mai modern (2015)....

<http://www.iyetech.com/Products/LcdScope/e138.php>



**DSO138**

Osciloscop digital sub formă de kit

- 200KHz
- 1MSa/s

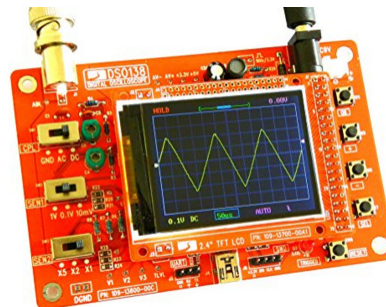
cost: 20\$ cu livrare inclusă:

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

cumpărați-vă și voi propriul osciloscop!  
*bonus: învățați să lipiți un montaj !*

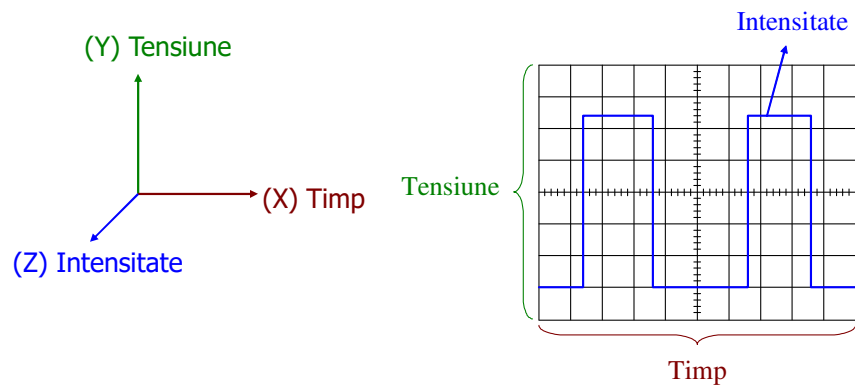
review:

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



8

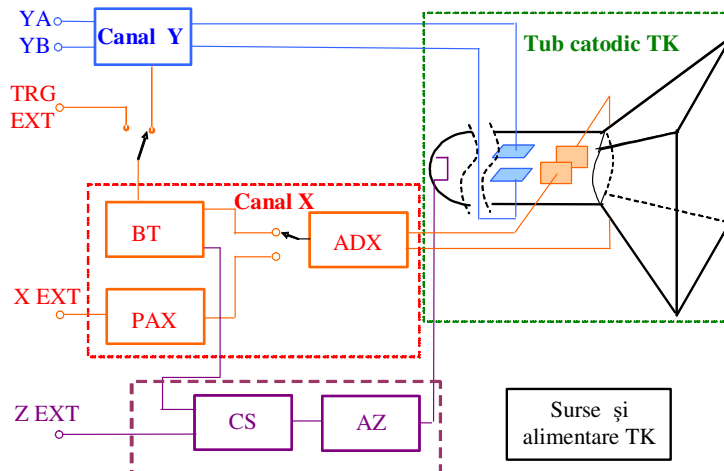
## Osciloscopul – funcții principale



- afișare  $y(x)$
- uzual  $x=t \rightarrow$  afișare  $y(t)$
- există și afișare  $y(x)$  :  $y=u_y(t)$  ,  $x=u_x(t)$  (afișare XY)
- axa z: intensitate (opțional)

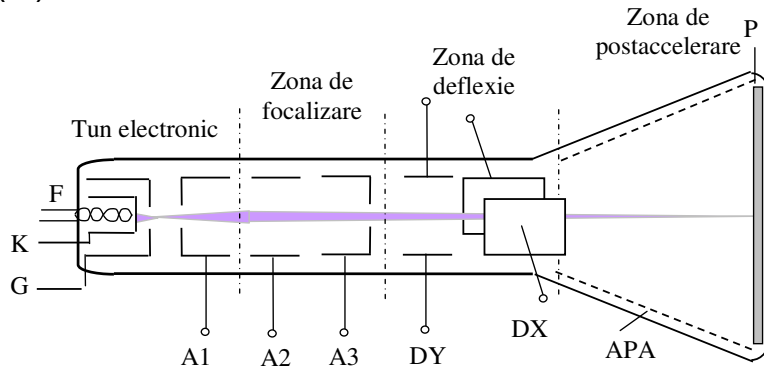
9

## Osciloscopul catodic – schema bloc



10

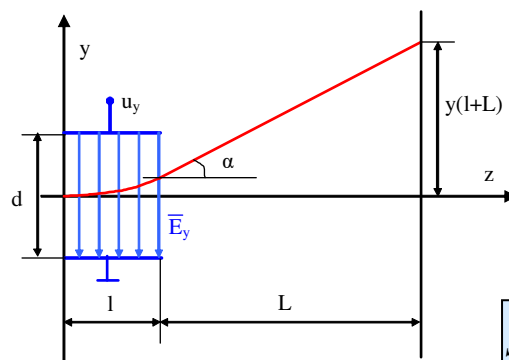
## (A) Tubul catodic cu deflexie electrostatică



- deflexia electrostatică = osciloscop (viteză mare:  $f \leq 1\text{GHz}$ )
- deflexia electromagnetică = tuburi de televizor, monitor...
- anodi: A1 astigmatism, A2 focalizare
- potentialul A3 mic; *de ce ?*
- accelerare (A) +postaccelerare (PA)
- forma ecranului: plat/sferic; *consecințe tehnologice?*
- luminiscentă: fluorescență+fosforescență; *definiții?*

11

## Deflexia electrostatică; sensibilitatea



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

- Paranteză: definiția sensibilității unui aparat de măsură
- $S_{y0} = y(l+L)/u_y$
- $S_0$  în regim **static** pentru  $u_y = ct = U_0$  (este util la ceva ?)

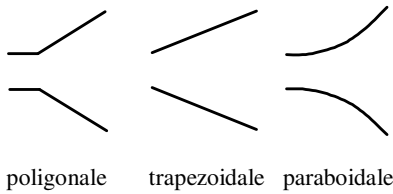
12

## Consecințe tehnologice

(you can't have a cake and eat it too)

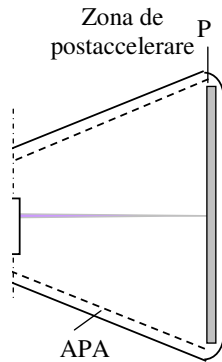
- dorim S mare: consecințe:
  - l, L mari: dezavantaje
  - d,  $U_{AC}$  mici: dezavantaje
- **Q:** cum se rezolvă/compensează dezavantajele ?
  - consecințe L
  - consecințe l/d
  - consecințe  $U_{AC}$

Plăci deflexie:



13

## Consecințe, partea 2



**Q:** Cum se rezolvă cerința:  $U_{AC}$  mic ?

**A:** post-accelerare.

14



## Sensibilitatea în regim dinamic

$u_y(t) = U_0 = ct$  se poate măsura cu voltmetrul; nu ne trebuie osciloscop.

$u_y$  **variabil** - ex:  $u_y(t) = U_y \cos \omega t$

$S_d = S_0 \text{ sinc}(\omega t_z / 2)$        $t_z = l/v_x$  (timp de zbor)

Q1: reprezentați  $S_d(\omega)$

Q2: care e semnificația fizică a  $S_d$  negativ ?

Soluții de creștere a frecvenței maxime de lucru:

- plăci de deflexie multiple:  $f < 350\text{MHz}$
- plăci de deflexie spiralate:  $f < 1\text{GHz}$

Realizarea electrodului de PA

- compact:  $f < 10\text{MHz}$
- spiralat, cu câmp compact uniform:  $f = \text{zeci MHz}$
- spiralat+ grila pentru câmp axial uniform:  $f = \text{sute MHz}$

15

## Electrod PA compact/spiralat



16

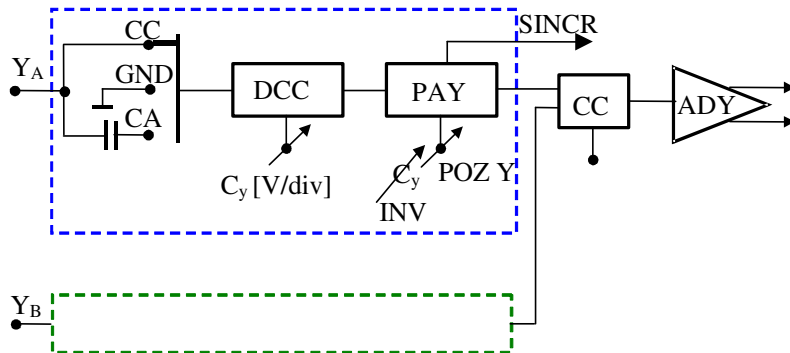


## Bonus: TK cu memorie electrostatică

- tun electronic principal: FER
- tunuri electronice suplimentare: FEL
- grile suplimentare în fața ecranului
  - grilă de memorie GM
  - grilă colectoare GC
- Modul de funcționare?

17

## (B) Canalul Y



Schema bloc a canalului Y

- tipic: 2 canale = 2 blocuri Y

18

## Rolul si funcțiile canalului Y

- selecția modului de cuplaj: ca/cc/gnd
- amplificare în tensiune, *calibrată*
- asigură  $Z_{in}$  (constant)
- extragerea semnalului de *sincronizare* din semnalul de intrare
- comanda TK: trecerea de la asimetric la simetric

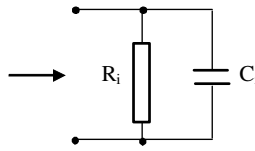
19

## Caracteristici Y

1. impedanța de intrare
2. sensibilitate / coeficient de deflexie
3. caracteristica de frecvență
  - Paranteză 1: definiția și utilitatea dB
  - Paranteză 2: caracteristici de frecvență de tip FTJ
4. răspunsul la impuls treaptă

20

## 1. Impedanța de intrare



- $1\text{M}\Omega \parallel 20\text{-}30\text{pF}$  normal
  - $10\text{M}\Omega \parallel 2\text{-}4\text{pF}$  cu atenuator 1:10 (pasiv)
  - $100\text{M}\Omega \parallel 1\text{-}2\text{pF}$  cu atenuator 1:100 (sonda activă)
  - $50\Omega$  RF (frecvențe înalte) pentru lucrul *adaptat*
- 
- Selectarea sondei la Tektronix TDS1000/2000:  
**CH1 menu -> Probe 1x sau 10x sau 100x**

21

## 2. Sensibilitate / $C_y$

- $S = y/U_d$  [div/V] (include și S a TK)
- $C_y = U_d/y = 1/S$  [V/div]
- OBS:  $C_y$  calibrate în secvența 1-2-5

22

## Paranteza 1: dB

- de ce dB ?

exemplu: telefon GSM:

- $P_{\text{emisie}} = 10\text{W}$  la stația de bază
- $P_{\text{receptie}} = 0.000000000001\text{W}$  ( $10^{-12}\text{W}$ ) în antena tel.

concluzie: incomod și nepractic !

$$P_{\text{emisie}}/P_{\text{receptie}} = 10^{13}$$

$$\text{în dB: } P_{\text{emisie}}/P_{\text{receptie}} [\text{dB}] = 10 \lg (P_{\text{emisie}}/P_{\text{receptie}}) = 130\text{dB}$$

$$\text{în putere: } P_1/P_2 [\text{dB}] = 10 \lg P_1/P_2$$

$$\text{în tensiune: } U_1/U_2 [\text{dB}] = 20 \lg U_1/U_2$$

23

## Paranteza 1: dB

- Aplicație Android:  
play.google.com → G-MoN

Q: calculați puterea maximă și minimă recepționată de telefon de la celula curentă și celulele vecine!

Hint:

$$0 \text{ dBm} \leftrightarrow P = 1\text{mW}$$

$$-10 \text{ dBm} \leftrightarrow P = 10^{-1} \text{ mW}$$

$$-20 \text{ dBm} \leftrightarrow P = 10^{-2} \text{ mW}$$

$$P_1/P_2 [\text{dB}] = 10 \lg (P_1/P_2)$$

alegem  $P_2 = \text{referință} = 1\text{mW}$

$$P[\text{dBm}] = 10 \lg (P / 1\text{mW})$$

The screenshot shows the cellular information screen of an Android phone. The status bar at the top shows the time as 12:50 and the carrier as MEDIONmobile. The screen is divided into sections for 2G/3G/4G, WIFI, and CELL HISTORY. The CELL HISTORY section displays the following information:

LCID	RXL
23395	-81 dBm
CID : 23395	QUAL : 0
LAC : 825	RSRP : 0
PSC : 0	RSRQ : -1
RNC : n/a	EcIo : -1
TYPE : EDGE	DIST : 987m
NET : 26203	BEAR : 279°

Below this, the location is shown as 15701533 Westhafen 2 60596 Frankfurt Stresemannallee 30 Hochhaus Dach 742218G6\_0 H: 50.8m HSR: 120° Band: G TRX: 4.

The '6 Neighbour cells detected:' section shows a table of neighboring cells:

No.	CID/PSC	LAC	RXL
0.	23395	825	-83
1.	40055	825	-93
2.	7655	825	-99
3.	-1	0	-93
4.	34105	825	-93
5.	39075	825	-101

24

## Paranteza 2: Caracteristica de frecvență a unui diport

- **Definiție:** caracteristica= $A(j\omega)$
- s.n și amplificarea/atenuarea în tensiune
- $U_2/U_1 = A(j\omega)$   $U_1, U_2$  complexe
- Caz general: caracteristica de **ordinul 1**:



$$A(j\omega) = \frac{A_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}}$$

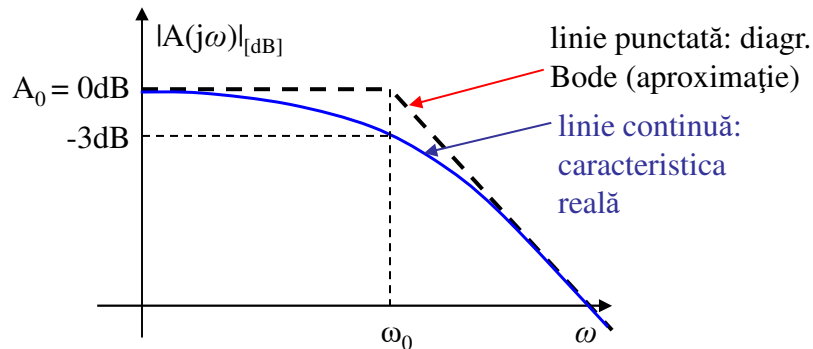
- **Modulul** amplificării:

$$|A(j\omega)| = \frac{A_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}$$

- **Q:** Caz particular: calculați și reprezentați caracteristica unui circuit RC de tip FTJ

25

## Caracteristica de frecvență a unui diport



### de ce -3 dB ?

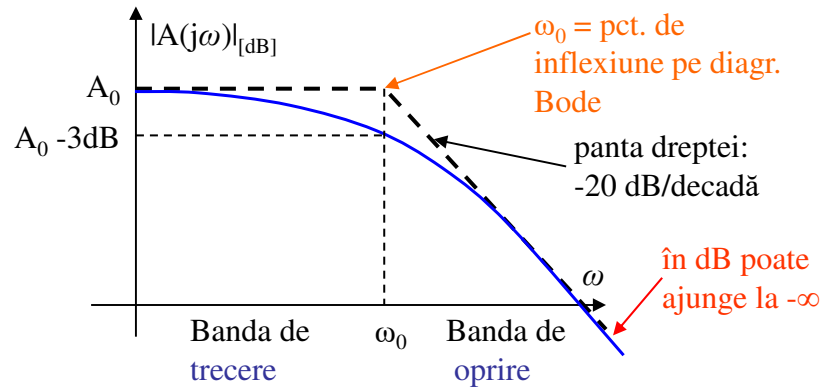
- la  $\omega = \omega_0$   $A(\omega) = A_0 / \sqrt{1+1^2} = 0.707$
- deci  $U_2 = 0.707 U_1$
- $20 \lg U_2/U_1 = 20 \lg (0.707) = -3.01$

$$|A(j\omega)| = \frac{A_0}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$$

26

## Caracteristica de frecvență a unui diport



- Atenuare (oprire) pt  $f > f_0 \rightarrow f_0 = f_{-3dB} = \text{frecv. de sus}$
- s.n. caracterică de **filtru trece-jos** (FTJ)
- Decadă:  $f_1 = 10f_0$   
 $A_1/A_0$  [dB]  $\approx -20$ dB
- Octavă:  $f_1 = 2f_0$  **Q: calculați atenuarea pe o octavă!**

$$|A(j\omega)| = \frac{A_0}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}}$$

27

## 3. Caracteristica de frecv. a CH Y

- Este de ordinul 1, de tip FTJ
- se specifică  $\omega_0/2\pi$  numită  $f_0$  sau  $f_{-3dB}$
- vezi simbol universal FTJ (*engl.* LPF)

$$|A(j\omega)| = \frac{A_0}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}} \quad (1)$$



sursa: educatorscorner.com

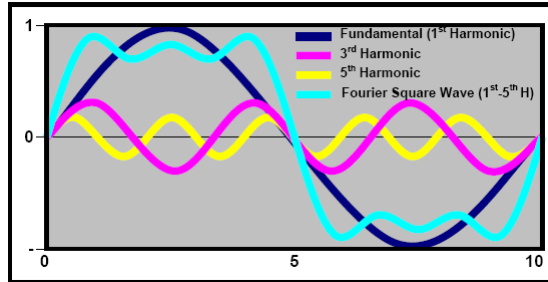
$|A(j\omega)|$  este  $A_{\text{afișat}}$  de osciloscop

- **de reținut:** la  $f=f_{-3dB}$  semnalul este **deja atenuat** cu 3dB!
- la orice  $f > 0$  semnalul este atenuat cf. formulei (1); caracteristica de tip Bode este doar o aproximare.
- Se alege un osciloscop cu  $f_{-3dB} \gg f_{\text{max}}$  a semnalului dorit

28

## Alegerea benzii osciloscopului ( $f_0$ )

Q: dându-se un semnal de frecvență  $f_s$ , cât trebuie să fie banda  $f_0$  a osciloscopului folosit pentru afișarea sa?



A: un semnal conține o **frecvență fundamentală** și **armonici**.

Doar semnalul **sinusoidal** nu conține armonici. Dacă știm sigur că semnalul necunoscut e sinusoidal, nu ne mai trebuie osciloscopul!

Semnal **dreptunghiular** de  $f=100\text{MHz}$  → armonici pe 300, 500, 700MHz...  
(dezvoltare în serie Fourier, armonici impare)

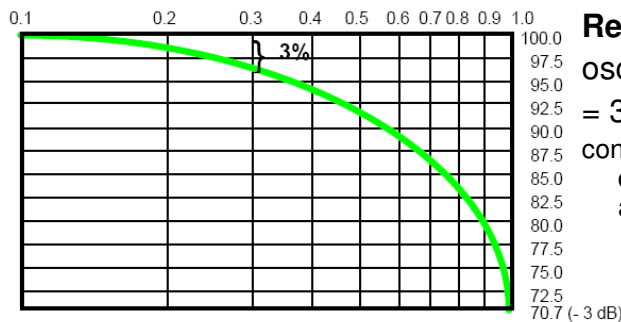
deci frecvența maximă din spectrul semnalului este  $f_{s\text{max}} \gg f_s$

**Concluzie:** alegerea se face în funcție de  $f_{s\text{max}}$  și nu  $f_s$  (fundamentală)

Sursa: Tektronix

29

## Alegerea benzii osciloscopului ( $f_0$ ) (cont'd)



**Regulă:** se alege osciloscopul a.î.  $f_0$

$$= 3.5 f_s$$

consecință: pentru un semnal dreptunghiular intră 3.5 armonici

$$|A(j\omega)| = \frac{A_0}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}}$$

- axa x: raportul  $f_s / f_0$
- axa y: raportul  $A(f_{\text{semnal}})/A_0$  ( $A_0$  = ampl. reală a semnalului)

Exemple:

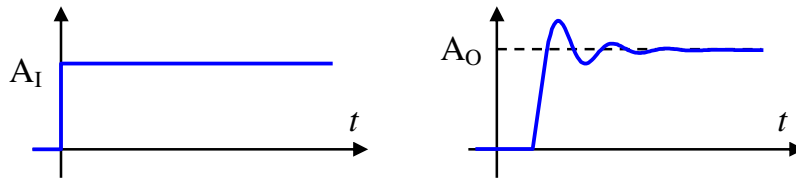
- $f_{\text{semnal}} = f_0$  →  $A_{\text{afișat}} = 70.7\%$  din  $A_{\text{real}}$  → eroare de 29.3%
- $f_{\text{semnal}} = 0.3f_0$  →  $A_{\text{afișat}} = 95.7\%$  din  $A_{\text{real}}$  → eroare de 4.3%

Sursa: Tektronix

30



#### 4. Răspunsul la impulsul treaptă

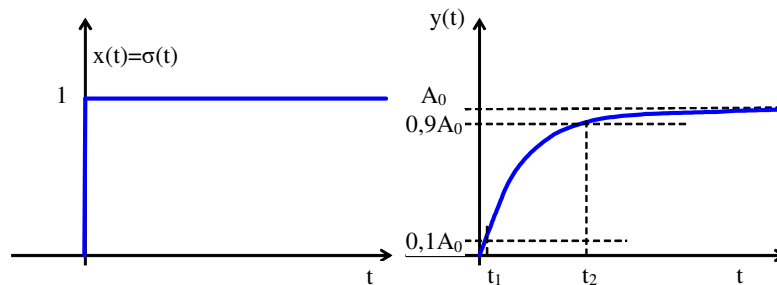


- la intrare: impuls treaptă  $\sigma(t)$  de ampl.  $A_i$
- la ieșire:  $A_o < A_i$ , întârziat și distorsionat

31

#### Răspunsul la impulsul treaptă (cont'd)

- la intrare:  $\sigma(t)$
- la ieșire:  $y(t) = A_0(1 - e^{-\omega_0 t}) \sigma(t)$



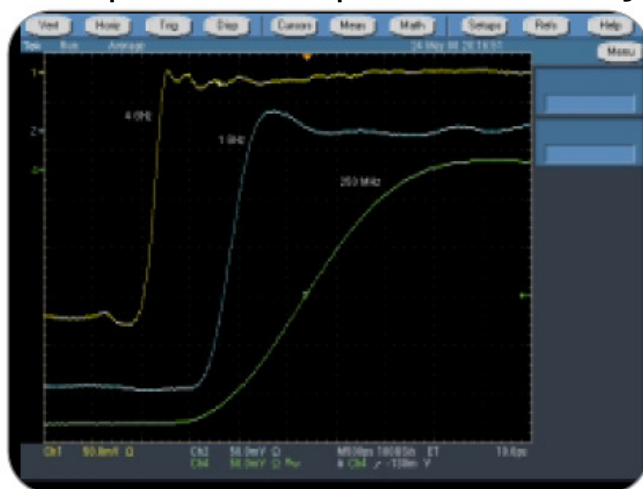
- durata frontului va fi  $t_f = t_2 - t_1$
- legătura  $t_f$  cu frecvența de sus  $f_0$ :

$$t_f = \frac{0,35}{f_0}$$

- **Demonstrație !**

32

## Răspunsul la impuls - consecințe



- Același semnal afișat cu un osciloscop cu banda de 4GHz, respectiv banda limitată la 1GHz și la 250MHz
- Q: de ce am putea dori să limităm banda unui osciloscop?

Sursa: Tektronix

33

## Răspunsul la impuls – consecințe (cont'd)

tehnologie	viteză	$t_f$	$f=0.35/t_f$	$f_0 = 3f$
SDH	155Mb/s	2.0 ns	175 MHz	525 MHz
1394	100Mb/s	3.2 ns	109 MHz	328 MHz
1394	200Mb/s	2.2 ns	159 MHz	477 MHz
1394	400Mb/s	1.2 ns	292 MHz	875 MHz
DDR2	400MT/s	150 ps	2.3 GHz	7 GHz
DDR3	1333MT/s	75.0 ps	4.7 GHz	14 GHz
PCIe	2.5Gb/s	50.0 ps	7.0 GHz	21 GHz
PCIe	5.0Gb/s	30.0 ps	11.7 GHz	35 GHz
IBTA	2.5Gb/s	30.0 ps	11.7 GHz	35 GHz

MT/s = M Transferuri/secundă

Sursa: Tektronix

Legătura dintre viteză,  $t_f$ , frecvența semnalului și bandă

Ultima coloană: banda la -3dB ( $f_0$ ) a unui osciloscop a.î. să fie de 3 ori mai mare decât  $f = 0.35/t_f$

$$f_0 = 3f_{\text{semnal}} \rightarrow f/f_0 = 0.33 \rightarrow A_{\text{afișat}}/A_{\text{real}} \approx 95\%$$

34

## Răspunsul la impuls (cont'd)

- Pînă acum:  $t_f$  = timpul introdus de osciloscop datorită  $f_0$ , presupunînd un timp de creștere 0 al semnalului
- Dacă semnalul are timpul de creștere nenul  $t_s$  :

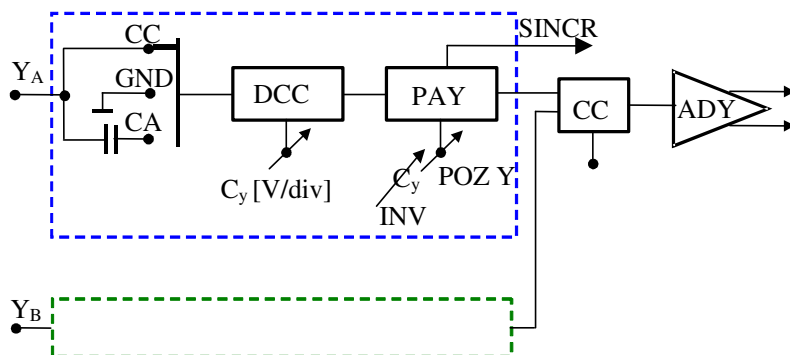
$$t_v = \sqrt{t_s^2 + t_f^2}$$

$t_v$  = rezultanta = timpul afișat pe ecran

- timpii se combina **pătratic**

35

## Schema bloc a canalul Y



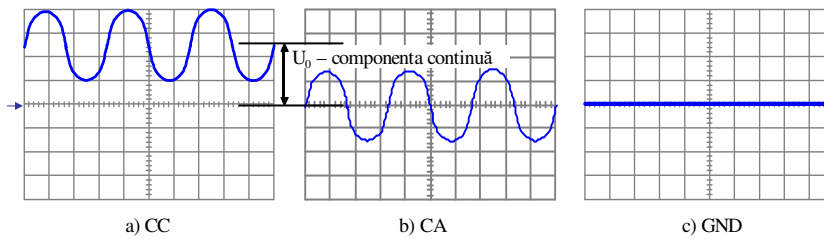
Rolul fiecărui bloc ?

- (1) comutator (2) DCC (3) CC  
 (4) PAY, ADY: amplificatoare

36

## 1. Comutatorul modului de cuplaj CC/CA/GND

- semnalul de intrare  $u(t) = U_0 + U \sin \omega t$
- c.c =  $U_0$
- cuplaj c.c. = cu afișarea  $U_0$ ,      cuplaj c.a. = fără afișarea  $U_0$



37

## 2. DCC

- Rolul său ?
- Cele 2 caracteristici:
  - (A) calibrat
  - (B) compensat
- (A) Calibrare:
  - pp. amplificatorul CH Y are  $1/S = 10\text{mV/div}$
  - orice semnal mai mare tb. atenuat
  - atenuarea **crește** când se alege un  $C_y$  **mai mare**

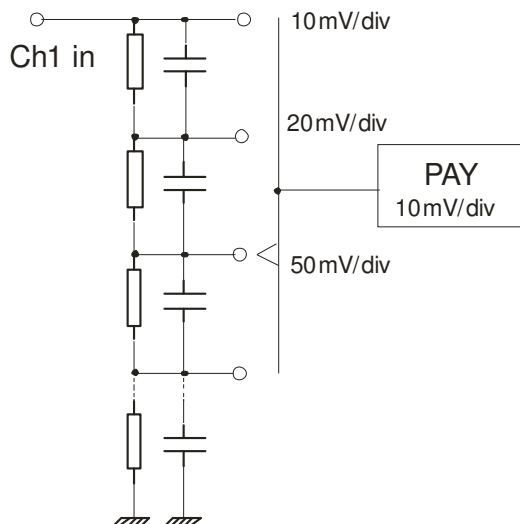
$C_y$	10 mV/div	20 mV/div	50 mV/div	100 mV/div	200 mV/div	500 mV/div	1 V/div	2 V/div	5 V/div
Atenuare	1/1	1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100	1/200	1/500

38

## DCC: Realizarea treptelor $C_y$ calibrate

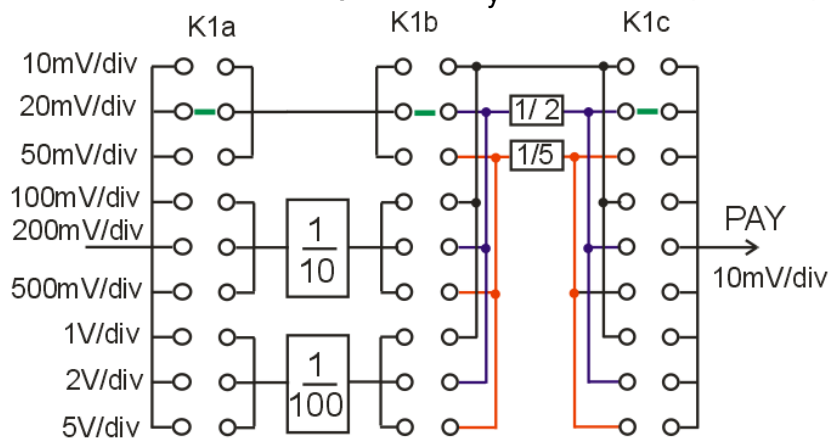
Varianta în gol:

- avantaj: comutator simplu
- dezavantaje: multe celule, reglaje interdependente, ecranare dificilă
- nu se folosește aici (se folosește la voltmetre)
- Q: de ce?



39

## DCC: Realizarea treptelor $C_y$ calibrate (cont'd)

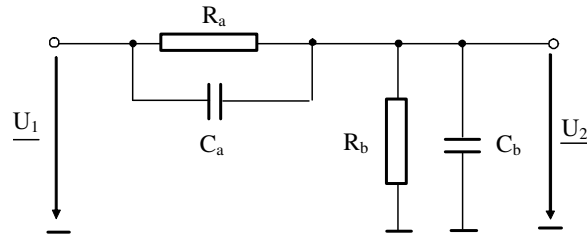


Varianta în cascadă:

- dezavantaj: comutator complicat
- avantaje: celule de atenuare cascade (atenuatoare **elementare**), independente, reglaje independente
- exemplu de cascada →  $K = 1/50$  se obține din  $(1/5) \cdot (1/10)$

40

## Realizarea unui atenuator elementar



$$Z_a, Z_b, \tau_a, \tau_b$$

- Condiție: conservarea impedanței de intrare:

$$Z_{ip}(\omega) = Z_{io}(\omega) = Z_{ia}(\omega)$$

- Q: cine sînt P, O, A ?
- Q: conservarea - de ce? A: vezi pozițiile posibile ale comutatorului K1 pe schema precedentă

41

## DCC: Condiția de compensare

- (B) definiția compensării

Caracteristica  $H(\omega)$  să fie constantă cu  $\omega$

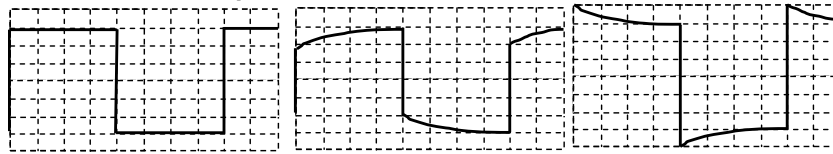
$$H(\omega) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_b(\omega)}{Z_a(\omega) + Z_b(\omega)}$$

$$H(\omega) = \frac{R_b}{R_a + R_b} \frac{1 + j\omega\tau_a}{1 + j\omega \left( \frac{R_a\tau_b + R_b\tau_a}{R_a + R_b} \right)}$$

- **Demonstrație !**
- condiția de compensare devine:  $\tau_a = \tau_b = \tau$

42

## Compensarea atenuatorului



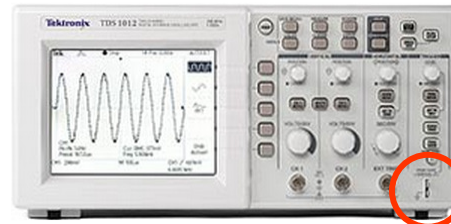
Atenuator compensat

Atenuator subcompensat

Atenuator supracompensat

- $\tau_a = \tau_b$  – atenuator compensat
- $\tau_a > \tau_b$  – atenuator supracompensat
- $\tau_a < \tau_b$  – atenuator subcompensat

Q: Cum se compensează, practic, sonda unui osciloscop ?



bornă conectare sondă (ieșire semnal dreptunghiular) Probe Compensation

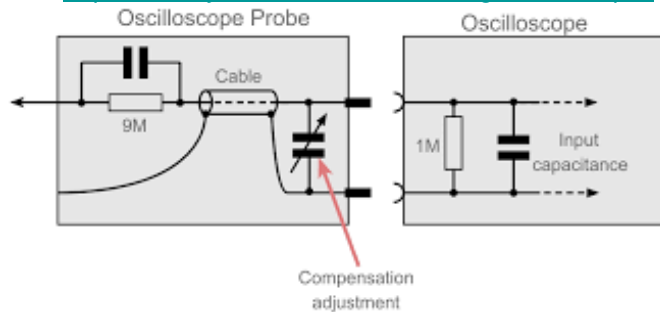


43

## Compensarea atenuatorului

reglajul de compensare se face vizual, cu semnal dreptunghiular la intrare (de la borna *Probe Compensation*):

[https://www.youtube.com/watch?v=gSa\\_1Rs4qbQ](https://www.youtube.com/watch?v=gSa_1Rs4qbQ)



- Q: de ce reglăm  $C_a$  (sau un condensator suplimentar) pe sondă și nu în interiorul osciloscopului, unde sînt atenuatoarele  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{10}$  etc de pe un slide anterior ?
- A: pentru că este vorba de o sondă cu atenuare  $\frac{1}{10}$ , deci, conține un atenuator separat, care tb. compensat.
- Evident, și atenuatoarele din interior sînt reglate în vederea compensării în fabrică.

44



### 3. Comutatorul de canale

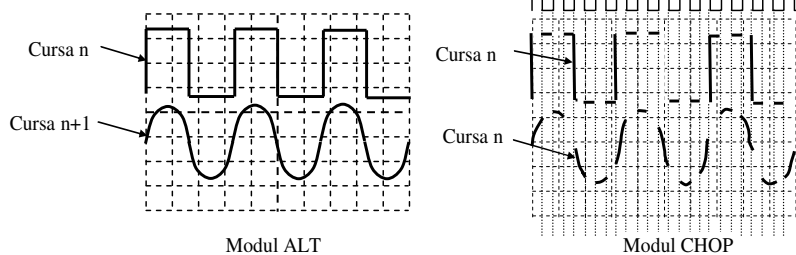
- 2 canale → 2 imagini pe Y
- soluții:
  - 2 tunuri (2 spoturi), 2 seturi de plăci Y (soluție veche)



- 1 tun + 1 set de plăci Y + comutarea celor 2 canale

45

### 3. Comutatorul de canale



- TK clasic: nu se pot afișa 2 imagini (CH1+CH2) **simultan**
- ALT: o cursă directă = CH1, a doua cursă = CH2

utilizare:  $T_x = 10C_x$  mic

- CHOP: o cursă directă = multe alternări CH1/CH2

utilizare:  $T_x$  mare → în modul ALT imaginea ar tremura ("flicker")

necesită un oscilator separat cu  $f =$  zeci de KHz

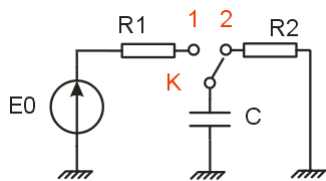
**OBS:** singurul reglaj CH Y de pînă acum specific doar osciloscoapelor **analogice**. La osc. digital imaginea se scrie în memoria video.

[https://youtu.be/8GR\\_6QH3uZk?t=380](https://youtu.be/8GR_6QH3uZk?t=380)

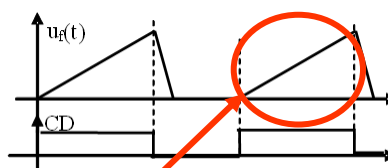
se observă alternarea lentă pe ALT, se rezolvă cu CHOP

46

### (C) Canalul X



$$u_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t I_0 dt = \frac{I_0}{C} t$$



liniar cu t

Baza de timp în acțiune: se obs. că la  $C_x=50\text{ms/div}$ , baleierea de la stg. la dr. durează:

$$T_x = N_x C_x = 10 \cdot 50\text{ms} = 500\text{ms} = 0.5\text{s} \quad :$$

[https://youtu.be/8GR\\_6QH3uZk?t=402](https://youtu.be/8GR_6QH3uZk?t=402)

Principiul canalului X: baza de timp (GTLV) a osciloscopului cu TK:

- $K=1$  CD (spot aprins; încărcare C prin  $R_1$ )  $I_0 = E_0/R_1$
- $K=2$  CI (spot stins; descărcare C prin  $R_2$ )
- $t_{cd} \gg t_{ci} \rightarrow R_1 \gg R_2$

•Q1: cum transformăm o sursă de tensiune constantă în sursă de curenți constant?

•Q2: unde am mai văzut încărcarea condensatorului la tensiune constantă ?

47

### (C) Canalul X

Baza de timp lentă (200ms/div, 500ms/div) la osc. analogic și digital:

<https://youtu.be/lq4QlfH-oqk?t=402>

se obs că la osc. digital nu se vede cu ochiul redesenarea imaginii peste cea veche.

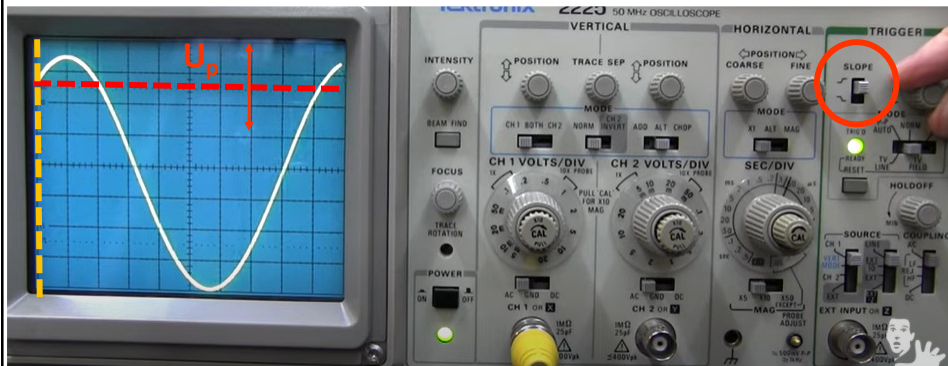
Q: vă reamintiți de  **timpul de persistență**  de la tubul catodic?  
dacă folosim mai ales semnale lente, cum dorim să fie persistența, mică sau mare?

48

## Canalul X: Sincronizarea / Trigger

- sincronizarea la osc. analogic: [https://youtu.be/8GR\\_6QH3uZk?t=1209](https://youtu.be/8GR_6QH3uZk?t=1209)  
rotind TRIGGER LEVEL reglăm „înălțimea” de unde începe imaginea → Trig. level este tensiunea de prag  $U_p$ ; Front=„+” sau „rising slope”

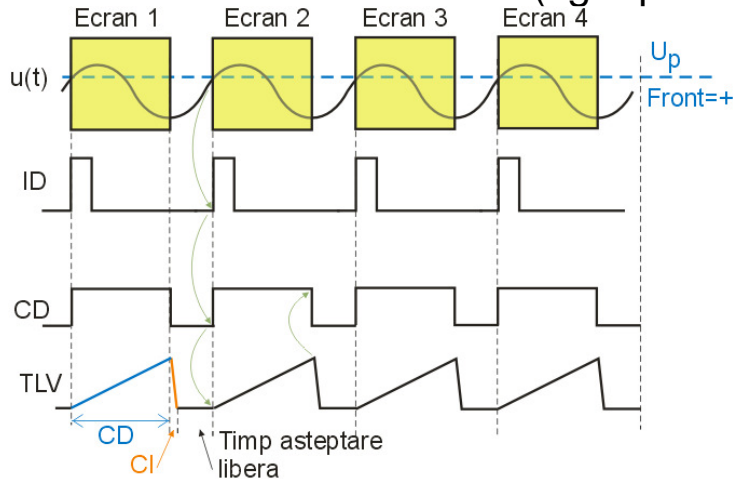
**MEMENTO:** Început afișare=**intersecție** între semnal și  $U_p$  pe frontul selectat („+”)



- sincronizarea la osc. digital: ce diferență observați?  
<https://youtu.be/ybzxM0GCqpA?t=46>

49

## Canalul X – forme de undă (sgn. periodic)



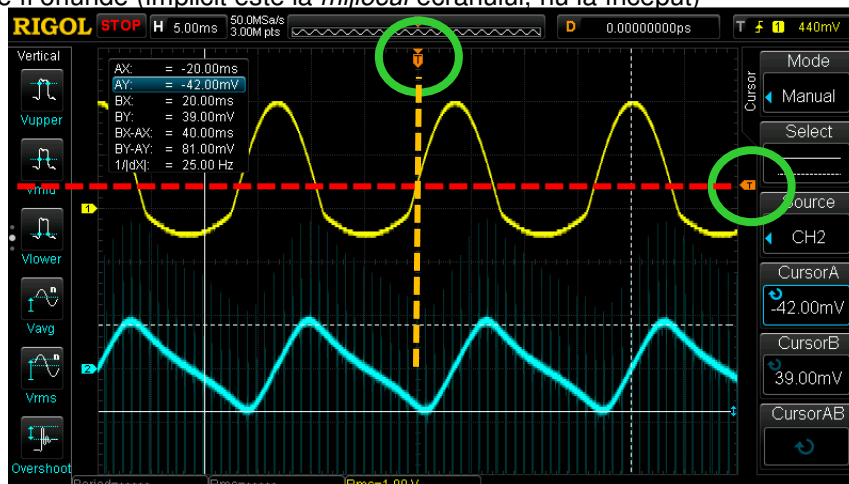
- Datorită ID (sincronizare) → Ecran1=Ecran2=Ecran3=Ecran4
- durata ecran = durata CD = durata TLV
- Mod: Auto sau Normal
- Q: Identificați fiecare f.u. pe schema bloc**
- osc digital: afișare  $u(t)$  și ID sînt la fel, lipsesc doar CD și TLV.

50

## Canalul X – forme de undă (sgn. periodic)

La osc. analogic momentul de trigger=startul ID este la *stînga* ecranului și nu este reglabil, întrucît ID generează TLV care pornește afișarea !

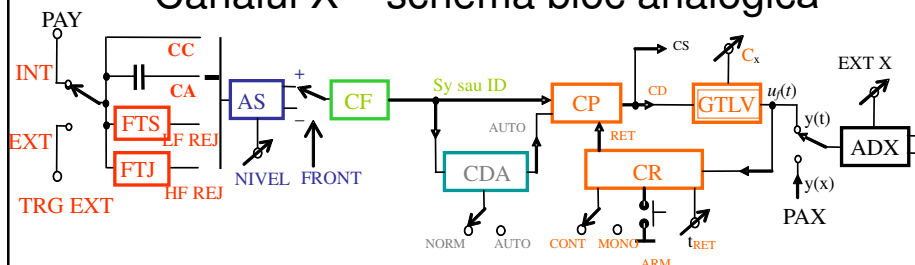
La osc. digital, momentul de trigger poate fi reglat din *horizontal position* și poate fi oriunde (implicît este la *mijlocul* ecranului, nu la început)



**MEMENTO: Început afișare=intersecție între semnal și  $U_p$  pe frontul selectat („+”)**

51

## Canalul X – schema bloc analogică



Schema bloc=schema logică funcțională. Arată unde acționează reglajele.

Culorile identifică blocurile logice:

- Sursa trigger: intern (PAY de la CH1 sau CH2) sau extern
- Cuplaj trigger: CC, CA, LF Rej, HF Rej;
- AS: reglaj nivel (*trigger level*), selectare front (*slope*)
- CF: generează semnalul ID (impulsuri  $S_y$ )
- CDA: selecție AUTO/NORM, generare semnal AUTO în lipsa ID pe modul AUTO
- CP, CR, GTLV: baza de timp; CD=CS (comanda strălucire, aprinderea spotului pe ecran)

OBS: nu confundați cuplajul AC/DC al triggerului cu cuplajul CH1/CH2 din CH.Y

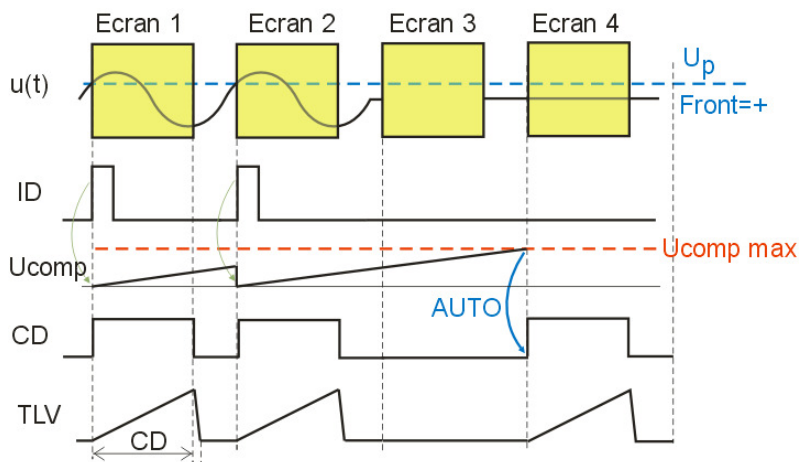
52

## Canalul X - reglaje

- se identifică reglajele pe schema bloc și în acest exemplu: <https://www.youtube.com/watch?v=OFGm-PeI4Hg>
- reglaj principal:  $C_x$
- durata baleierii ecranului  $T_x = N_x C_x$  ( $N_x = 10$  div)
- $C_x$  calibrat 1-2-5 sau 1-2.5-5
- Trigger Source (CH1, CH2, Norm=canalul activ): la momentul **2:30**
- Trigger Coupling: **5:10**
- Trigger Level, Slope: **4:52**
- Moduri: AUTO/NORM (nu confundați cu Norm de mai sus)
  - NORM **10:30** : CD e pornită doar de ID; lipsa ID ↔ lipsa imaginii
  - AUTO **9:46** : lipsă ID un anumit timp → pornire CD → imagine, chiar dacă nu e sincronizată;
  - utilitate AUTO: vizualizarea nivelului de 0 sau a semnalelor conținând doar componentă continuă
- OBS: chiar dacă schema electrică X în cazul digital diferă mult, toate reglajele și modurile de afișare sînt la fel.

53

## Canalul X - modul AUTO



### Modul AUTO în lipsa semnalului (ecran 3, ecran 4)

- Bloc: CDA; generează  $U_{COMP}$ , compară cu  $U_{COMP_{max}}$
- $U_{COMP}$  crescător, adus la 0 de impulsurile ID
- Expirare timp ( $U_{COMP} > U_{COMP_{max}}$ ) → generare semnal **AUTO** → pornire CD

54

## Canalul X – modul *single sweep*

**Operare în modul *single sweep* (single shot, Mono, desfășurare singulară) versus modul *continuu* (implicit)**

Exemplif. pt. osc. digital → momentul de trigger la mijlocul ecranului:

<https://youtu.be/5VyotlVwRiA?t=913>

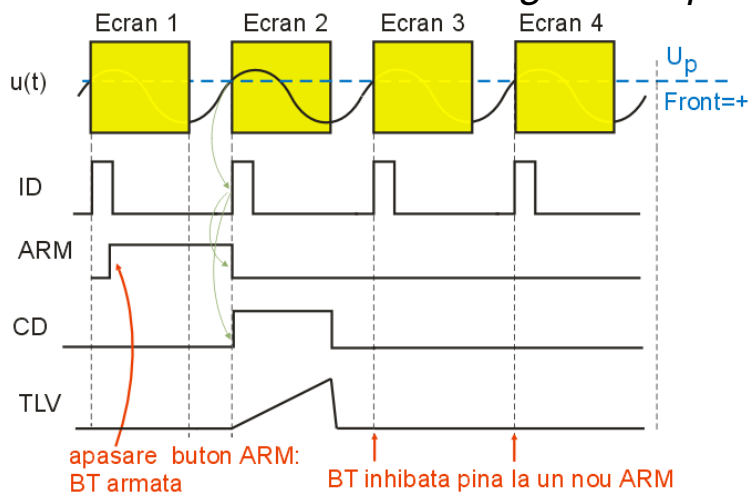
- Se apasă butonul SINGLE sau ARM (după caz)
- Osciloscopul așteaptă următorul trigger cf selecției (front negativ în exemplu)
- Afișează o singură formă de undă apoi se oprește
- *La osc. digital* imaginea rămîne în memorie și poate fi măsurată, etc
- *La osc. analogic* imaginea dispare (util mai ales pt. fotografiere)

<https://youtu.be/OFGm-Pel4Hg?t=764>

- Q: Utilitate ?

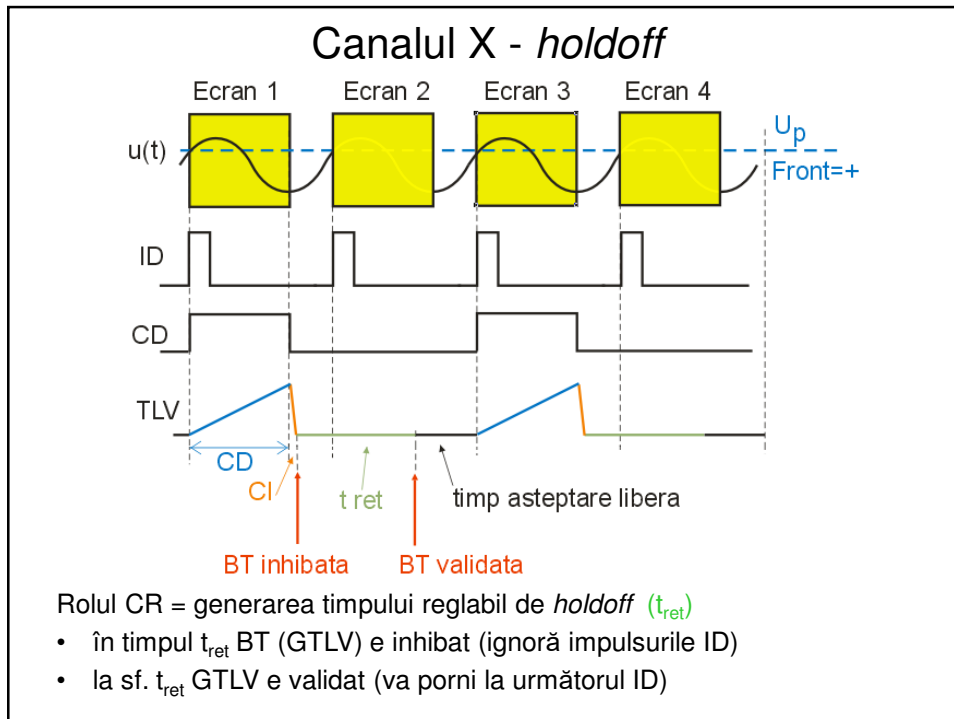
55

## Canalul X – modul *single sweep*

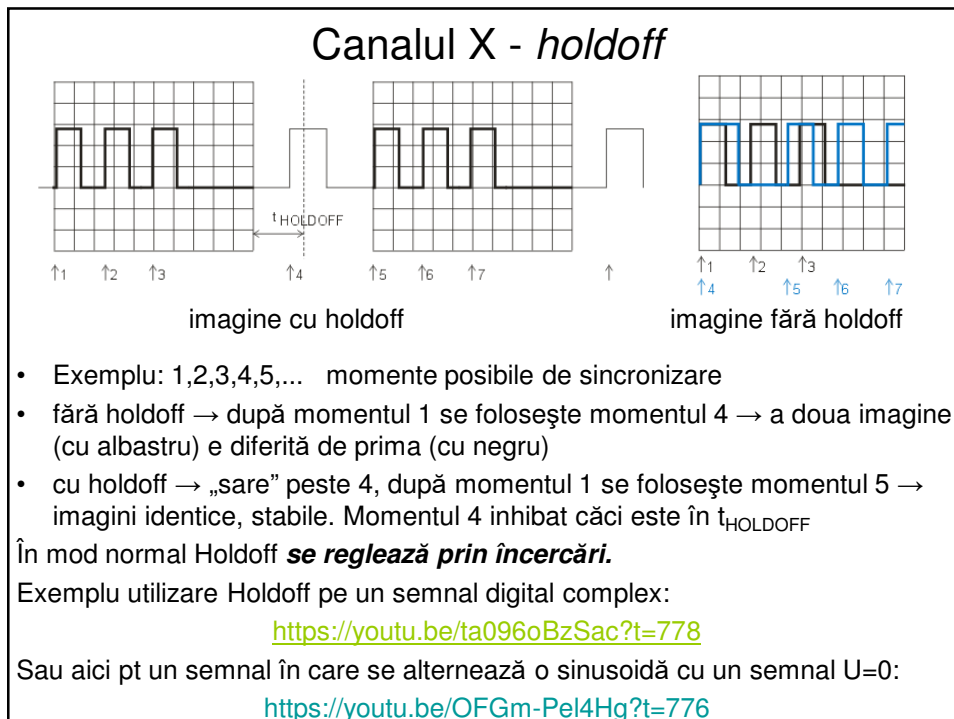


- ARM=1 validează generarea unui singur CD cînd se satisfac condițiile de sincro și apare ID;
- următoarele ID sînt ignorate (BT inhibată)

56



57



58



## Canalul X – modul XY

modul XY = scoaterea din funcțiune a BT;  $V_x$  aplicată din exterior ca și  $V_y$  deci timpul nu mai este o variabilă. Cele 2 tensiuni au următorul efect asupra poziției spotului:

$V_x = -V$	$V_x = 0$	$V_x = +V$ (val. maximă)
Spotul la stînga ecranului	Spotul la centrul ecranului	Spotul la dreapta ecranului
$V_y = -V$	$V_y = 0$	$V_y = +V$
Spotul în partea de jos a ecranului	Spotul în centrul ecranului	Spotul în dreapta ecranului

- curbă închisă ↔ **figură Lissajous**

59

## Canalul X – modul XY

Demo Lissajous:

2 semnale identice  $U \sin \omega t$  (aceeași frecvență) pe X și Y: prima bisectoare:

<https://youtu.be/t6nGiBzGLD8?t=156>

semnalele defazate cu 180 de grade: a doua bisectoare:

<https://youtu.be/t6nGiBzGLD8?t=230>

defazate cu 90 de grade: cerc:

<https://youtu.be/t6nGiBzGLD8?t=264>

defazaj variabil din 10 în 10 grade:

<https://youtu.be/t6nGiBzGLD8?t=309>

raportul frecvențelor 2:1, diferite defazaje:

<https://youtu.be/t6nGiBzGLD8?t=458>

raportul frecv. se abate f.f.f. puțin de la 2:1 (nu mai e nr. întreg):

<https://youtu.be/t6nGiBzGLD8?t=528>

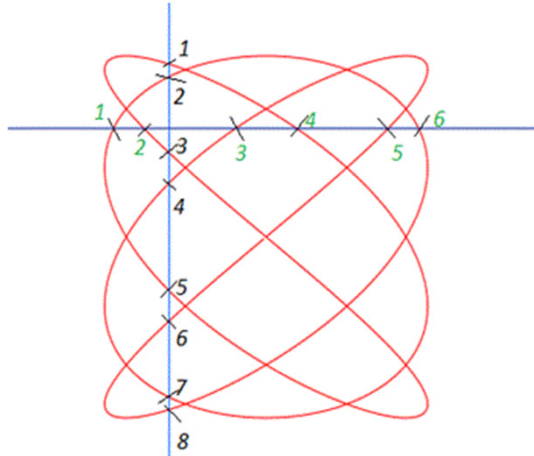
aceiași lucru cînd se abate f. puțin de la 1:1 dar acum și în YT; inegalitatea frecvențelor face ca imaginile să nu se mai alinieze perfect nici în timp, deci imaginea Lissajous nu „stă pe loc” – metodă de detectare vizuală a inegalității unor frecvențe:

<https://youtu.be/t6nGiBzGLD8?t=602>

60

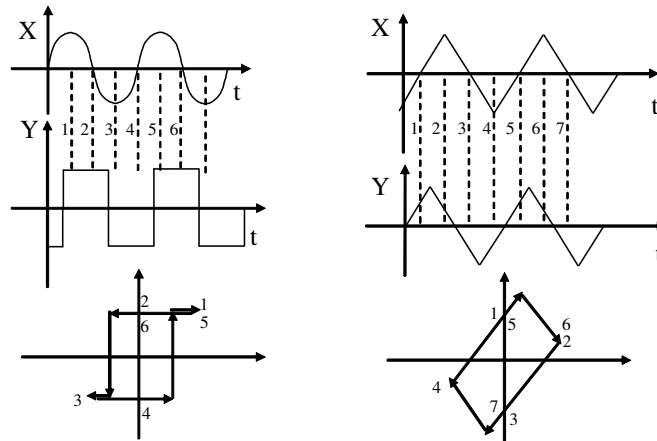
## Canalul X – modul XY

- în general: fie  $N_x, N_y$  nr de intersecții cu o dreaptă orizontală, respectiv verticală.  
Atunci rap. frecv  $f_x / f_y = N_x / N_y$
- în imagine  $f_x / f_y = 6/8 = 3/4$



61

## Canalul X – modul XY



modul XY = scoaterea din funcțiune a BT;  $V_x$  aplicată din exterior ca și  $V_y$

- $V_x = -V \dots 0 \dots +V \rightarrow$  spotul pe X în **stînga** ... **centrul** ... **dreapta** ecranului
- $V_y = -V \dots 0 \dots +V \rightarrow$  spotul pe Y în **jos** ... **centru** ... **sus**
- desen manual figură : la momentele 1...N se marchează poziția spotului
- curbă închisă  $\leftrightarrow$  **figură Lissajous**; aplicații ?

62