

2.5 Sistemul de sincronizare și baza de timp

2.5.1 Caracteristici generale

După cum s-a mai arătat osciloscopul poate funcționa în două moduri.

- $y(t)$ – în acest caz osciloscopul reprezintă variația în timp a semnalului de intrare. Fie un punct oarecare al imaginii. Poziția sa în planul ecranului este caracterizată prin coordonatele (x,y) , sau exprimate în numere de diviziuni, (n_x, n_y) . În acest mod de lucru, y este dependent de valoarea

tensiunii aplicată pe canalul Y la momentul respectiv de timp, $n_y = \frac{u_y(t)}{C_y}$.

Poziția pe orizontală este dependentă de timp, măsurat de la momentul de începere a imaginii. Scara orizontală este gradată în unități de timp, corespondența între poziția punctului pe ecran și acest timp rezultând din relația $t = n_x C_x$, unde C_x este *coeficientul de deflexie pe orizontală*. Modalitatea fizică de poziționare a punctului pe orizontală este diferită la cele două categorii de osciloscops, analog și digital.

În cazul osciloscopului analogic, spotul descrie pe ecranul tubului catodic o traiectorie rezultată din devierea fascicolului de electroni produsă de cele două perechi de plăci de deflexie. Pe plăcile de deflexie verticală se aplică semnalul care se dorește a fi vizualizat. În cazul în care se dorește vizualizarea evoluției în timp a semnalului, spotul trebuie să se deplaseze cu viteză constantă pe orizontală, realizând astfel o scară liniară de timp. Tensiunea care realizează acest deziderat este o *tensiune liniar variabilă*. Baza de timp este circuitul care are rolul de a genera această tensiune. **În consecință pentru funcționarea în modul $y(t)$ trebuie să se aplice pe plăcile de deflexie pe orizontală o tensiune liniar variabilă.**

În cazul osciloscopului digital, afișajul se poate considera constituit dintr-o mulțime de puncte, cu o organizare de tip matriceal, pe linii și coloane. Vom nota cu N_l numărul de linii și cu N_c numărul de coloane. La intersecția fiecărei linii cu o coloană se găsește un punct (pixel), care poate fi stins sau aprins cu o anumită culoare. Informațiile privind starea de strălucire și de culoare (în cazul afișajelor color) a punctului respectiv sunt reținute într-o memorie. Informația respectivă este reactualizată periodic, iar în intervalul dintre reactualizări, este folosit pentru achiziționarea imaginii. De exemplu, în cazul osciloscopului TDS1000 (Tektronix) $N_l=240$ și $N_c=320$ pixeli, iar reactualizarea imaginii se face de 180 de ori pe secundă. Fiecare punct al imaginii corespunde deci unei anumite linii și unei anumite coloane. O imagine, corespunzând unei forme de undă, este constituită dintr-o serie de N_c

puncte. Fiecărei coloane i se asociază un moment de timp și pentru o formă de undă, pe fiecare coloană va exista un singur punct luminos, plasat pe linia corespunzătoare tensiunii la acel moment de timp. Numărul de eșantioane reprezentate pe ecran este prin urmare egal cu N_c .

- $y(x)$ – În cazul osciloscopului analogic, în acest mod pe plăcile de deflexie orizontală nu se mai aplică semnalul de la baza de timp ci un semnal extern aplicat la o intrare X EXT. Acest semnal este amplificat într-un preamplificator, de obicei mai puțin pretențios decât cel folosit pentru canalul Y. În unele cazuri, se utilizează drept preamplificator pentru canalul X unul dintre preamplificatoarele de canal Y. În acest caz imaginea obținută pe ecran din compunerea celor două mișcări, poartă numele de figură Lissajoux. Acest mod de lucru poate fi folosit pentru măsurarea defazajelor, compararea frecvențelor, sau atunci când se dorește utilizarea axei x pentru reprezentarea altei mărimi decât timpul, de exemplu frecvența, în cazul analizelor de spectru sau a aparatelor destinate vizualizării caracteristicilor de frecvență (vobuloscoape).

În cazul osciloscopelor digitale, semnalul aplicat la X EXT, după amplificare, intră în blocul de conversie, în locul semnalului Y_B . Semnalul rezultat după digitizare, va controla, pentru fiecare punct al imaginii, coloanele în care există puncte aprinse.

2.5.2 Sincronizarea osciloscopului

Osciloscopul fără memorie este cel mai frecvent utilizat pentru vizualizarea unor semnale repetitive, de regulă periodice. Osciloscopul va capta și afișa segmente de durată limitată (cadre), cu pauze între ele (figura 22)

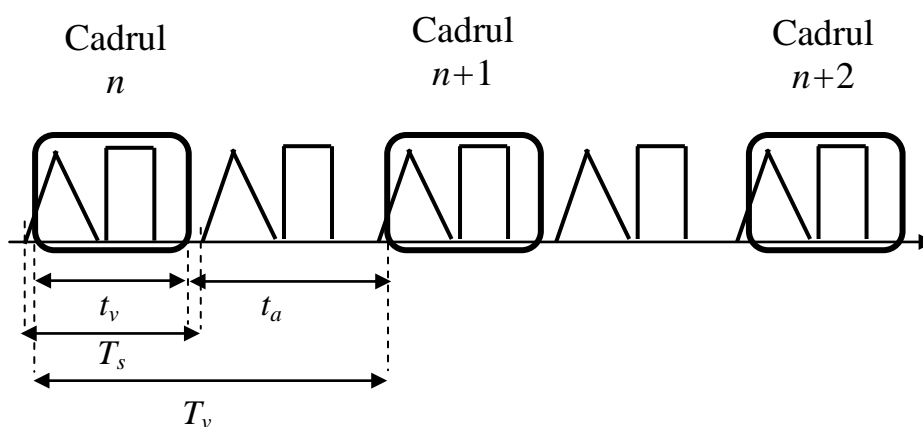


Fig 22

Durata acestor cadre, care va fi notată cu t_v (fereastra de timp vizualizată) este dependentă de reglajul C_x . Vom nota cu $t_x = N_x C_x$ timpul corespunzător

scării gradate pe orizontală (fereastra de timp calibrată). În cazul osciloscopului digital, $t_v = t_x$. În cazul osciloscopului analogic, imaginea vizualizată depășește puțin zona gradată a graticulei, așa încât să acopere întregul ecran

$$t_v = (1,1 \div 1,2)N_x C_x$$

Pentru a avea o imagine stabilă pe ecran, ar trebui ca toate aceste cadre să fie identice. În acest caz, se spune că imaginea este sincronizată. Evident, în ipoteza că semnalul este periodic, dacă imaginea este sincronizată, cadrele succesive vor fi și ele periodice și vom nota cu T_v perioada lor (*perioada cadrelor sau perioada de vizualizare*). Dacă semnalul are perioada T_s , este evident că în situația în care sincronizarea a fost realizată, $T_v = kT_s$, $k \in \mathbb{N}$. De exemplu, în situația reprezentată în figura 22, $k=2$. Nu este necesar ca un cadru să cuprindă o perioadă a semnalului (așa cum se întâmplă în figura 22). În cazul aceluiași semnal, dar cu un coeficient de deflexie C_x mai mic, cadrul poate să conțină o porțiune dintr-o perioadă (figura 23), sau, cu un C_x mai mare, un număr de perioade (două, în figura 24)

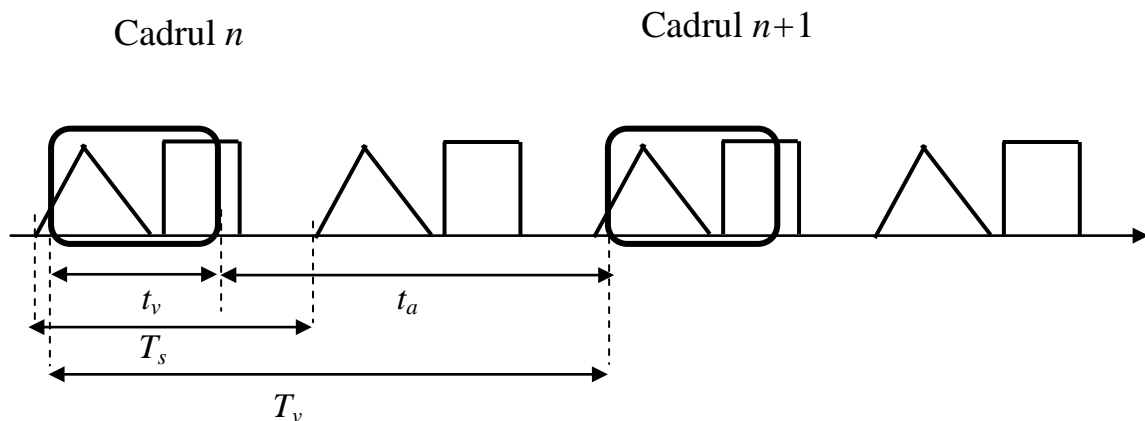


Fig. 23

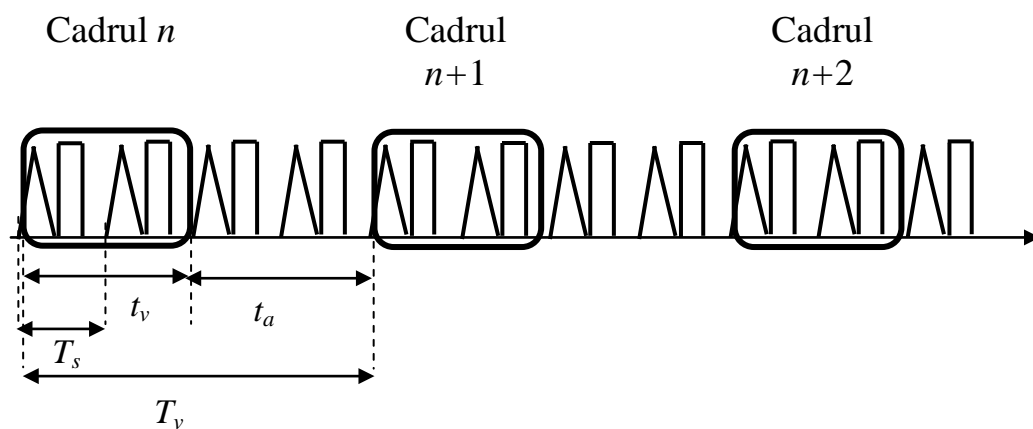


Fig. 24

Observații.

- Procesul de realizare a unui cadru implică două operații:
 - *Achiziția segmentului* semnalului ce urmează a fi vizualizat (captarea și prelucrarea primară, analogică a semnalului);
 - *Afișarea* propriu-zisă.

În cazul osciloscopului analogic, cele două procese decurg practic simultan (cel mult cu o mică întârziere datorată timpului finit de propagare a semnalului prin diferite circuite). În cazul osciloscopului digital aceste procese sunt succesive, imaginea afișată pe ecran fiind una sintetizată, iar afișarea are loc după completarea achiziției..

- În cazul osciloscopului analogic, trebuie avută în vedere persistența limitată a ecranului. După cum am văzut, ecranul are o persistență limitată, de obicei mai mică de 1 secundă. Pentru ca o imagine să fie afișată cu o strălucire aproximativ constantă în timp, este necesar ca reprezentările succesive să se producă la intervale de timp mai mici decât durata persistenței fosforului

$$T_v < t_p$$

La osciloscopul digital, reactualizarea imaginii se face cu o rată constantă (de exemplu 180 cadre/secundă pentru TDS1000). Aceasta este aleasă suficient de mare pentru a crea impresia că imaginea este invariantă în timp. În acest caz, T_v reprezintă în realitate perioada procesului de achiziție a semnalului. Nu se afișează toată informația obținută prin procesul de achiziție (lucru care ar fi oricum inutil având în vedere dimensiunile reduse ale ecranului și capacitatea perceptuală a ochiului). Surplusul de informații este însă utilizat în efectuarea de măsurători și calcule, cu o precizie mai bună decât cea oferită de imaginea de pe ecran.

Realizarea condiției de sincronizare $T_v = kT_s$, $k \in N$ presupune posibilitatea reglării lui T_v . Dar $T_v = t_v + t_a$. După cum s-a văzut, t_v este dependent de alegerea coeficientului de deflexie C_x , iar modificarea acestuia nu este întotdeauna convenabilă. Evident disponibil pentru realizarea sincronizării este deci timpul de așteptare. Obținerea sincronizării presupune intervenția operatorului. Pentru a fi realizată sincronizarea, desfășurarea trebuie să înceapă întotdeauna în același punct al perioadei semnalului. Pentru aceasta osciloscopul dispune de câteva *elemente de reglaj*.

- *Nivelul de declanșare* (sau *pragul triggerului*, marcat de obicei prin LEVEL) - U_p
- *Frontul semnalului de sincronizare* pe care are loc declanșarea (marcat prin SLOPE).

Declanșarea se produce în momentul când semnalul atinge nivelul U_p pe frontul precizat (+ crescător sau – scăzător). Aceasta este așa-numita *condiție de declanșare a triggerului*.

Triggerul din sistemul de sincronizare al osciloscopului este un circuit care generează un impuls, numit impuls syncro (Sy), de durată scurtă, în momentul când sunt îndeplinite condițiile de mai sus (figura 25). Rolul acestui impuls este acela de a marca momentul de timp când sunt îndeplinite condițiile de declanșare.

În cazul osciloscopului analogic, impulsul Sy este cel care declanșează procesul de achiziție și deci și vizualizarea semnalului. Aceasta face ca vizualizarea semnalului înaintea impulsului Sy ('pretrigger') să fie imposibilă. Imaginea începe, la marginea din stânga a ecranului, cu acest moment de timp.

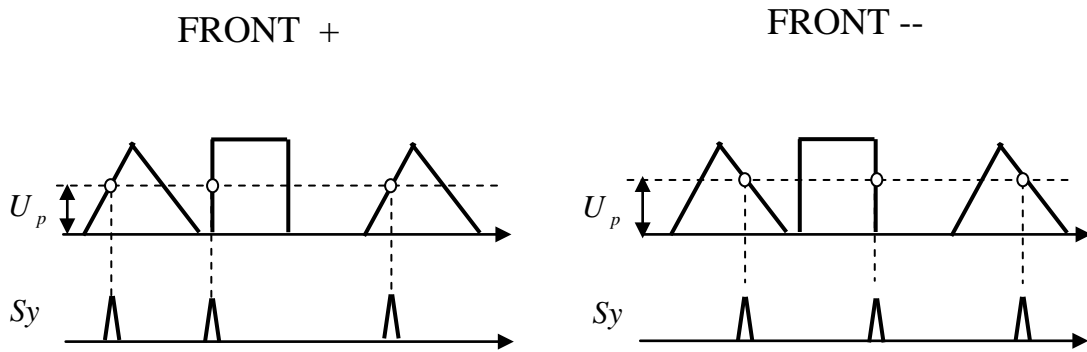


Fig. 25

Osciloscopul digital permite vizualizarea semnalului parțial înainte (pretrigger) și parțial după semnalul Sy (posttrigger). Implicit, fereastra de achiziție este centrată pe semnalul Sy și în consecință, momentul declanșării triggerului se află în mijlocul ecranului (figura 26). Există însă un reglaj de *poziție X* prin care se poate modifica raportul dintre cele două zone în mod convenabil. În particular, acesta poate fi poziționat așa încât să se vizualizeze numai zona posttrigger, ca la osciloscopul analogic.

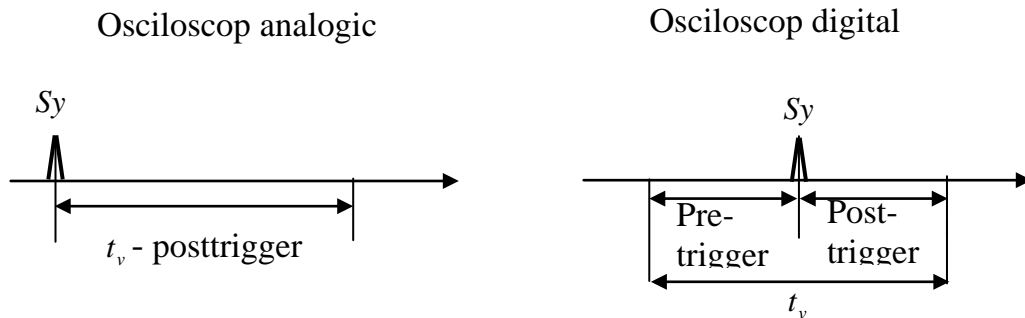


Fig. 26

Aceste două elemente de reglaj nu sunt întotdeauna suficiente pentru realizarea sincronizării. Este posibil să fie îndeplinită condiția de declanșare a triggerului de mai multe ori pe durata perioadei semnalului. Pentru a putea obține sincronizarea și în această situație se mai dispune de *reglajul timpului de reținere*, notat cu t_{RET} . Starea de reținere (prescurtat RET, sau în limba engleză HOLDOFF, începe odată cu un proces de achiziție și pe durata ei, impulsurile S_y sunt invalidate, așa încât nu pot genera o nouă achiziție.

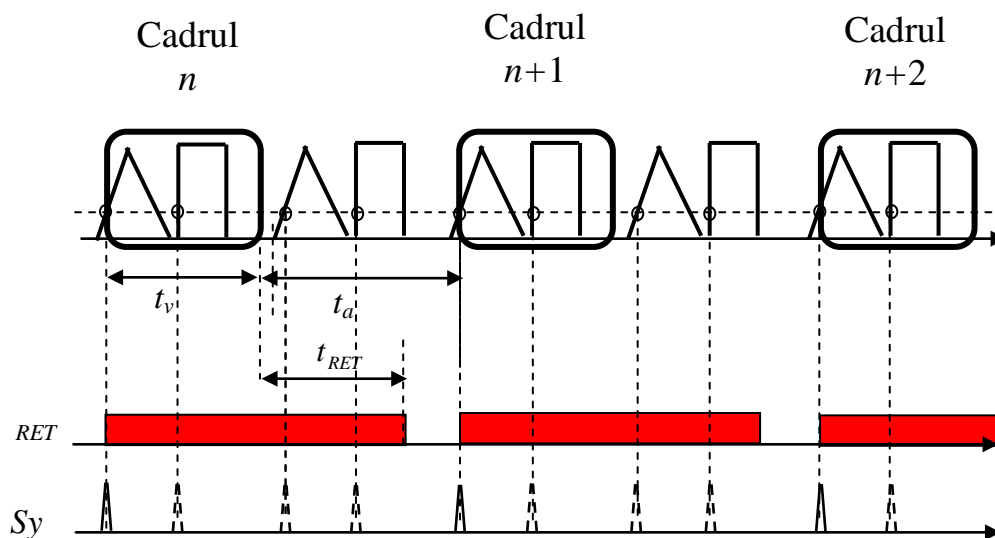


Fig. 27

Acest timp este reglabil pentru a permite sincronizarea, așa cum se poate vedea în figura 27. Impulsurile S_y desenate punctat sunt generate în starea de reținere și în consecință sunt invalidate. S-a presupus selectat frontul pozitiv și nivelul de prag marcat prin linia punctată orizontală.

O alegere incorectă a acestui timp conduce la desincronizarea osciloscopului, cum se poate vedea în figura 28. Din cauza timpului de reținere neadecvat, cadrul $n+1$ începe în alt moment al perioadei semnalului decât cadrele n și $n+2$, iar ferestrele afișate nu mai apar la intervale egale de timp. În figura 29 sunt reprezentate imaginile ce apar pe ecran în cele două cazuri. În aceste exemple s-a considerat cazul unui osciloscop analogic, la care cadrul începe cu impulsul S_y .

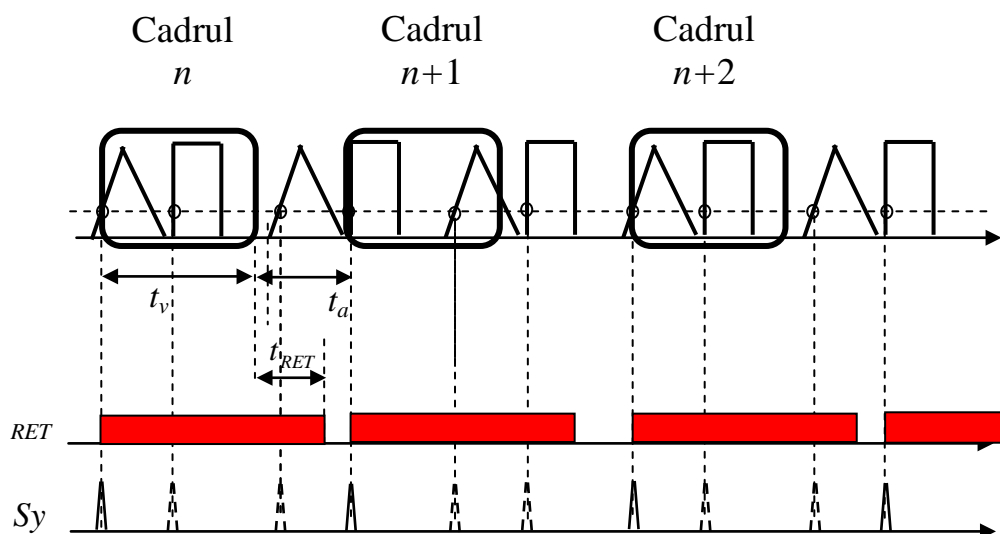


Fig. 28

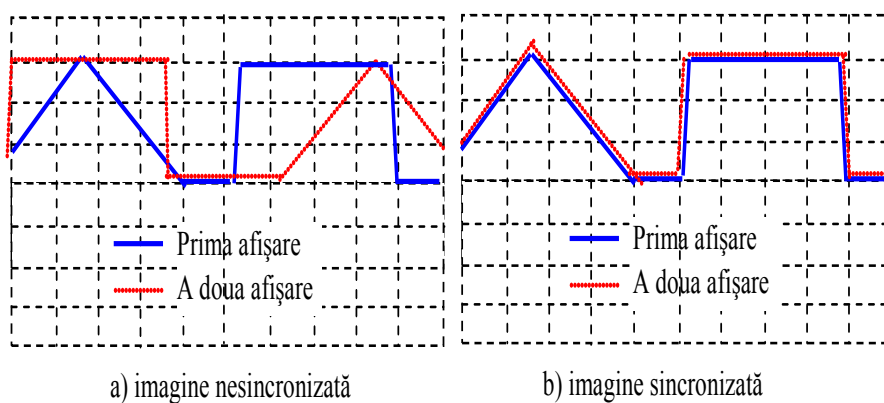


Fig. 29

Figura 30 se referă la cazul unui osciloscop digital, pentru care impulsul Sy ce declanșează cadrul respectiv corespunde centrului imaginii.

În final, trebuie menționat că sincronizarea se poate obține și prin modificarea coeficientului de deflexie pe orizontală, având drept efect modificarea duratei vizualizate t_v . Aceasta poate însă să ducă la imposibilitatea citirii pe ecran a duratelor de timp, dacă se recurge la variația continuă a lui C_x .

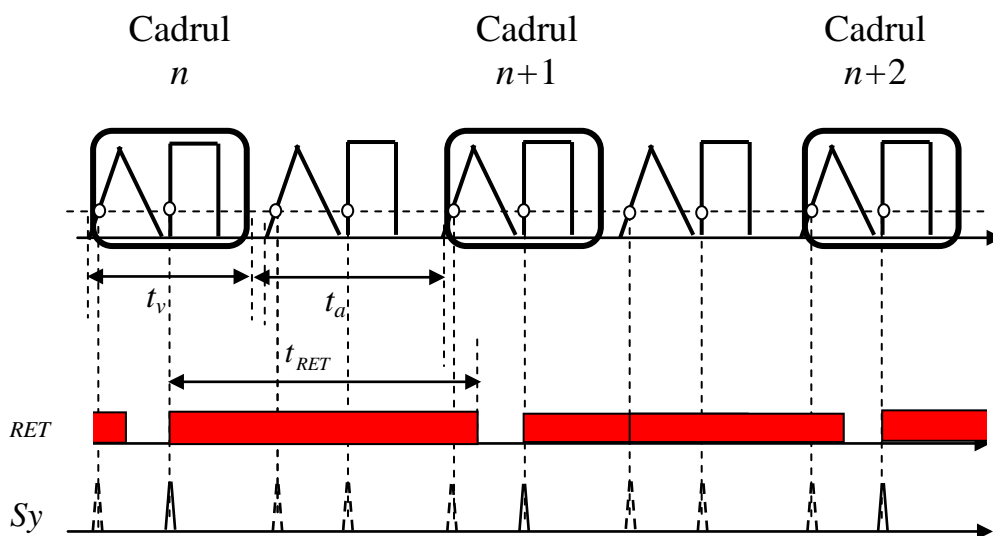


Fig. 30

2.5.3 Alte reglaje

• Un reglaj esențial al bazei de timp este cel referitor la *coeficientul de deflexie pe orizontală*, C_x , exprimat în secunde (milisecunde, microsecunde, nanosecunde)/diviziune. Se întâlnesc de obicei trei reglaje pentru acest parametru:

- În trepte fixe (ex: 1ms/div, 0,5ms/div, 20 μ s/div)
- Continuu (necalibrat)
- Extensie pe X (de obicei în treptele x5, x10, x50)

EXEMPLU: Se dă un semnal sinusoidal de frecvență 1kHz și amplitudine 1V. Să se reprezinte imaginea care apare pe ecranul osciloscopului dacă acesta are următoarele reglaje: $C_x=1\text{ms/div}$, $C_y=0,5\text{V/div}$, $U_p=0\text{V}$, front pozitiv. Imaginea este reprezentată posttrigger. Cum va arăta imaginea dacă se folosește extensia pe X cu factorul de multiplicare x10?

Perioada semnalului este $T = \frac{1}{f} = 1\text{ms}$. Deoarece coeficientul de deflexie

pe orizontală este de 1ms/div rezultă că o perioadă a semnalului va fi afișată pe o diviziune. Amplitudinea exprimată în diviziuni va fi

$$A = \frac{A[V]}{C_y} = \frac{1\text{V}}{0,5\text{V/div}} = 2\text{div}. \text{ Deoarece pragul triggerului } U_p = 0\text{V},$$

imaginea se va declanșa când tensiunea atinge 0V pe front pozitiv. Imaginea obținută pe ecran este prezentată în figura 31a. Aplicarea extensiei pe X este echivalentă cu reducerea lui C_x cu ordinul de multiplicitate. Se va obține în acest caz imaginea din figura 31 b.

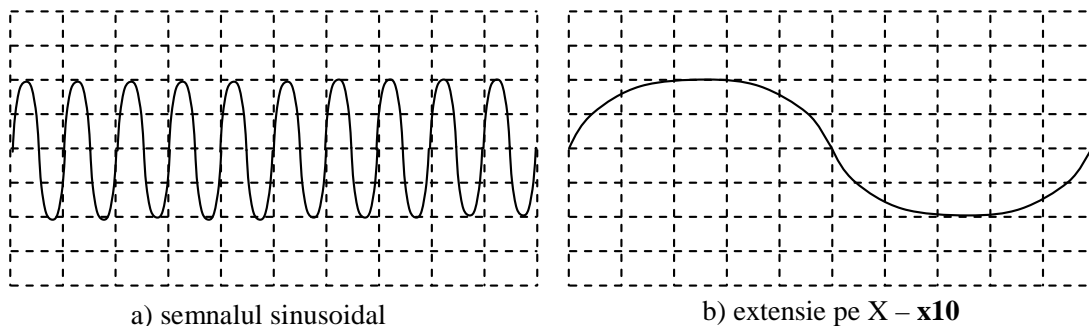


Figura 31

- Există și în cazul canalului X un reglaj al *poziției pe orizontală* (POZ X marcat în mod frecvent prin semnul \leftrightarrow). Modul de realizare și semnificația acestui reglaj diferă în funcție de tipul osciloscopului.

În cazul osciloscopului analogic, el se realizează ca și în cazul canalului Y, prin însumarea unei componente continue reglabile peste tensiunea liniar variabilă. Acest reglaj poate fi folosit pentru aducerea unui anumit element al imaginii în dreptul unei gradații a ecranului în vederea măsurării unui interval de timp. El capătă o importanță deosebită atunci când se folosește extensia pe X. În acest caz, prin acționarea acestui reglaj, se poate vedea detaliat orice porțiune din semnalul afișat fără extensie. Referindu-ne la exemplul precedent, se va putea vedea cu coeficientul de deflexie $\frac{C_x}{10} = 0,1ms/div$, orice detaliu de 1ms din imaginea 2.23a, de 10 ms. În cazul osciloscoapelor digitale, reglajul respectiv conduce la modificarea raportului dintre duratele celor două zone, pretrigger și posttrigger. În mod implicit, acest raport este egal cu unu. Prin acționarea acestui reglaj se poate vizualiza o porțiune mai mare din zona pretrigger sau din zona posttrigger.

2.5.4 Moduri de lucru

Modurile de lucru ale bazei de timp pot fi grupate în trei categorii:

A. După modul în care se face declanșarea bazei de timp

- **Declanșat (Normal - NORM)** – o nouă cursă începe numai când există semnal de sincronizare și acesta îndeplinește condițiile de prag și de front ale triggerului. În absența semnalului de sincronizare nu există desfășurare.
- **Automat (AUTO)** – desfășurarea are loc și în absența semnalului. În acest caz dacă semnalul de sincronizare nu este găsit, după un anumit interval de timp este declanșată automat afișarea obținându-se o imagine nesincronizată. Dacă semnalul există, el este cel care declanșează baza de timp. Acest mod este util deoarece ne permite sa

constatăm existența semnalului chiar dacă nu avem sincronizare (în caz contrar nu știm care este cauza absenței semnalului de pe ecran: lipsa lui sau lipsa sincronizării). Este util de asemenea pentru reglarea nivelului de zero (când suntem pe modul de cuplare GND, nivelul de zero apare doar în modul AUTO).

B. După modul de succedare a desfășurărilor

- **Desfășurare continuă (CONT)** - cursa se reia automat după trecerea timpului de reținere, când sunt din nou îndeplinite condițiile de declanșare.
- **MONO** – este afișată o singură cursă, la acționarea unui buton de armare (**RESET**). Acest mod de lucru este util în cazul osciloscoapelor cu memorie, când se dorește achiziția semnalului într-o singură trecere. În particular, în cazul osciloscoapelor digitale, acest mod de lucru permite memorarea unei forme de undă.

C. În funcție de semnalul folosit pentru sincronizare

- **Sincronizare internă** - se folosește pentru sincronizare semnalul furnizat de preamplificatorul canalului Y. Dacă osciloscopul are două canale putem avea mai multe cazuri de sincronizare externă
 - **CH1** – sursa de sincronizare este luată de pe canalul 1
 - **VERT MODE** – semnalul de sincronizare este luat alternativ de pe canalul 1 respectiv canalul 2 în modul de vizualizare **ALT**. În modul **CHOP** sursa de sincronizare este dată de suma semnalelor de pe cele două canale.
 - **CH2** - sursa de sincronizare este luată de pe canalul 2.
- **Sincronizare externă** – se folosește pentru sincronizare semnalul aplicat la borna TRG EXT.

2.5.5 Schema bloc.

Și aici vor exista diferențe între variantele analogice și digitale. În esență această parte a osciloscopului conține două blocuri funcționale, unul care asigură sincronizarea, iar al doilea, care asigură referința de timp, făcând posibilă afișarea într-o scară temporală gradată. Primul bloc este foarte asemănător în cele două variante, el furnizând un semnal care marchează începutul unui cadru vizualizat, în primul caz, sau un punct cu o poziție bine determinată (de exemplu mijlocul) într-un cadru achiziționat și în final vizualizat, în al doilea caz. Cel de-al doilea bloc este însă complet diferit, după cum se va vedea în paragrafele următoare.

2.5.5.1 Schema bloc în cazul unui osciloscop analogic

Așa cum s-a văzut în paragraful anterior pentru funcționarea în acest mod de lucru este necesară aplicarea pe plăcile de deflexie orizontală a unui semnal liniar variabil care să asigure deplasarea spotului pe orizontală cu viteză constantă. Vom numi această parcurgere „cursa directă”. Când spotul ajunge la limita din dreapta a ecranului afișarea trebuie să se oprească și să se reia de la început (din stânga ecranului). Aceasta este „cursa inversă”. În consecință și tensiunea trebuie să revină la valoarea care deplasa spotul de electroni în partea din stânga ecranului. De asemenea, începutul cursei următoare nu se face la orice moment de timp, ci trebuie să fie făcut astfel încât la cursa următoare imaginea să coincidă (să se suprapună) cu imaginea anterioară, și așa mai departe (**sincronizarea imaginii**). Circuitul care îndeplinește toate aceste funcții poartă numele de **bază de timp a osciloscopului**.

Ținând cont de toate aceste aspecte rezultă că tensiunea care trebuie aplicată sistemului de deflexie pe orizontală va fi o tensiune de tip dinte de fierăstrău (figura 32).

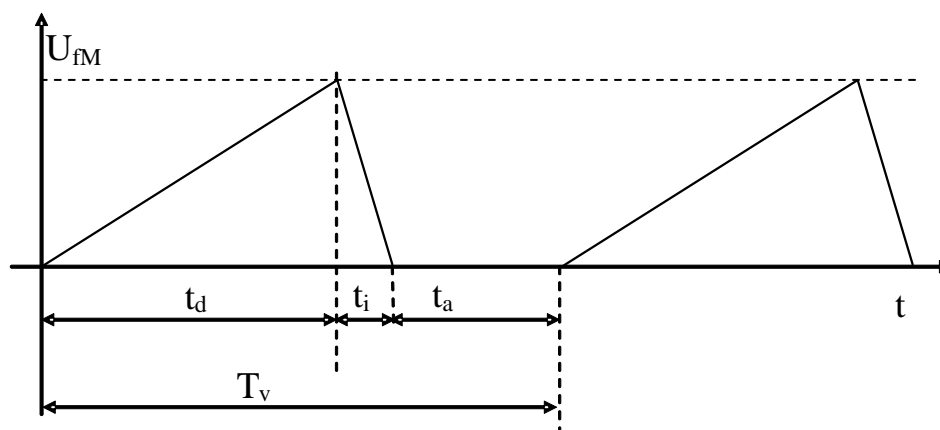


Figura 32. Tensiunea generată de baza de timp

Se disting mai multe intervale de timp având următoarele semnificații:

- t_d – durata cursei directe (durata de afișare a imaginii pe ecran). După terminarea cursei directe afișarea imaginii este oprită până la următoarea declanșare. El reprezintă totodată durata segmentului vizualizat, $t_d = t_v$.
- t_i – durata cursei inverse. În acest interval tensiunea aplicată sistemului de deflexie revine la valoarea inițială și în consecință spotul se întoarce și el la poziția inițială în partea din stânga a ecranului.
- t_x – intervalul de timp corespunzător întregii axe orizontale gradate. Pentru măsurarea intervalelor de timp, se utilizează gradațiile ecranului (de obicei sunt $N_x = 10$ diviziuni pe orizontală) și coeficientul de deflexie pe

orizontală notat cu C_x și exprimat în unități de timp pe diviziune. Intervalul de timp corespunzător unui număr de n_x diviziuni este $\Delta t = n_x C_x$. Desfășurarea depășește puțin zona gradată a graticulei, așa încât durata cursei directe este cu 10-20% mai mare decât t_x

$$t_d = (1,1 \div 1,2) N_x \cdot C_x$$

Dacă notăm cu U_{fM} amplitudinea tensiunii liniar variabile și cu U_f amplitudinea necesară pentru acoperirea numai a zonei gradate a graticulei pe orizontală, între aceste mărimi va exista o relație de același tip cu aceea de mai înainte, $U_{fM} = (1,1 \div 1,2) U_f$. Panta tensiunii liniar variabile, pe durata cursei

directe va fi deci $p = \frac{U_{fM}}{t_d} = \frac{U_f}{t_x} = \frac{U_f}{N_x C_x}$. Rezultă că gradarea scării orizontale

în unități de timp este dependentă numai de panta tensiunii liniar variabile, $C_x = \frac{U_f}{p N_x}$, deoarece U_f și N_x sunt fixe.

- t_{RET} – timpul de reținere. Este un interval de timp reglabil (se poate regla din butonul **HOLDOFF** de pe panoul de control al osciloscopului). El începe în momentul începerii unei curse directe și pe durata lui nu poate începe o nouă desfășurare. Este util, după cum s-a văzut, în sincronizarea semnalelor periodice cu forme mai speciale (care îndeplinesc condiția de declanșare de mai multe ori într-o perioadă)
- t_a – timpul de așteptare. Interval de timp în care se așteaptă declanșarea unei noi curse directe.
- T_v – intervalul de timp între declanșările a două desfășurări succesive. Dacă semnalul vizualizat este periodic și osciloscopul e sincronizat, tensiunea aplicată deflexiei pe orizontală este și ea periodică, având perioada T_v

Spotul este aprins numai pe durata cursei directe, pe durata întoarcerii și a timpului de așteptare este stins.

O schema bloc pentru întregul canal X este prezentată în figura 33. Semnalul utilizat pentru sincronizare este preluat din canalul Y (sincronizare internă) sau de la borna TRIGGER EXTERN (sincronizare externă).

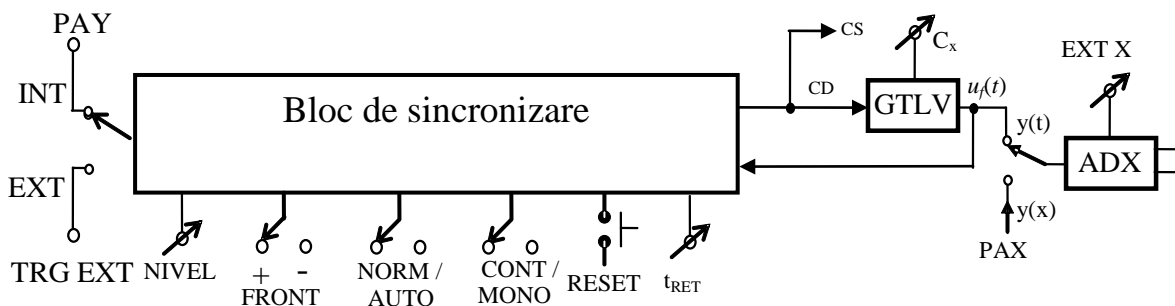


Fig.33

Blocul de sincronizare permite setările și reglajele prezentate mai înainte (nivelul și frontul triggerului, selecția modurilor NORMAL/AUTO, CONTINUU/MONO, butonul de armare, reglajul timpului de reținere). El comandă prin intermediul semnalului CD pornirea și oprirea cursei directe a generatorului de tensiune liniar variabilă (GTLV). Pe durata cât $CD=1$ are loc cursa directă, deci GTLV generează o rampă crescătoare. Totodată, se asigură aprinderea spotului doar pe durata cursei directe, prin controlul strălucirii (CS). În GTLV se reglează coeficientul de deflexie pe orizontală, prin reglarea pantei tensiunii liniar variabile. ADX este amplificatorul de deflexie pe orizontală. El livrează tensiunea aplicată pe plăcile de deflexie pe orizontală. În acest bloc se realizează extensia pe orizontală, prin amplificarea suplimentară a tensiunii de deflexie.

O detaliere a blocului de sincronizare este dată în figura 34

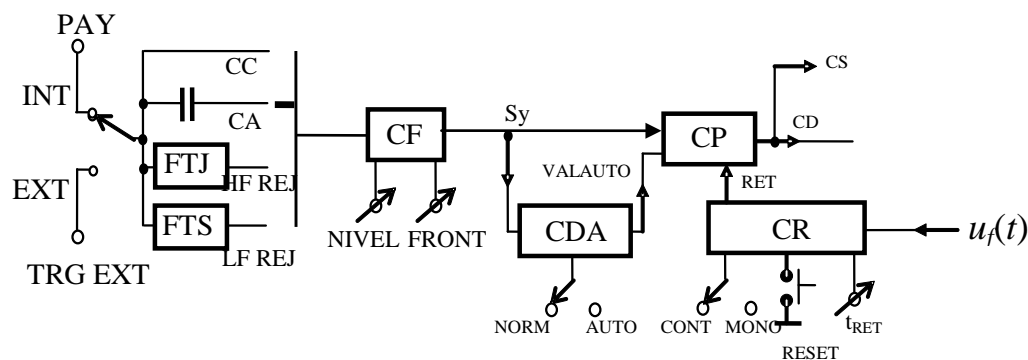


Figura 34. Schema blocului de sincronizare

Blocurile componente ale locului de sincronizare au următoarele funcții:

- **Selectorul modului de cuplaj** - selectează modul în care se face cuplarea semnalului de sincronizare
 - 1) **DC/AC** – semnalul de sincronizare cu sau fără componentă continuă.
 - 2) **HFREJ** – rejectează frecvențele înalte din semnalul de sincronizare. Este util când semnalul de sincronizare conține și zgomot de înaltă frecvență, care ar influența momentul de declanșare al cursei directe.
 - 3) **LFREJ** – rejectează frecvențele joase din semnalul de sincronizare. Este util când semnalul de sincronizare conține și un semnal parazit de frecvență joasă (ex: semnal pe frecvența rețelei de alimentare).
- **Circuitul de formare (CF)** – Are rolul de a marca momentele când semnalul de sincronizare îndeplinește condițiile de prag și de front impuse pentru declanșare. În aceste momente, generează un impuls de scurtă durată, notat S_y . Permite reglarea nivelului de declanșare și a frontului.

- **Circuitul poartă (CP)** – Are rolul de a comanda generatorul de tensiune linear variabilă (GTLV) și de a genera semnalul pentru controlul strălucirii (CS) care asigură aprinderea spotului numai pe durata cursei directe. Comanda generatorului de tensiune linear variabilă se realizează prin intermediul semnalului notat cu CD. Cursa directă, deci rampa crescătoare, are loc atât timp cât acest semnal are nivel logic „1”. Același semnal este utilizat și pentru controlul strălucirii. Semnalele de intrare în CP sunt: semnalul de sincronizare S_y , semnalul de reținere RET și semnalul de validare a modului automat (AUTO), VALAUTO.

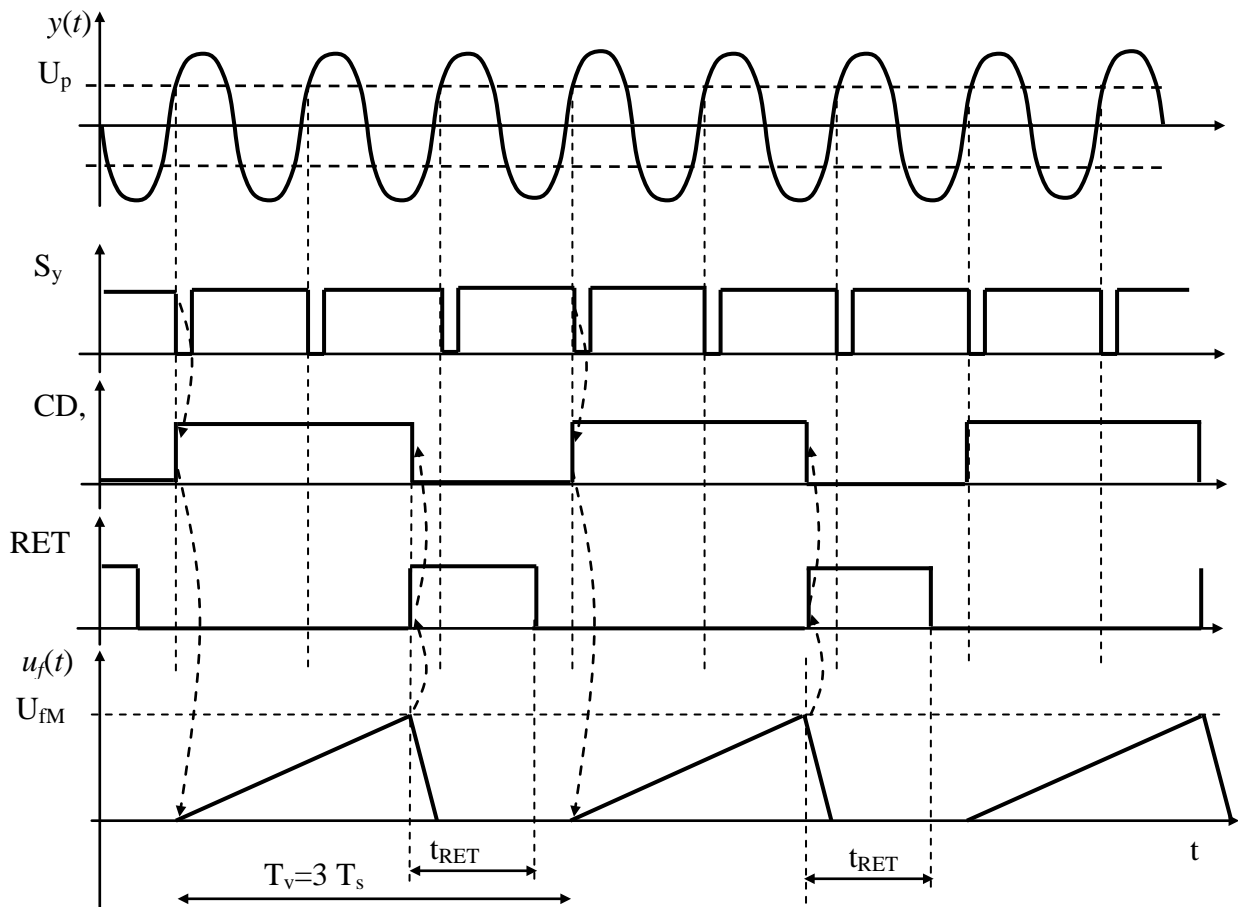


Figura 35. Semnalele bazei de timp

Pornirea cursei directe. O desfășurare poate începe, deci semnalul CD este activat, $CD=1$, numai dacă $RET=0$ (a trecut perioada de reținere) și este îndeplinită una din condițiile:

- Sosește un impuls S_y (s-a primit impuls de declanșare).
- $VALAUTO=1$ (se lucrează în modul AUTO și nu există impulsuri de sincronizare).

Oprirea cursei directe, $CD=0$, se produce când se primește semnalul $RET=1$.

- **Circuitul de reținere (CR)**– are următoarele funcții:
 1. asigură oprirea cursei directe când tensiunea liniar variabilă atinge valoarea maximă U_{fM} care corespunde marginii din dreapta a ecranului. Aceasta se realizează punând $RET=1$, ceea ce va conduce la $CD=0$ la circuitul poarta.
 2. permite o nouă declanșare a cursei directe, prin aducerea semnalului RET în starea 0, în următoarele situații, depinzând de modul de lucru selectat (CONT sau MONO):
 - dacă baza de timp funcționează în modul de lucru CONT, după trecerea timpului reglabil t_{RET} . Acest timp se reglează din butonul HOLDOFF.
 - Dacă baza de timp funcționează în modul MONO, după trecerea timpului t_{RET} , când este acționat butonul RESET.
- **Circuitul de declanșare automată (CDA)** – are rolul de a activa semnalul VALAUTO, dacă s-a selectat modul de lucru AUTO și nu există impulsuri S_y într-un anumit interval de timp t_{Max} . Acest mod este util pentru a avea imagine pe ecran chiar și atunci când nu există semnal de sincronizare și pentru a putea vedea pe ecran poziția nivelului de zero.
Atenție! Modul de lucru AUTO poate funcționa defectuos la vizualizarea semnalelor de frecvențe foarte joase. În acest caz, perioada impulsurilor S_y poate deveni mai mare decât t_{Max} . Ca urmare este activat semnalul VALAUTO, care va declanșa o desfășurare, necondiționată de impulsul S_y . Aceasta conduce la desincronizarea imaginii.
- **Generatorul de tensiune liniar variabilă** – are rolul de a genera tensiunea liniar variabilă, care va fi aplicată pe plăcile de deflexie orizontală în modul de funcționare $y(t)$. Generarea tensiunii liniar variabile se face de obicei prin încărcarea unui condensator sub curent constant (Fig. 36).

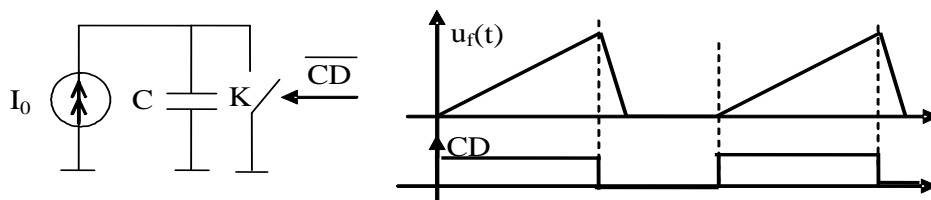


Figura 36. Generator de tensiune liniar variabilă

Presupunem inițial condensatorul descărcat și comutatorul K deschis. Tensiunea pe condensator va fi:

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

Când tensiunea pe condensator ajunge la valoarea maximă (corespunzătoare marginii din dreapta a ecranului) semnalul CD comandă închiderea comutatorului K. Condensatorul C se va descărca rapid, tensiunea pe condensator ajungând la valoarea 0. În realitate tensiunea liniar variabilă este simetrică față de axa OX, fiind cuprinsă între $-U_M/2$ și $U_M/2$, pentru ca la tensiune zero spotul să treacă prin centrul ecranului. Aceasta se realizează prin sumarea unei componente continue peste tensiunea obținută pe condensator.

2.5.5.2 Schema bloc în cazul unui osciloscop digital

În cazul osciloscopului analogic informația de timp se materializa în panta tensiunii liniar variabile produsă de GTLV. Așa ceva nu mai există în cazul unui osciloscop digital. Imaginea este constituită din puncte, corespunzând unor eșantioane obținute în procesul de achiziție. Coordonatele lor depind de:

- Pe axa X de timpul la care au fost achiziționate, evaluat în funcție de impulsul S_y al cadrului respectiv;
- Pe axa Y de amplitudinea eșantionului.

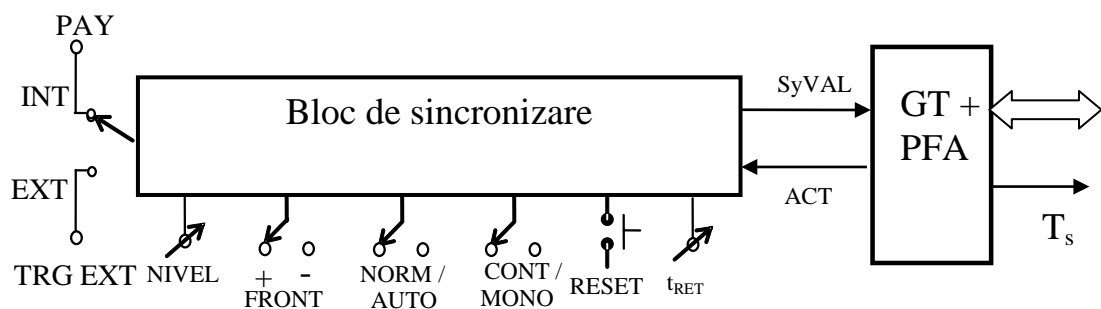


Fig. 37

În procesul de achiziție, pentru fiecare cadru se achiziționează un număr N_a de eșantioane (în cazul TDS1000, $N_a=2500$). O parte dintre acestea, N_{a-} sunt înainte de impulsul S_y al cadrului (eșantioane pretrigger), iar celelalte N_{a+} sunt achiziționate după impulsul S_y (eșantioane posttrigger).

Blocul de sincronizare (Fig.37) are o structură asemănătoare cu aceea descrisă pentru osciloscopul analogic. Semnalele prin care comunică cu blocul următor au o semnificație diferită. În locul semnalului CD, apare un impuls S_yVAL (S_y valid), care definește momentul de timp al impulsului S_y al cadrului respectiv. Blocul următor este notat cu GT-PFA (generator de tact și poziționare a ferestrei de achiziție). Blocul de sincronizare în varianta analogică primea de la GTLV tensiunea liniar

variabilă, pentru a seiza atingerea tensiunii maxime și a comanda oprirea cursei directe. În varianta digitală, blocul GT-PFA generează un semnal ACT (activare achiziție), în momentul când este gata de a începe achiziția unui nou cadru. Din acest moment, osciloscopul începe să achiziționeze eșantioane pentru noul cadru. Sunt reținute în memoria de achiziție pretrigger în permanență ultimele N_{a-} eșantioane. La un moment dat, blocul de sincronizare generează impulsul SyVAL. Din acest moment se mai eșantionează N_{a+} eșantioane, care se stocheză în memoria de achiziție posttrigger. Cu aceasta, achiziția unui cadru este completă, și informația achiziționată este transferată microcalculatorului. Blocul GT-PFA furnizează și tactul T_s pentru eșantionare. Acesta este funcție de coeficientul de deflexie pe orizontală, C_x . Într-adevăr, pe durata unui cadru trebuie achiziționate $N_a = N_{a-} + N_{a+}$ eșantioane, deci

$$T_s = \frac{N_x C_x}{N_a}$$

După cum s-a arătat, nu toate aceste eșantioane sunt reprezentate pe ecran, având în vedere rezoluția limitată a afișajului, care este legată de posibilitățile limitate ale ochiului. Fie N_v numărul de eșantioane reprezentate pe ecran. În principiu, dacă ecranul are N_c coloane, $N_v = N_c$. Cum întreaga scară de timp este de $t_v = C_x N_x$, rezultă că intervalul de timp între două eșantioane reprezentate este de

$$T_{sv} = \frac{t_v}{N_v} = \frac{C_x N_x}{N_v}$$

În fine, trebuie să facem observația că deși în tratarea precedentă blocul de sincronizare și baza de timp au fost privite ca două unități distincte, totuși deseori în literatura de specialitate cele două blocuri sunt înglobate în noțiunea de bază de timp, oferind astfel acesteia un sens mai larg. Această accepțiune este folosită și în paragraful următor.

2.5.6 Baze de timp duble

Sunt necesare pentru a da posibilitatea vizualizării unor detalii ale unei imagini, prin extinderea lor pe orizontală, realizând astfel un efect de „lupă în domeniul timp”. Zona detaliată poate fi deplasată oriunde, pe conținutul unei imagini vizualizate cu viteza normală (fără detalieri).

Vor fi necesare următoarele elemente:

- *bază de timp principală* (BTA), care permite vizualizarea semnalului în ansamblu, cu un coeficient de deflexie C_{xA} .

- *bază de timp secundară* (BTB), mai rapidă ca prima, folosită pentru vizualizarea zonei detaliate. Evident, coeficientul de deflexie al acesteia satisface condiția $C_{xB} < C_{xA}$.
- Declanșarea bazei de timp B trebuie să se producă după un interval de timp (întârziere) t_{int} reglabil în raport cu declanșarea bazei de timp A, pentru a putea deplasa zona vizualizată extins.

Există câteva configurații utilizate.

- *Baze de timp duble cu vizualizare separată* (cu comutare manuală de pe imaginea de ansamblu, pe zona detaliată, cele două imagini nefiind vizualizate simultan)
- *Baze de timp duble alternate*. Cele două imagini sunt vizualizate aparent simultan. În realitate, ele sunt reprezentate alternat, în două desfășurări succesive ale BTB.
- *Baze de timp duble mixate*. În acest caz o primă parte a desfășurării are loc cu baza de timp A, iar de la un moment ce poate fi reglat, cu viteza bazei de timp B, deci dilatat în timp.

În cele ce urmează vom prezenta numai primele două configurații, acestea fiind cele mai frecvente.

2.5.6.1 Baze de timp duble cu vizualizare separată

Sunt posibile mai multe moduri de lucru.

- *Vizualizarea cu baza de timp A (fără extensie)*. În exemplul din figura 38 zona vizualizată din semnal va fi aceea cuprinsă între punctele A și B. În cazul unui osciloscop analogic, durata totală a ferestrei vizualizate cu baza de timp A este $t_{vA} = (1,1 \div 1,2) N_x C_{xA}$, iar în cazul unuia digital, $t_{vA} = N_x C_{xA}$. Imaginea vizualizată va arăta ca în figura 39a.
- *Vizualizare cu baza de timp B pornită cu întârziere față de baza de timp A*. Baza de timp B pornește după trecerea unui timp t_{int} de la pornirea bazei de timp A. Durata vizualizată va fi $t_{vB} = (1,1 \div 1,2) N_x C_{xB}$ în cazul osciloscopului analogic sau $t_{vB} = N_x C_{xB}$ în cazul celui digital. Durata vizualizată este în consecință aceea cuprinsă între punctele C și D, extinsă pe întregul ecran.

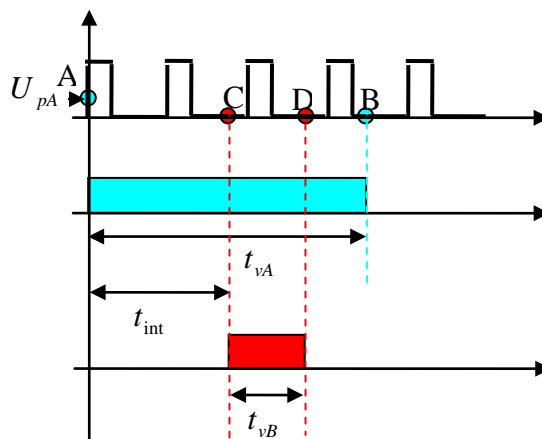


Figura 38.

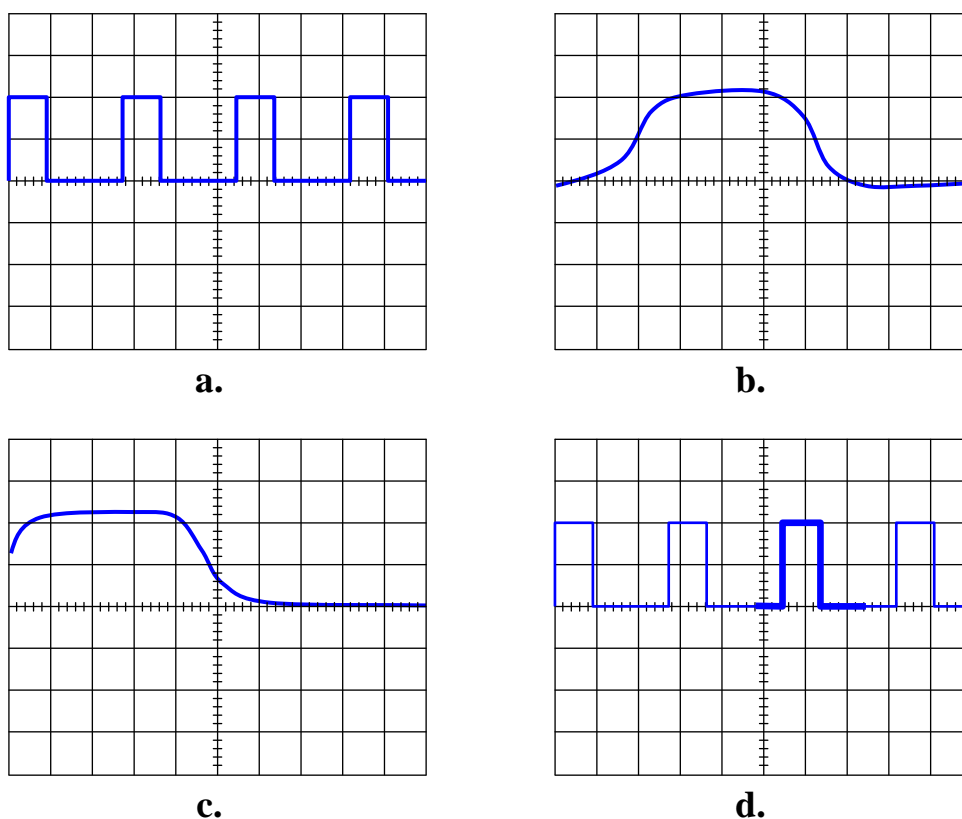


Figura 39.

- *Vizualizare cu baza de timp B armată cu întârziere față de baza de timp A.* După pornirea desfășurării bazei de timp principale, un timp t_{int} baza de timp B este ținută în stare de reținere. După terminarea acestui timp, ea poate fi declanșată de îndată ce este îndeplinită condiția de trigger a bazei de timp B. Spre deosebire de situația precedentă, pornirea nu se mai produce imediat după trecerea timpului t_{int} , așa încât nu se mai poate regla continuu poziția zonei vizualizate (în cazul exemplului considerat se poate doar „sări” de la un impuls la altul). Totuși, această configurație are

avantajul de a asigura o sincronizare mai bună a imaginii vizualizate. Zona selectată este reprezentată în figura 2.34, iar imaginea vizualizată în figura 39c.

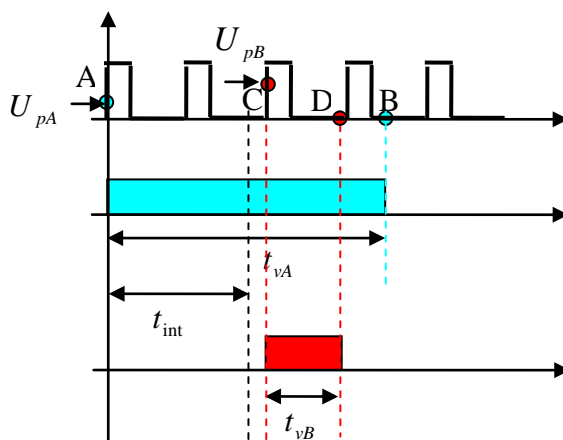


Fig. 40

- *Vizualizare cu baza de timp A intensificată de B.* Conținutul de imagine vizualizat este același ca în primul caz, imaginea fiind reprezentată cu viteza bazei de timp A, dar pe durata cât este activată baza de timp B, strălucirea este intensificată. În acest fel este marcată zona ce poate fi vizualizată extins și avem posibilitatea selectării ei (Figura 39b).

2.5.6.2 Baze de timp duble alternate

Această configurație permite vizualizarea aparent concomitentă a desfășurărilor realizate cu cele două baze de timp. Acest lucru se realizează prin înlocuirea comutării manuale printr-o comutare electronică. Ca urmare, se vor afișa alternativ, imaginea vizualizată cu BT_A (ansamblul) și cu BT_B (detaliul). Dacă perioada desfășurării BT_A este relativ mică în raport cu persistența, $t_p > 2T_v$, cele două imagini apar concomitent. Pentru ca aceste două imagini să nu apară suprapuse, se introduce o deplasare pe verticală, prin însumarea unei tensiuni continue în canalul Y, pe durata uneia din desfășurări.

Funcționarea este ilustrată în figura 40, în care sunt figurate duratele desfășurărilor bazelor de timp A (BT_A), B (BT_B) și a desfășurării rezultate (BT). După cum se vede cadrul n este realizat cu viteza bazei de timp A, iar cadrul următor, $n+1$, cu viteza bazei de timp B. Imaginile ce apar pe ecran sunt date în figura 41.

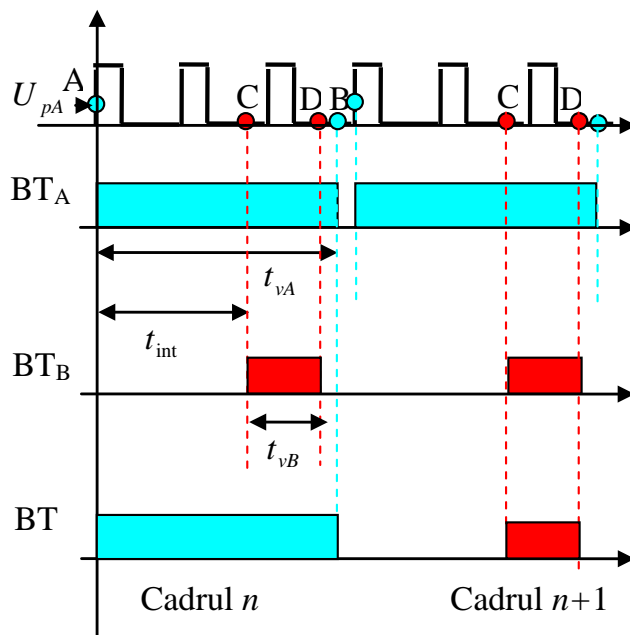


Figura 40.

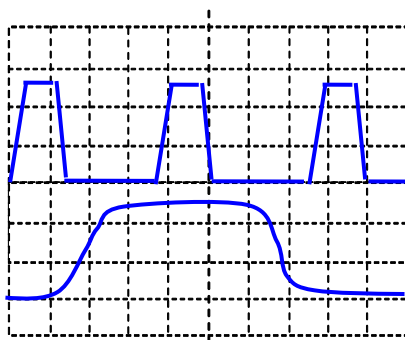


Figura 41. Vizualizarea semnalului cu baza de timp dublă alternată

În cazul osciloscopului digital, utilizarea principiului bazei de timp duble se apropie mai mult de ideea de „zoom”. Zona ce se dorește a fi vizualizată extins este mai întâi încadrată într-o fereastră, apoi fereastra respectivă este redată pe întregul ecran.