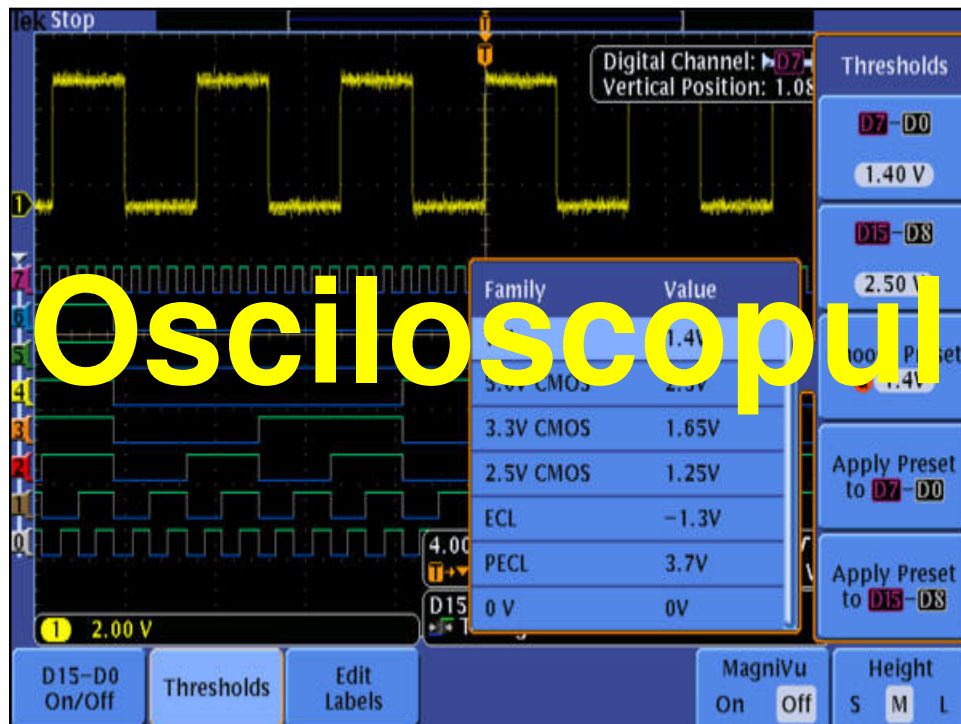




Cuprins

- 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

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.

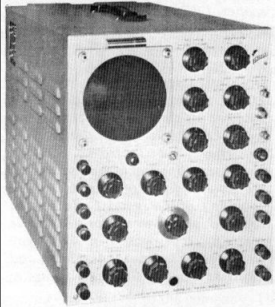
Istoric



Sursa: Philips - 1940

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; esantionare > 1GSa/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



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.

Price \$795.00 f.o.b. Portland
 Your inquiry will bring more detailed information and name of the nearest Field Engineering Representative.

Tektronix 511 (1946)

OBS: 795\$ în 1948 = 10400\$ în 2025 !

Phone, EAst 4885
Cables, TEKTRONIX



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

ELECTRONICS — September, 1948

Mai modern (sec. XXI)....

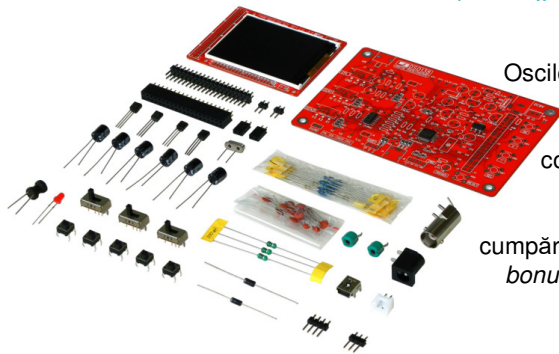
The Oscilloscope Watch

Pre order now

www.gabotronics.com

Variantă DIY

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



DSO138

Osciloscop digital sub formă de kit

- 200KHz
- 1MSa/s

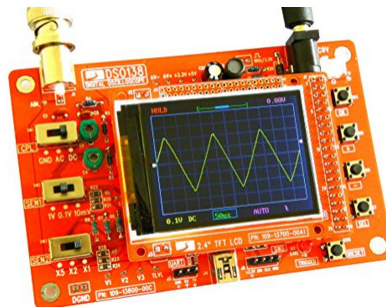
cost: 20\$ cu livrare inclusă:

www.aliexpress.com

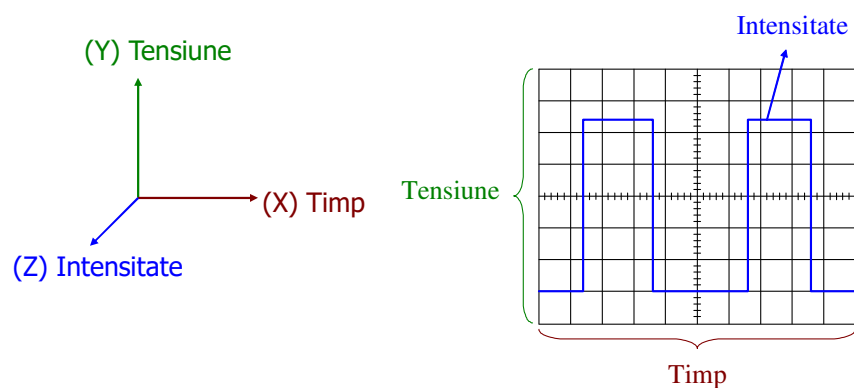
cumpărați-vă și voi propriul osciloscop!
bonus: învățați să lipiți un montaj !

review:

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

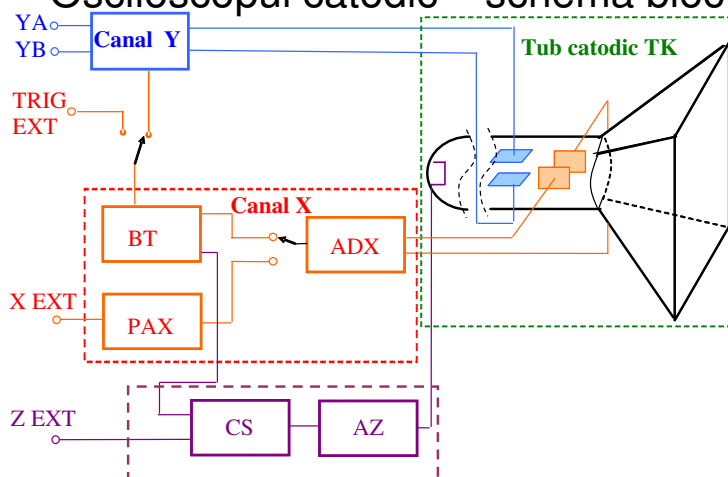


Osciloscopul – funcții principale



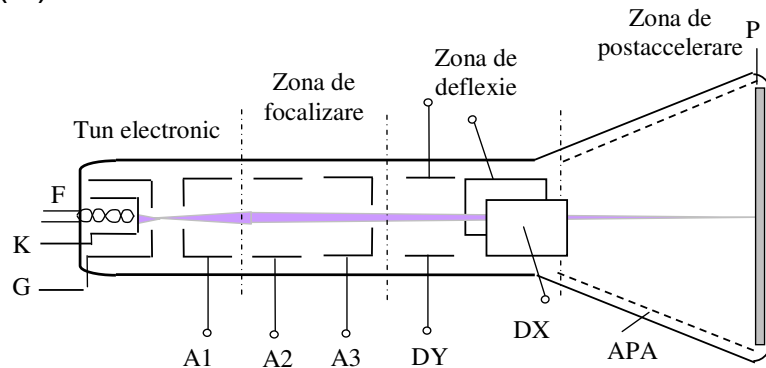
- afișare $y(x)$
- uzual $x=t \rightarrow$ afișare $y(t)$
- există și afișare $y(x)$: $y=u_y(t)$, $x=u_x(t)$ (afișare XY)
- axa z: intensitate (opțional)

Osciloscopul catodic – schema bloc



- axa Y: tensiune
- axa X: timp **SAU** tensiune (comutator) PAX=Preamplificator X
ADX= Amplificator de Deflexie X BT=Baza de Timp
- axa Z: lumina CS=Controlul Strălucirii (luminii) AZ=Amplificator axa Z
- legătura dintre X, Y: trigger (TRG)

(A) Tubul catodic cu deflexie electrostatică



- deflexia electrostatică = osciloscop (**viteză mare**: $f \leq 1\text{GHz}$)
- deflexia electromagnetică = tuburi de televizor, monitor...
- anodi, echiv. cu *lentile electrostatice* : A1 astigmatism, A2 focalizare
- accelerare (A) +postaccelerare (PA); $U_{\text{Total}} \geq 10\text{KV}$
- forma ecranului: plat/sferic; *consecințe tehnologice?*
- luminiscentă: fluorescență+fosforescență; *definiții?*

Ecranul plat/sferic



- Solicitare la compresiune vs. întindere
- **Q**: explicați legătura dintre imaginile de sus și de jos și în general legătura cu osciloscopul !

Fluorescență vs. fosforescență

- Fluorescență:

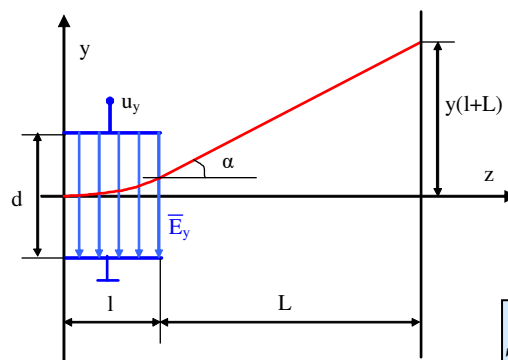


- Fosforescență:



- Q1: diferența dintre cele 2 fenomene?
- Q2: desenați graficul emisiei de lumină a unui punct de pe ecranul TK înainte și după atingerea de către fasciculul de electroni
- Q3: definiți, pe grafic, timpul de persistență, și pe baza lui explicați de ce sînt necesare ambele fenomene la TK.

Deflexia electrostatică; sensibilitatea



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

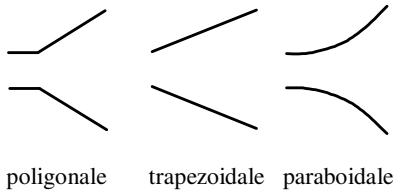
- Paranteză: definiția sensibilității unui aparat de măsură
- $S_{y0} = y(l+L)/u_y$
- S_0 în regim **static** pentru $u_y = ct = U_0$ (este util la ceva ?)

Consecințe tehnologice

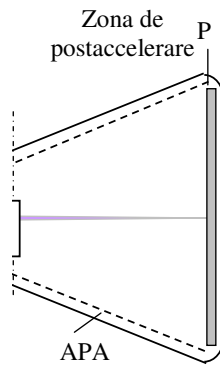
(you can't have a cake and eat it too)

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

Plăci deflexie:



Consecințe, partea 2



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

A: post-accelerare. $U_A + U_{PA} = U_{total}$

APA=Anod de Post-Accelerare

Sensibilitatea în regim dinamic

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

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

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

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: $f = \text{sute de MHz}$

Realizarea electrodului de PA

- compact: $f < 10\text{MHz}$
- spiralat, $f = \text{zeci.. sute de MHz}$

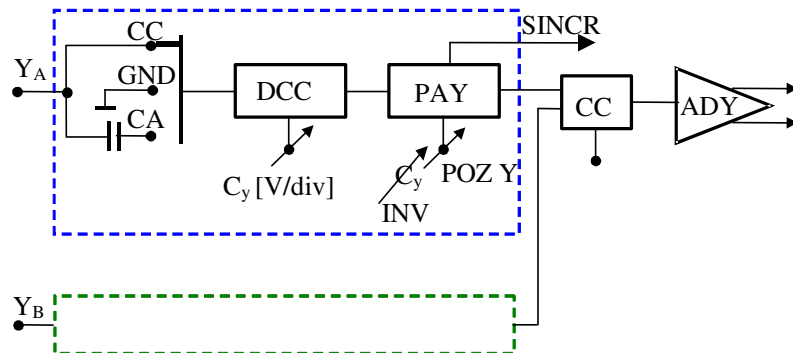
Electrod PA compact/spiralat



Bonus: TK cu memorie electrostatică

- tun electronic principal: fascicul de electroni rapizi FER
- tunuri electronice suplimentare: fasc. de electr. lenți FEL
- grile suplimentare în fața ecranului
 - grilă de memorie GM
 - grilă colectoare GC
- Q: Reprezentați potențialele GM, GC pentru (1) memorare
(2) afișarea memoriei și (3) ștergere

(B) Canalul Y



Schema bloc a canalului Y

- tipic: 2 canale = 2 blocuri Y identice
- DCC=Divizor Calibrat și Compensat PAY=Preamplificator Y
CC=Comutator Canale ADY=Amplificator Deflexie Y
- Săgețile indică locul unde acționează reglajele respective
- Q: de ce ADY are o singură intrare și 2 ieșiri?

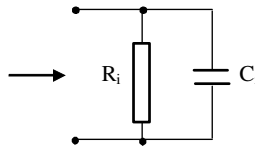
Rolul si funcțiile canalului Y

- 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

Caracteristicile canalului 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

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)
- 50Ω RF (frecvențe înalte) pentru lucrul *adaptat*
- Selectarea sondei la Tektronix TDS1000/2000:

CH1 menu -> Probe 1x sau 10x sau 100x

Q: cu ce aparat de măsură este asemănător osciloscopul dpdv al impedanței de intrare?

OBS: vom reveni asupra impedanței de intrare în paragraful despre divizorul calibrat și compensat

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

OBS: de ce tocmai valorile 1-2-5? vom vedea tot în paragraful despre DCC

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} W) în antena tel.

concluzie: incomod și nepractic !

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

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

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

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

Paranteza 1: dB

- **Q:** dB este o unitate de măsură relativă sau absolută?
- **A:** Ambele:

Relativ

- intrare: $U_1 = 10\text{V}$
- ieșire: $U_2 = 1\text{V}$

Q: calculați scăderea tensiunii în raport și în dB!

Absolut

Raport între tensiunea necunoscută și o **referință**

Dacă $U_{\text{REF}} = 1\text{V}$, se prescurtează dBV (sau mai simplu tot dB)

Q: calculați tensiunea în dBV (prescurtat dB) pentru $U=1\text{V}$, $U=10\text{V}$, $U=100\text{mV}$, $U=1\text{mV}$

Paranteza 1: dB

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

Utilizarea dB pentru **puteri** nu **tensiuni**

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

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

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

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

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

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

Q: calc. P (în W) recepționată de la celula
CID 7655)

2G/3G/4G		WIFI	CELL HISTORY
LCID : 23395	RXL : -81dBm		
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°		
15701533 Westhafen 2 60596 Frankfurt Stresemannallee 30 Hochhaus Dach 742218G6_0 H: 50.8m HSR: 120° Band: G TRX: 4			
6 Neighbour cells detected:			
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

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**:



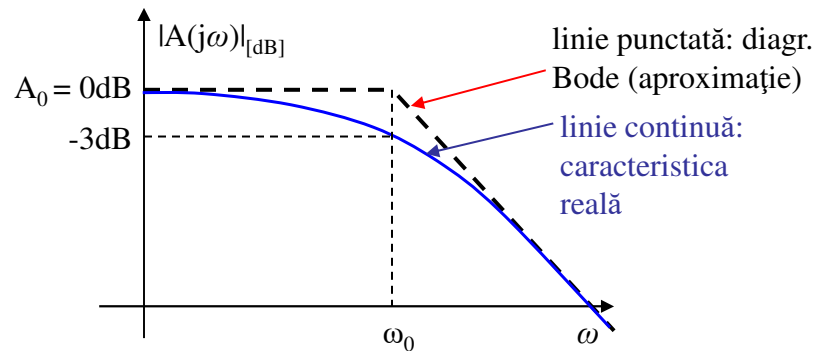
$$A(j\omega) = \frac{A_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}} \quad [1]$$

- **Modulul** amplificării/atenuării:

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

- Q: Cazuri particulare: calculați și reprezentați caracteristica unui circuit:
 - divizor rezistiv, arătați că A nu depinde de ω
 - filtru RC de tip FTJ, arătați că depinde de ω după formula [1]

Caracteristica de frecvență a unui diport (FTJ)



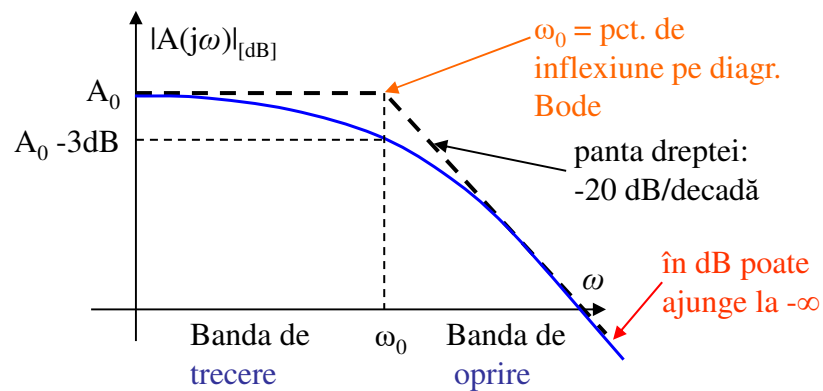
de ce -3 dB ?

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

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

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$$

Caracteristica de frecvență a unui diport (FTJ)



- Atenuare (oprire) pt $f > f_0 \rightarrow f_0 = f_{-3dB} = \text{frecv. de sus}$
- s.n. caracteristică de **filtru trece-jos** (FTJ)

- Decadă: $f_1 = 10f_0$
 $A_1/A_0 \text{ [dB]} \approx -20\text{dB}$
- Octavă: $f_1 = 2f_0$ **Q: calculați atenuarea pe o octavă!**

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

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)

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

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

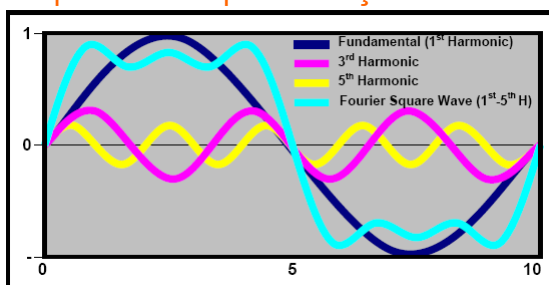


sursa: educatorscorner.com

- **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, care arată că atenuarea apare doar la $f > f_{-3dB}$ este doar o aproximare.
- Se alege un osciloscop cu $f_{-3dB} \gg f_{\text{max}}$ a semnalului dorit

Alegerea benzii osciloscopului (f_0)

Q: dîndu-se un semnal de frecvență f_s , cît 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!

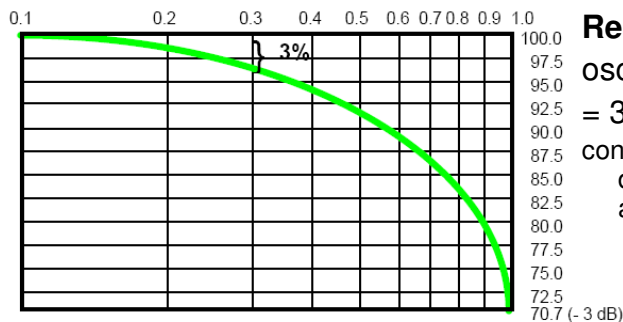
Semnal **dreptunghiular** de $f=100\text{MHz}$ → armonici pe 300, 500, 700MHz...
(dezvoltare în serie Fourier, armonici impare)

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

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

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

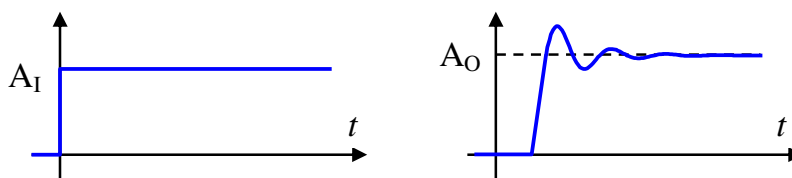
- axa x: raportul f_s / f_0
- axa y: raportul $A(f_{\text{semnal}}) / A_0$ (A_0 = ampl. reală a semnalului)

Exemple (pe grafic):

- $f_{\text{semnal}} = 0.1 f_0 \rightarrow A_{\text{afișat}} \approx 100\%$ din $A_{\text{real}} \rightarrow$ eroare $\approx 0\%$
- $f_{\text{semnal}} = 0.3 f_0 \rightarrow A_{\text{afișat}} = 95.7\%$ din $A_{\text{real}} \rightarrow$ eroare de 4.3%
- $f_{\text{semnal}} = f_0 \rightarrow A_{\text{afișat}} = 70.7\%$ din $A_{\text{real}} \rightarrow$ eroare de 29.3%

Sursa: Tektronix

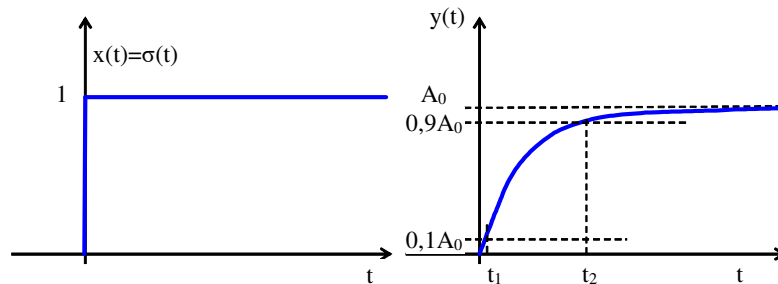
4. Răspunsul la impulsul treaptă



- la intrare: impuls treaptă $\sigma(t)$ de ampl. A_i
- la ieșire: $A_o < A_i$, semnalul este:
 - întârziat
 - panta $< 90^\circ$
 - distorsionat

Răspunsul la impulsul treaptă (cont'd)

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

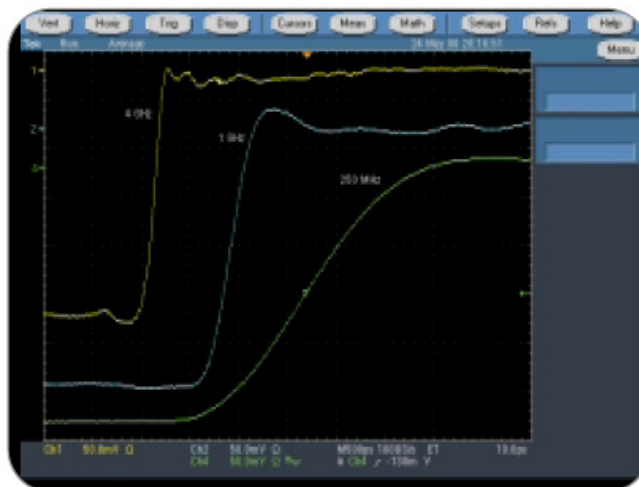


- durata frontului va fi $t_f = t_2 - t_1$
- legătura t_f cu frecvența de sus f_0 :

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

- **Demonstrație !**
- OBS: ideal $t_f=0$, $f_0=\infty$

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

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 $f = 0.35/t_f$

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

Răspunsul la impuls (cont'd)

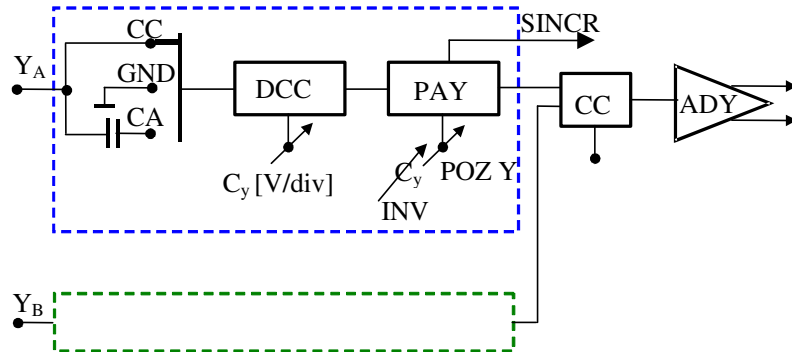
- Pînă acum: t_f = timpul introdus de osciloscop datorită f_0 , presupunînd un timp de creștere 0 al semnalului
- Dacă semnalul are timpul de creștere nenul t_s :

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

t_v = rezultanta = timpul afişat pe ecran

- timpii se combina **pătratic**

Schema bloc a canalul Y

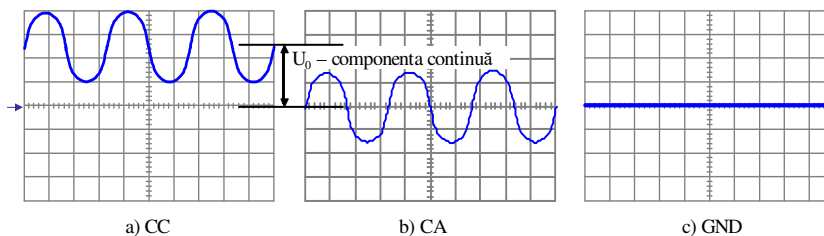


Rolul fiecărui bloc ?

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

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



2. Divizorul Calibrat și Compensat (DCC)

- Rolul său ?
- Cele 2 caracteristici:
(A) calibrat
(B) compensat

(A) Calibrare:

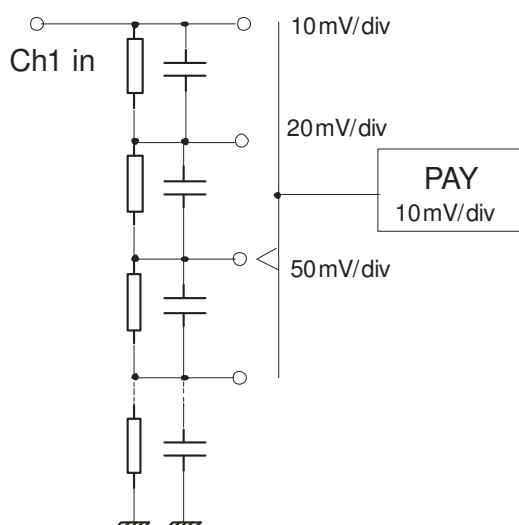
- pp. amplificatorul CH Y are $1/S = 10\text{mV/div}$
- orice semnal mai mare tb. atenuat
- atenuarea **crește** când se alege un C_y **mai mare**

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

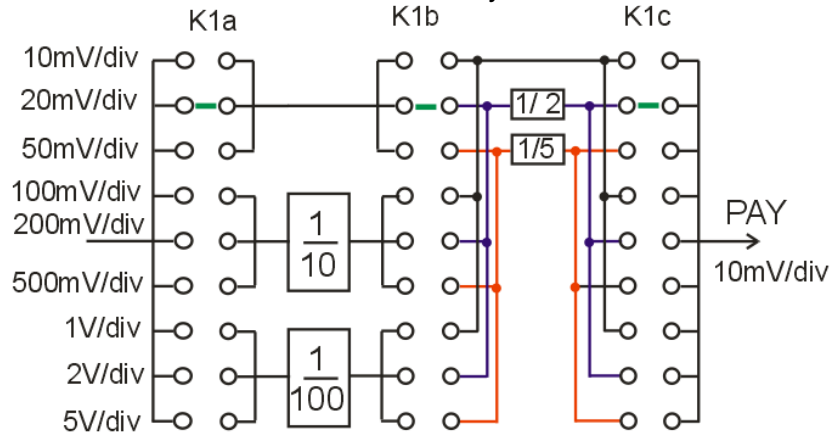
DCC: Realizarea treptelor C_y calibrate

Varianta în gol:

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



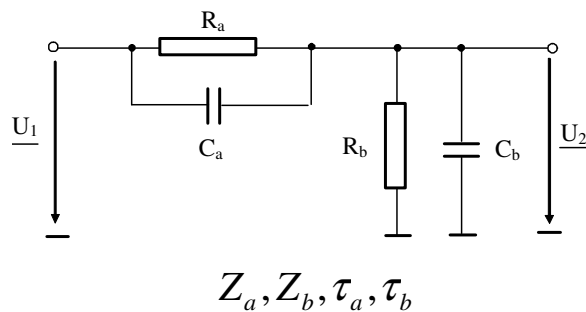
DCC: Realizarea treptelor C_y calibrate (cont'd)



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 $(1/5) \cdot (1/10)$

Realizarea unui atenuator elementar



- 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

DCC: Condiția de compensare

- (B) definiția compensării

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

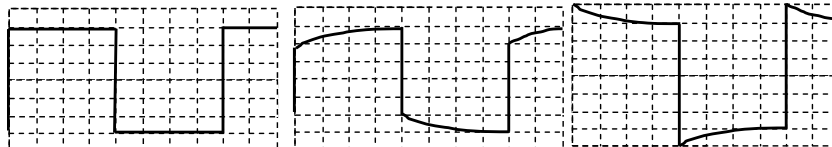
$$H(\omega) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_b(\omega)}{Z_a(\omega) + Z_b(\omega)}$$

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

- **Demonstrație !**

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

Compensarea atenuatorului



Atenuator
compensat

Atenuator
subcompensat

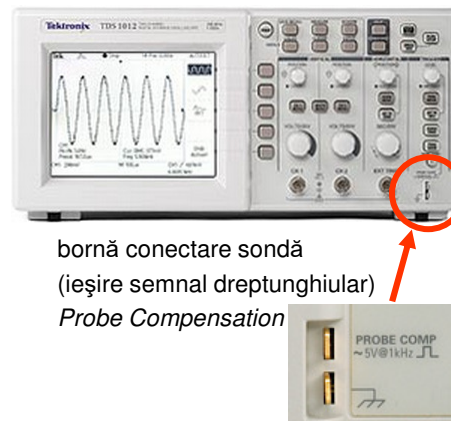
Atenuator
supracompensat

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

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



șurub reglaj
compensare
Q: R_a , C_a , R_b
sau C_b ?

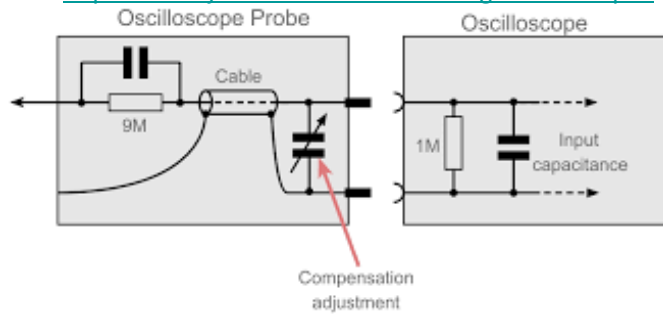


bornă conectare sondă
(ieșire semnal dreptunghiular)
Probe Compensation

Compensarea atenuatorului

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

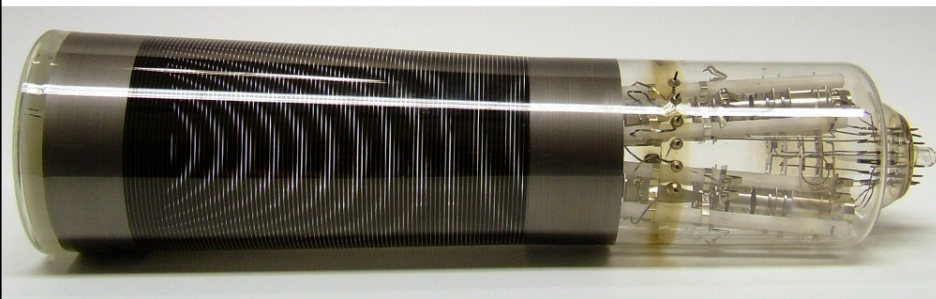
https://www.youtube.com/watch?v=gSa_1Rs4qbQ



- **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 trebuie și el compensat.
- Evident, și atenuatoarele din interior sînt reglate în vederea compensării dar la fabrică

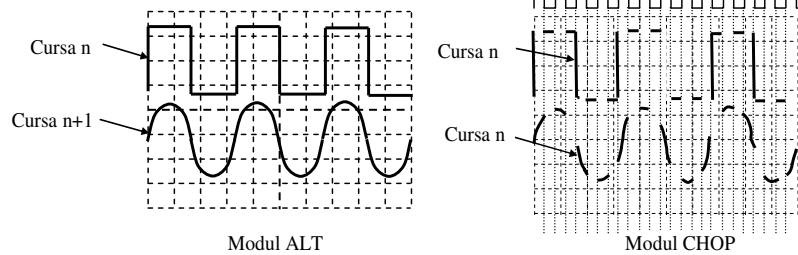
3. Comutatorul de canale

- 2 canale $\rightarrow$ 2 imagini pe Y
- soluții:
 - 2 tunuri (2 spoturi), 2 seturi de plăci Y (soluție veche, vezi fig.)



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

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 $\rightarrow$ în modul ALT imaginea ar tremura ("flicker")

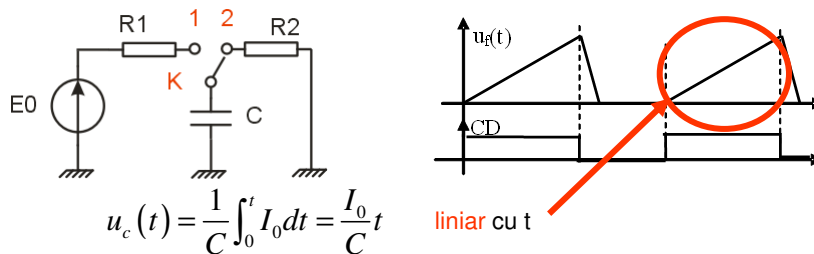
necesită un oscilator separat cu $f =$ zeci de KHz

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

https://youtu.be/8GR_6QH3uZk?si=p5LxokMTds7TOSLE&t=408

se observă alternarea lentă pe ALT, se rezolvă cu CHOP

(C) Canalul X



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

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

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 **curent constant**?

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

(C) Canalul X

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

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

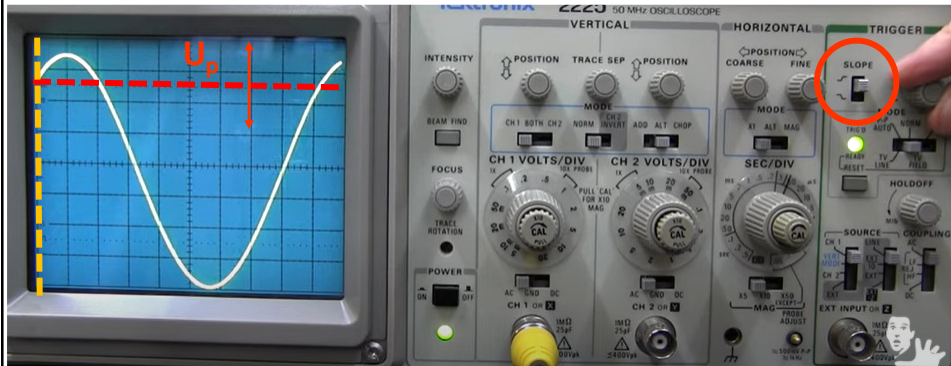
se obs că la osc. digital nu se vede cu ochiul redesenarea imaginii peste cea veche.

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?

Canalul X: Sincronizarea / Trigger

- sincronizarea la osc. analogic: 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 („+”)

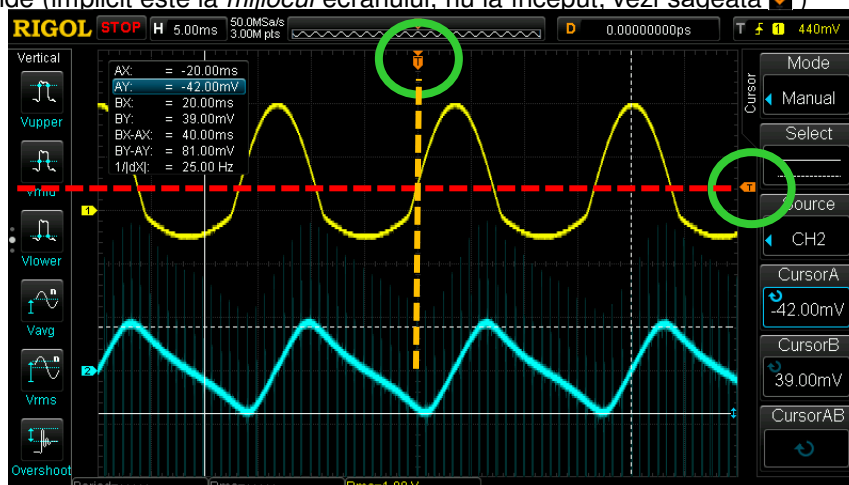


- sincronizarea la osc. digital: ce diferență observați?
<https://youtu.be/ybzxM0GCgpA?t=46>

Canalul X – forme de undă (sgn. periodic)

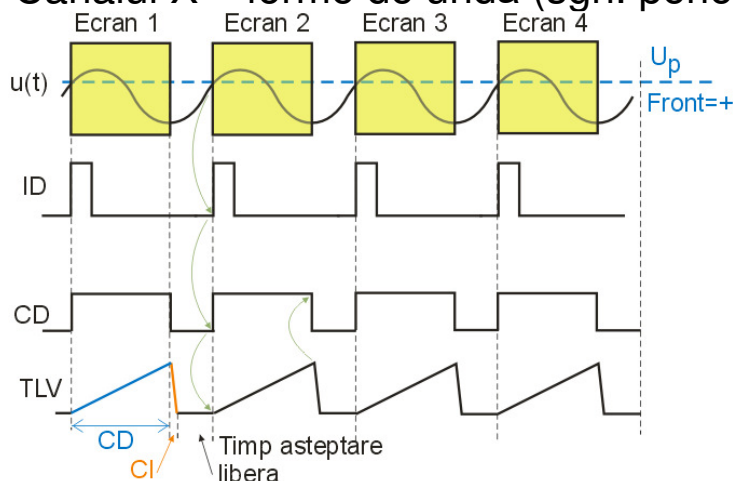
La osc. analogic momentul de trigger=startul ID este la *stînga* ecranului și nu este reglabil, întrucît ID generează TLV care pornește afișarea !

La osc. digital, mom. de trigger poate fi reglat din *horizontal position* și poate fi oriunde (implicit este la *milocul* ecranului, nu la început; vezi săgeata )



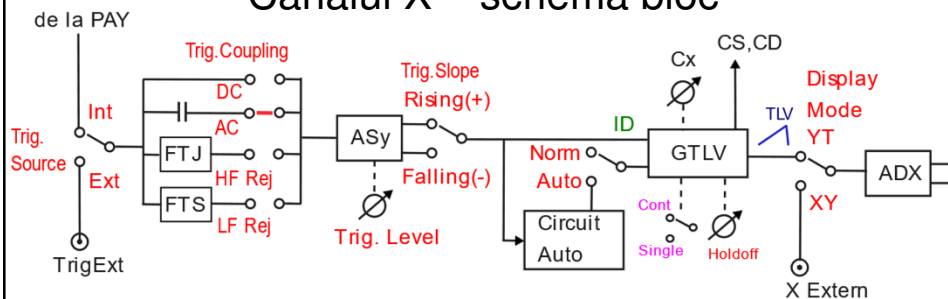
MEMENTO: Început afișare=**intersecție** între semnal și U_p pe frontul selectat („+”)

Canalul X – forme de undă (sgn. periodic)



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

Canalul X – schema bloc



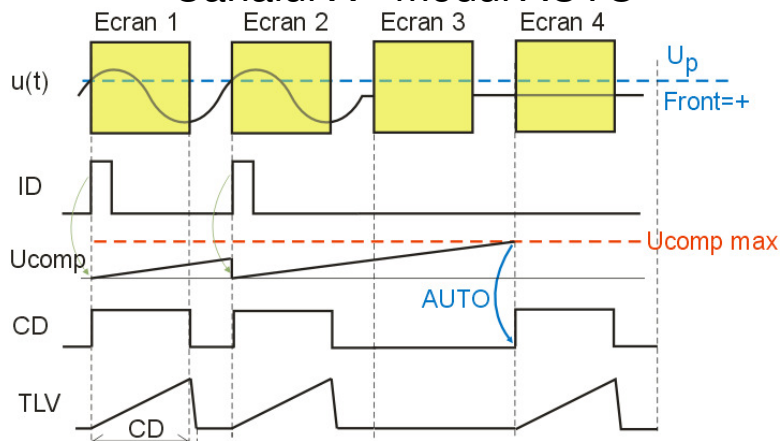
Schema bloc= schema logică funcțională; arată unde acționează reglajele.

- sursa trigger: intern (PAY de la CH1 sau CH2) sau extern
 - cuplaj trigger: AC, DC, LF Rej, HF Rej; **Q: cum alegem FTJ/FTS?**
 - ASy: amplif. sincronizare: reglaj nivel (*trigger level*), selectare front (*slope*)
 - Impulsurile de declanșare ID ajung la GTLV și la circuitul „Auto”
 - selecție afișare Continuu / Single Sweep (declanșare singulară)
 - GTLV: Generator Tensiune Liniar Variabilă; viteză: reglaj Cx
 - Cursa Directă CD = semnal Control Strălucire CS = spot aprins.
 - selecție YT/XY: în modul XY se aplică tensiune X ext, GTLV e dezactivat
- OBS: nu confundați cuplajul AC/DC al triggerului cu cuplajul AC/DC din CH.Y

Canalul X - reglaje

- se identifică reglajele pe schema bloc și în acest exemplu:
<https://www.youtube.com/watch?v=OFGm-Pel4Hg>
- 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 de către semnalul **AUTO** → există 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 de cea analogică, toate reglajele și modurile de afișare sînt la fel.

Canalul X - modul AUTO



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

Pe modul „Auto” comutatorul Auto/Norm) permite trecerea semnalului **AUTO** ajunge către GTLV. Circuitul „Auto” generează acest semnal în lipsa ID, astfel:

- Se generează U_{COMP} , se 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

Canalul X – modul *single sweep*

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

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

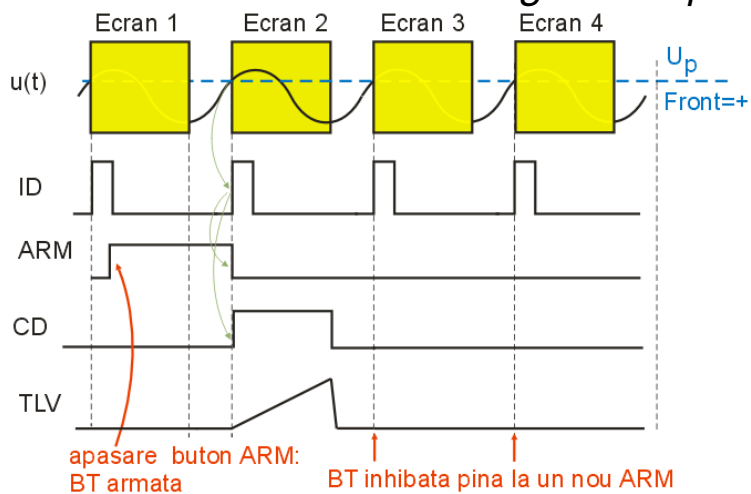
<https://youtu.be/F5J7iNLCqxM?si=kkYbhD7uFT9LVy9F&t=308>

- Se apasă butonul SINGLE sau ARM (după caz)
- Osciloscopul așteaptă următorul trigger cf selecției de nivel/front
- 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 (sau rămîne memorată doar în cazul unui TK cu memorie; util pt. fotografiere); momentul de trigger este la stînga ecranului:

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

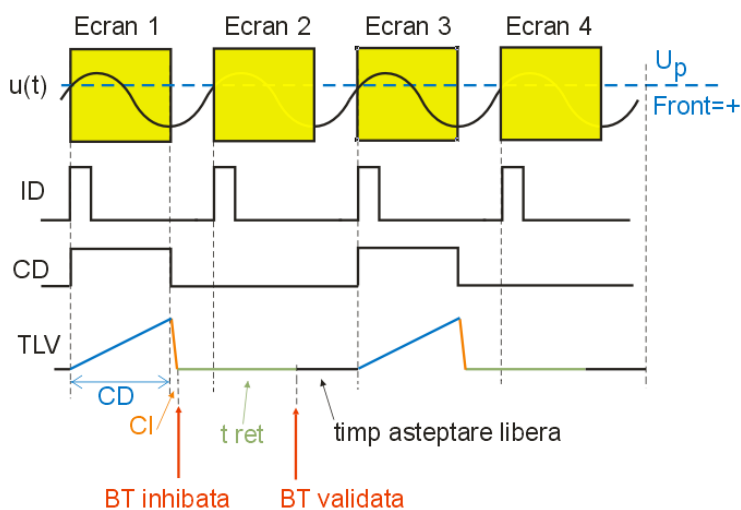
- Q: Pt. ce semnale este util modul Single Shot ?

Canalul X – modul *single sweep*



- $ARM=1$ validează generarea *unui singur* CD cînd se satisfac condițiile de sincronizare (level, front) și apare ID;
- următoarele ID sînt ignorate (BT inhibată)

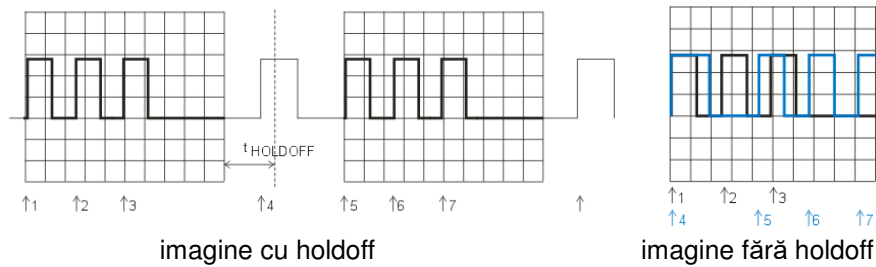
Canalul X - *holdoff*



Utilizatorul reglează timpul de *holdoff* sau reținere (t_{ret})

- în timpul t_{ret} BT (GTLV) e inhibat (ignoră impulsurile ID)
- la sf. t_{ret} GTLV e validat (va porni la următorul ID)

Canalul X - *holdoff*



- Exemplu: 1,2,3,4,5,... momente posibile de sincronizare
- fără holdoff → după momentul 1 se folosește momentul 4 → a doua imagine (cu albastru) e diferită de prima (cu negru)
- cu holdoff → „sare” peste 4, după momentul 1 se folosește momentul 5 → imagini identice, stabile. Momentul 4 inhibat căci este în $t_{\text{HOLD OFF}}$

În mod normal Holdoff **se reglează prin încercări**.

Exemplu utilizare Holdoff pe un semnal digital complex:

<https://youtu.be/ta096oBzSac?t=778>

Sau aici pt un semnal în care se alternează o sinusoidă cu un semnal U=0:

<https://youtu.be/OFGm-Pel4Hg?t=776>

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**;
- Q: aplicații ?

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>

același 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 egalității/inegalității unor frecvențe:**

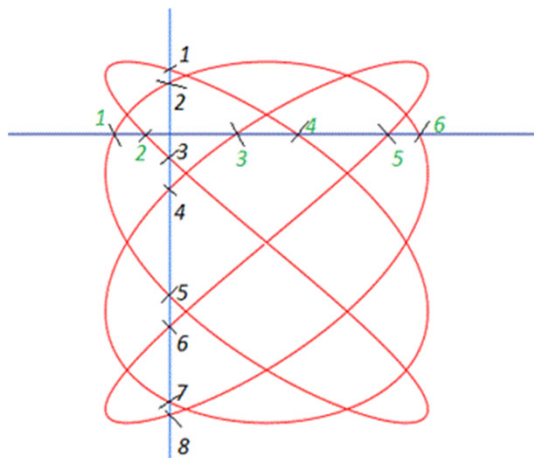
<https://youtu.be/t6nGiBzGLD8?t=602>

Canalul X – modul XY

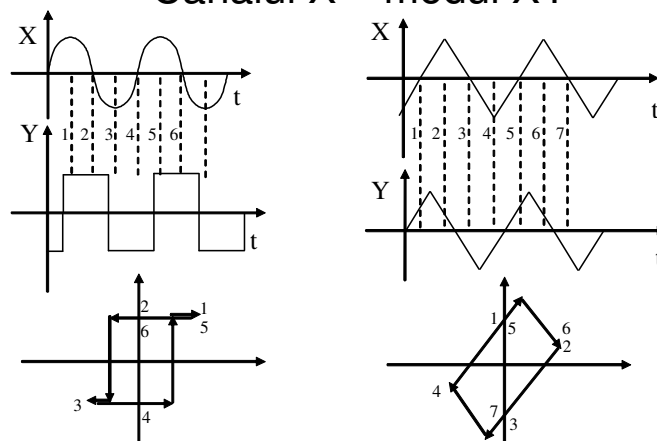
- în general: fie N_X , N_Y nr de intersecții cu o dreaptă orizontală, respectiv verticală.

Atunci raportul frecvențelor $f_X / f_Y = N_X / N_Y$

- în imagine $f_X / f_Y = 6/8 = 3/4$



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
- se obține o curbă închisă $\leftrightarrow$ figură Lissajous;