

Lucrarea 1

Aparate de laborator. Parametrii semnalelor digitale.

1.1 Obiective

Lucrarea prezintă aparatele de laborator utilizate în cadrul laboratorului și tehnicile de măsurare specifice electronicii digitale:

- Sursa de tensiune programabilă HAMEG HM8143;
- Generatorul de funcții programabil HAMEG HM8131-2;
- Osciloscopul analog/digital HAMEG HM1508-2.

Demonstrațiile practice oferă studenților posibilitatea familiarizării cu modul de operare a acestor aparate.

Foile de catalog, manualele și driverele aparatelor de laborator se găsesc pe situl de web al disciplinei de laborator.

1.2 Sursa de tensiune programabilă HAMEG HM8143

Sursa de tensiune stabilizată generează la ieșire o tensiune constantă, independentă de eventualele fluctuații ale tensiunii de alimentare, sarcinii sau temperaturii. Sursa de tensiune continuă este folosită pentru alimentarea circuitelor integrate studiate în cadrul laboratorului.

Caracteristicile sursei HM8143 sunt:

- Două surse de tensiune de ieșire reglabile între 0 și 30V/max. 2A și o sursă fixă 5V/max. 2A;
- Rezoluție afișată 10mV/1mA;
- Posibilitate de conectare în paralel (max. 6A) sau serie (max. 65V);
- Sarcină de maxim 60W pe canal (max. 2A);

- Generare de tensiune de alimentare cu o formă programabilă (4096 puncte, 12 biți). Creare de forme de undă particulare;
- Software pentru control la distanță și generare de forme de undă arbitrare;
- Fuzibil electronic pentru ieșirile de 30V;
- Modulare externă a tensiunii de ieșire: tensiune de intrare 0-10V, 50kHz.

Panourile frontale ale sursei HM8143 sunt prezentate în figura 1.1.

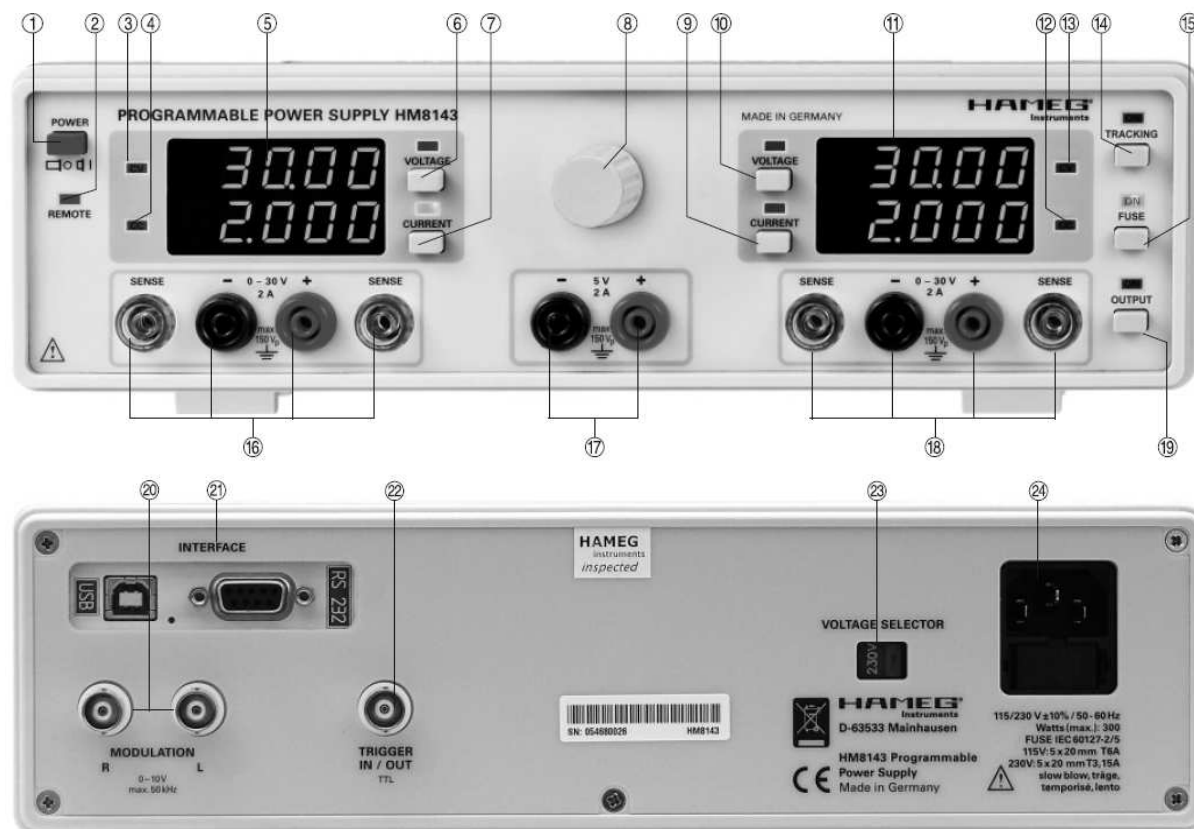


Figura 1.1 Panourile frontale ale sursei de tensiune programabile HAMEG HM8143.

Funcțiile de control și afișare sunt:

- **1. POWER** - Buton de pornire/oprire. Conectorul cablului de alimentare se găsește în spatele aparatului.
- **2. REMOTE** - Led care se aprinde când aparatul este controlat prin interfață serială de la distanță.
- **3, 13. CV** - Led-uri verzi care luminează dacă aparatul este în mod "tensiune constantă".
- **4, 12. CC** - Led-uri roșii care luminează dacă aparatul este în mod "curent constant".
- **5, 11. Display digital** (2 x 4 digiți) - Afișează valorile nominale sau măsurate ale valorilor tensiunii sau curentului de ieșire.
- **6, 10. VOLTAGE** - Buton și led prin care se selectează reglarea tensiunii de ieșire.

- **7. CURRENT** - Buton și led prin care se selectează reglarea curentului maxim de ieșire.
- **8. Rotary knob** - Buton rotativ pentru reglarea valorii tensiunii de ieșire și a curentului de ieșire maxim. Funcția realizată este selectată prin apăsarea butoanelor **VOLTAGE** și **CURRENT**. Valorile curenți sunt afișate pe display-ul numeric al aparatului.
- **9. CURRENT** - Buton și led prin care se selectează reglarea curentului maxim de ieșire. Prin apăsarea acestui buton la pornirea aparatului, beep-erul aparatului poate fi oprit/pornit.
- **14. TRACKING** - Buton și led pentru activarea funcției de urmărire pentru ieșirea de 30V.
- **15. FUSE** - Buton și led pentru activarea siguranței electronice.
- **16, 18. 0-30V/2A** - Banane 4mm pentru ieșiri reglabile.
- **17. 5V/2A** - Banane 4mm pentru ieșire fixă.
- **19. OUTPUT** - Buton și led pentru blocarea și activarea tuturor ieșirilor.
- **20. MODULATION R/L** - Conectori de intrare BNC pentru intrarea de modulare a ieșirilor de 30V, 0-10V, max. 50kHz.
- **21. USB/RS-232 Interface** - Opționale: HO880, IEEE-488 (GPIB).
- **22. TRIGGER IN/OUT** - Conectori de intrare/ieșire BNC pentru semnalele de începere și declașare la/de la HM8143, nivele TTL.
- **23. Voltage selector** - Selectorul tensiunii de alimentare 115V/230V.
- **24. Intrare de alimentare** - Conector cablu de alimentare de la rețea.

1.3 Generatorul de funcții programabil

Generatorul de funcții programabil permite generarea unor semnale de diverse forme (sinusoidale, triunghiulare, dreptunghiulare, aleatorii), frecvență și amplitudine variabile.

Generatorul de semnal **HAMEG HM8131-2** este un generator cu sinteză de frecvență de până la 15MHz. Instrumentul utilizează sinteza digitală pentru generarea unor forme de unde standard (sinusoidală, dreptunghiulară, rampă, triunghiulară) precum și a semnalelor arbitrare.

Caracteristicile generatorului de funcții HM8131-2 sunt:

- Domeniu de frecvență între $100\mu\text{Hz}$ și 15MHz.
- Tensiune de ieșire între 20mVpp și 20Vpp (în gol).
- Sinteza de frecvență digitală (DDS).
- Intrare pentru bază de timp externă (10MHz).
- Forme de undă sinusoidală, triunghiulară, dreptunghiulară, dinte de fierăstrău, zgomot alb sau colorat, arbitrară.
- Forme de unde arbitrare (40 MSa/s, 12 biți).

- Modulare: AM, FSK, PSK, Fază.
- Operare în mod master-slave cu până la 3 generatoare.
- Software (pentru RS-232) pentru control la distanță și crearea de forme de undă arbitrare.
- Card de memorie SRAM pentru stocarea semnalelor (opțional HO831).
- Interfață RS-232, opțional: USB, IEEE-488.

Panourile frontale ale generatorului de semnal **HM8131-2** sunt prezentate în figura 1.2.

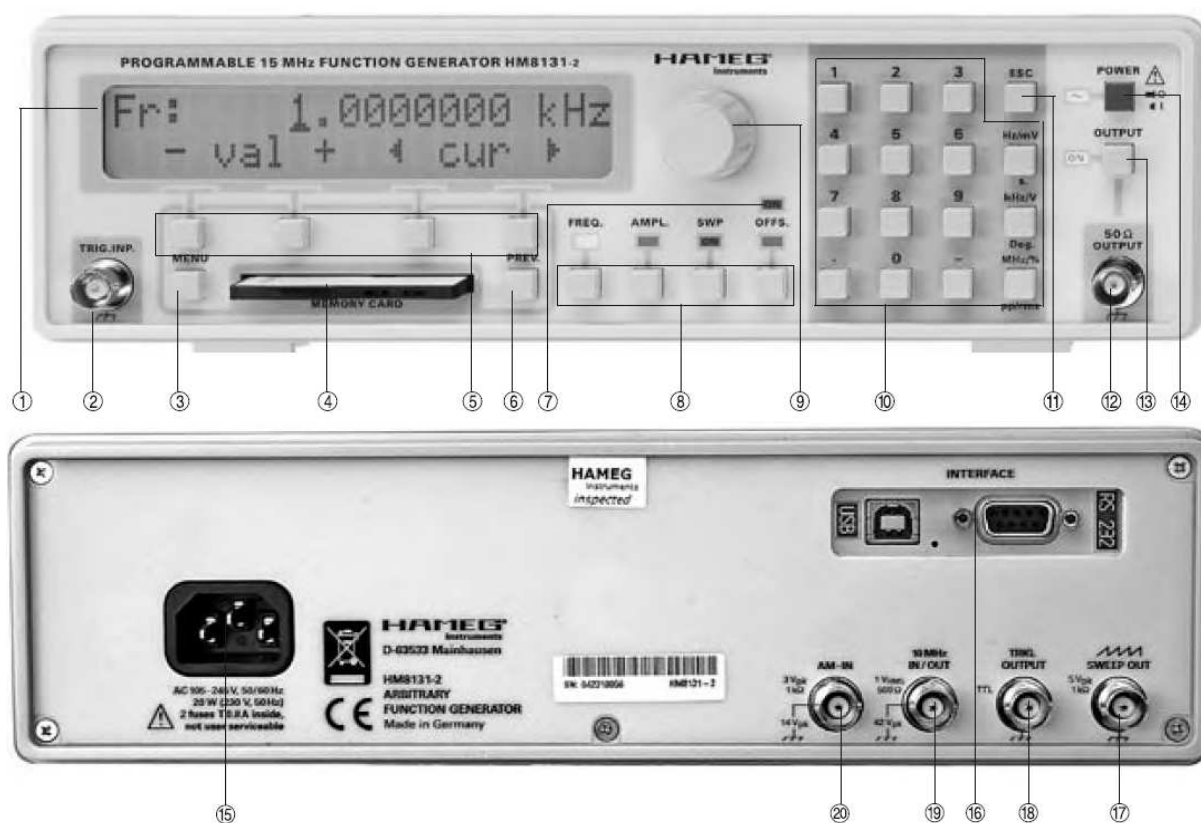


Figura 1.2 Panourile frontale ale generatorului de funcții programabile HAMEG HM8131-2.

Funcțiile principalelor elemente ale panoului frontal sunt:

1. Display LCD 2 linii a câte 20 caractere fiecare.
2. Intrare triggerare.
3. Buton de selecție a meniului.
4. Slot card de memorie.
5. Butoane pentru controlul meniurilor.
6. Buton de revenire din meniuri.
7. Indicator offset.
8. Butoane pentru selecția funcției realizate de butonul rotativ.
9. Buton rotativ de control incremental al valorii selectate.

10. Tastatură.
11. Buton de revenire, ștergere.
12. Ieșire BNC de 50Ω.
13. Buton pentru activarea/dezactivarea ieșirii.
14. Buton pentru pornirea/oprirea aparatului.
15. Conector cablu de alimentare de la rețea.
16. Interfață USB/RS-232 (opțional IEEE-488 GPIB).
17. Ieșire dinte de fierăstrău.
18. Ieșire de triggerare.
19. Intrare/ieșire de referință 10MHz.
20. Intrare AM.

Definirea parametrilor reglabili pentru semnalul generat de HM8131 este prezentată în figura 1.3.

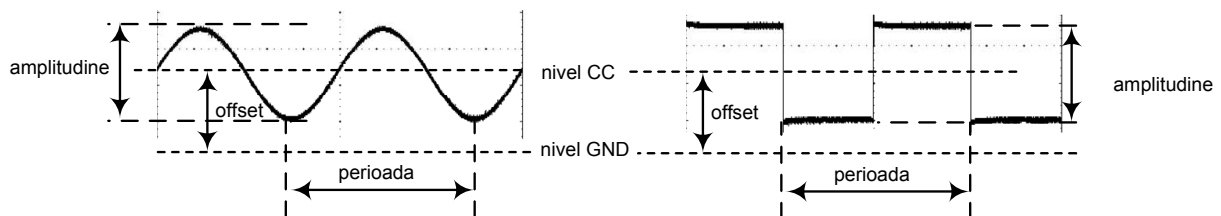


Figura 1.3 Definirea parametrilor reglabili pentru semnalul generat de HM8131.

Parametrii semnalelor se pot modifica și cu ajutorul tastaturii frontale. Domeniul de reglaj se selectează cu ajutorul butoanelor **Hz/mV**, **kHz/V**, **MHz/%**. Valoarea nominală a parametrului se modifică cu ajutorul tastelor numerice **0-9** sau cu butonul rotativ.

1.4 Osciloscopul analog/digital HAMEG HM1508

Osciloscopul HM1508-2 combină două tipuri de osciloscopie într-un singur aparat: un osciloscop analogic și un osciloscop digital. Comutarea între cele două moduri de operare se poate face cu o singură apăsare de buton.

HM1508-2 este un osciloscop analog/digital cu frecvență maximă de 150 MHz (în mod analogic) și 1G eșantioane/secundă (în mod digital). Pentru a vedea semnalul real, un utilizator trebuie doar să comute osciloscopul din modul digital în modul analogic.

Avantajele modului de operare digital sunt:

- Captura și stocarea unor evenimente singulare.
- Lipsa flicker-ului la semnale de frecvențe mici.
- Semnalele rapide sau cu factor de umplere mic se pot afișa cu intensitate luminoasă mare.
- Datorită stocării semnalelor, acestea pot fi documentate și procesate.

Dezavantajele modului de operare digital sunt:

- Un osciloscop analogic afișează semnalul real, în timp real. Osciloscopia digitale nu afișează semnalul ci îl reconstruiesc din eșantioane, realizând astfel o pre-filtrare a frecvențelor joase. Afișarea nu poate fi în timp real datorită calculelor ce sunt necesare a fi făcute.
- Din acest motiv rata de eșantionare a osciloscopiilor digitale este cu un ordin de mărime mai mică decât cea a unui osciloscop analogic. Din acest motiv, osciloscopul digital nu poate capta evenimente rapide (spike-uri de tensiune).
- Nu există informație în intensitatea trasei. Trasa are tot timpul intensitate maximă. De asemenea, pantele abrupte ale semnalelor pe care un osciloscop analogic nu le poate afișa, vor fi afișate de osciloscopul digital cu aceeași intensitate ca și părțile lente ale semnalului, producând erori de reprezentare. Motivul este că osciloscopia digitale nu afișează doar valorile eșantioanelor ci interpolatează printre acestea generând o trasă continuă.
- Datorită dimensiunii limitate de memorie, rata maximă de eșantionare a osciloscopiilor digitale trebuie redusă pentru baze de timp foarte lente.

Caracteristicile osciloscopului analog/digital HM1508-2 sunt:

- 1G eșantioane/sec eșantionare în timp real, 10G eșantioane/sec eșantionare aleatorie.
- Memorie 1M puncte pe canal, zoom memorie până la 50.000:1.
- FFT pentru analiză spectrală.
- 4 canale (2 analogice, 2 logice).
- Coeficienți de deflexie 1mV/div. ... 20V/div.
- Bază de timp 50 s/div. ... 5 ns/div.
- Convertoare A/D de 8 biți, zgomot redus.
- Moduri de achiziție: Single, Refresh, Average, Envelope, Roll, Peak-Detect.
- Conector frontal USB pentru preluarea de imagini afișate.
- USB/RS-232, opțional: IEEE-488 sau Ethernet/USB.
- Afișare de semnale: Yt, XY și FFT.
- Interpolare: Sinx/x, Pulse, Dot Join (lineară).

Panoul frontal al osciloscopului **HM1508-2** este prezentat în figura 1.4.

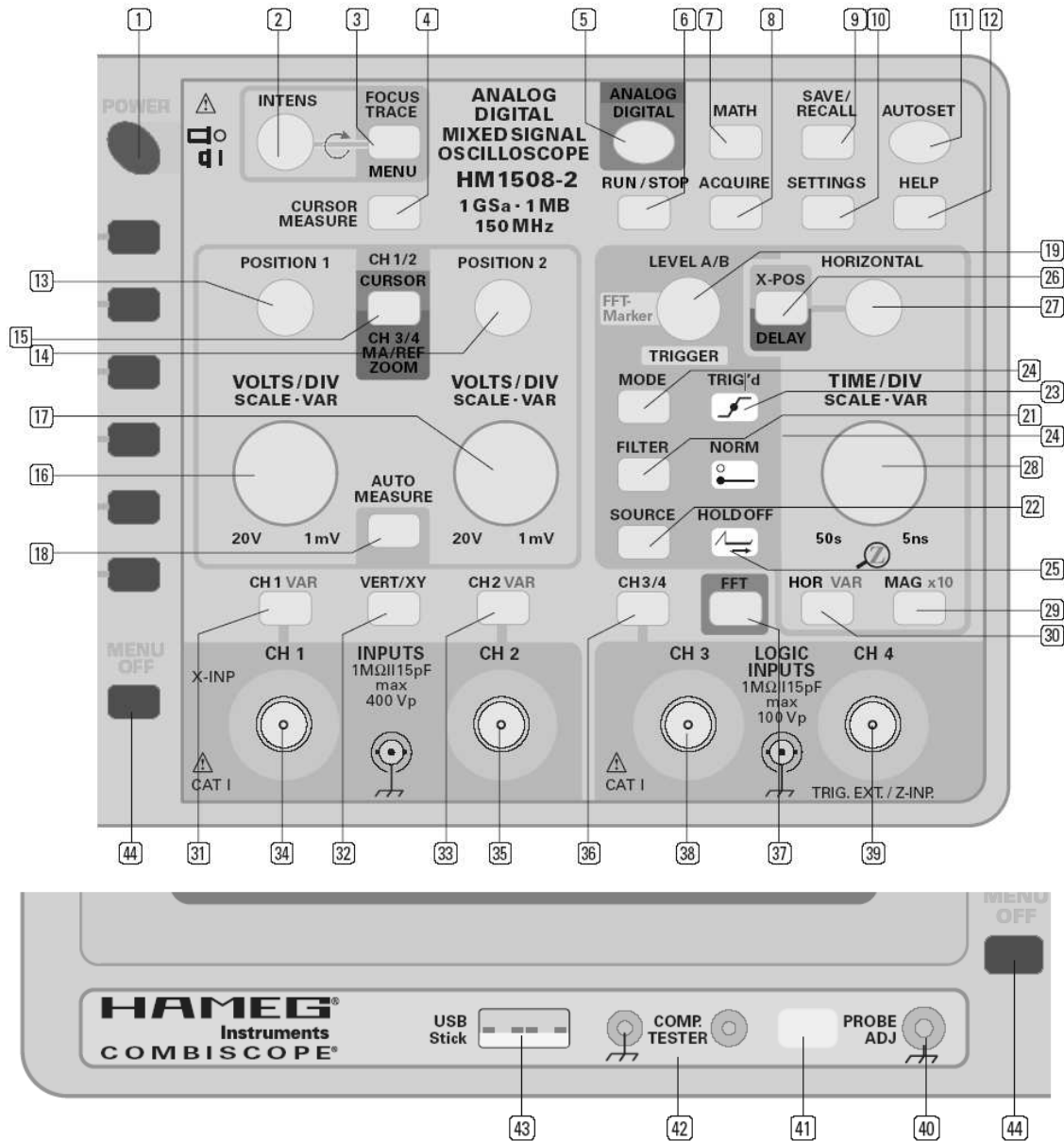


Figura 1.4 Panoul frontal al osciloscopului analog/digital HAMEG HM1508-2.

Funcțiile principalelor butoane prezente pe panoul frontal al osciloscopului sunt:

- **1. POWER** - Buton de pornire/oprire a osciloscopului.
- **2. INTENS** - Potențiomtru pentru reglarea intensității luminoase a trasei, focalizării și rotația trasei.
- **3. FOCUS/TRACE/MENU** - Buton care activează meniul pentru a modificarea funcției butonului **INTENS** și realizarea diferitelor setări (intensitatea trasei, intensitatea meniului, focalizarea, rotația afișajului, activarea/dezactivarea înscrisurilor pe ecran).
- **4. CURSOR MEASURE** - Buton care activează meniul "cursor" și oferă selecții pentru măsură și activări.
- **5. ANALOG/DIGITAL** - Buton de comutare între modul analogic (verde) și modul digital (albastru).

- **6. RUN/STOP** - Buton prin apăsare cu diferite funcții:
RUN: Achiziția de semnal este permisă.
STOP (luminat constant): Achiziția de semnal este blocată.
STOP (luminat intermitent): Achiziția de semnal este în desfășurare și iluminarea intermitentă se va opri la finalizarea achiziției.
- **7. MATH** - Buton care activează meniul matematic în modul de operare digital.
- **8. ACQUIRE** - Buton care activează meniul de captură și afișare în modul de operare digital.
- **9. SAVE/RECALLE** - Buton care activează meniul de referință a semnalului și setări ale memoriei în modul de operare digital.
- **10. SETTINGS** - Buton care activează meniul de limbi și alte diverse funcții.
- **11. AUTOSET** - Buton care permite setarea automată a parametrilor pe baza semnalului vizualizat.
- **12. HELP** - Buton care afișează informații legate de control și meniuri.
- **13. POSITION 1** - Buton rotativ de control a valorii actuale a funcției selectate: semnal (curent, referință, matematică), cursor și zoom (digital).
- **14. POSITION 2** - Buton rotativ de control a valorii actuale a funcției selectate: semnal (curent, referință, matematică), cursor și zoom (digital).
- **15. CH1/2-CURSOR-CH3/4-MA/REF-ZOOM** - Buton care activează meniul și indică funcția curentă modificată de butoanele de control POSITION 1 și 2.
- **16. VOLTS/DIV-SCALE-VAR** - Buton rotativ pentru setarea coeficientului de deflexie și a setărilor pe axa Y, canal 1.
- **17. VOLTS/DIV-SCALE-VAR** - Buton rotativ pentru setarea coeficientului de deflexie și a setărilor pe axa Y, canal 2.
- **18. AUTO-MEASURE** - Buton care activează meniul și submeniurile pentru măsurători automate.
- **19. LEVEL A/B - FFT - Marker** - Buton rotativ pentru setarea nivelului de triggerare pentru bazele de timp A și B.
- **20. MODE** - Buton care activează meniul de selecție a modului de triggerare.
- **21. FILTER** - Buton care activează meniul de selecție a modului de cuplare a intrării, respicție de zgomote și selecție a pantei semnalului de triggerare.
- **22. SOURCE** - Buton care activează meniul de selecție a sursei de triggerare (ex. CH1, CH2, Alternat 1/2, Externă, rețea alimentare).
- **23. TRIG** - Led care luminează când semnalul de triggerare atinge nivelul de triggerare.
- **24. NORM** - Led care luminează când este selectat modul de triggerare NORMAL sau eveniment SINGULAR.

- **25. HOLD OFF** - Led care luminează când este selectat modul de operare cu bază de timp întârziată (doar în mod analogic), din butonul HOR/VAR (30).
- **26. X-POS/DELAY** - Buton care activează și indică prin culoare funcția curentă a butonului rotativ HORIZONTAL (27).
- **27. HORIZONTAL** - Buton rotativ care modifică poziția pe axa X (în mod analogic) sau timpul pre/post triggerare (în mod digital).
- **28. TIME/DIV-SCLAE-VAR** - Buton rotativ care modifică durata bazelor de timp A și B (coeficient de deflexie) și scalare.
- **29. MAG x 10** - Buton de zoom 10x pe axa X în mod analogic Yt.
- **30. HOR/VAR** - Buton care activează meniul de zoom digital și a bazelor de timp A și B și a controlului bazei de timp întârziate.
- **31. CH1/VAR** - Buton care activează meniul asociat setărilor canalului 1 (cuplarea intrării AC/DC/GND, inversare, controlul sondei și pe axa Y).
- **32. VERT/XY** - Buton care activează meniul modului de afișare pe verticală, însumării, modului XY și a limitării de bandă (afișare un singur canal CH1 sau CH2, afișare ambele canale în mod dual sau choppat, afișare suma celor două canale, afișare în mod XY).
- **33. CH2/VAR** - Buton care activează meniul asociat setărilor canalului 2 (cuplarea intrării AC/DC/GND, inversare, controlul sondei și pe axa Y).
- **34. INPUT CH1** - Conector de intrare BNC pentru canalul 1, sau deflexie pe orizontală în mod XY.
- **35. INPUT CH2** - Conector de intrare BNC pentru canalul 2.
- **36. CH3/4** - Buton cu funcțiile:
Mod digital: Activează canalele logice 3 și 4. CH4 devine intrare de triggerare.
Mod analogic: CH4 poate fi utilizat pentru modulare în intensitate a trasei (Z) dacă trigerrarea externă este inactivă.
- **37. FFT** - Buton care activează meniul FFT.
- **38. CH3 LOGIC INPUT** - Conector de intrare BNC pentru canalul 3 în mod digital.
- **39. CH4 LOGIC INPUT** - Conector de intrare BNC pentru canalul 4 în mod digital. În mod analogic, intrarea este folosită pentru semnalul de modulare a intensității trasei.
- **40. PROBE/ADJ** - Conector de ieșire pentru semnal dreptunghiular pentru ajustarea compensării în frecvență a sondelor cu atenuare.
- **41. PROBE/ADJ** - Buton care activează meniul asociat testării componentelor, selecției frecvenței de calibrare a sondei, informații despre hardware și software și conectorul USB.
- **42. COMPONENT TESTER** - Două conectori de 4mm pentru conectarea componentelor testate. Conectorul din stânga este conectat la masă.

- **43. USB Srick** - Conector USB pentru memorii flash utilizate la stocarea și încărcarea semnalelor și a parametrilor semnalelor.
- **44. MENU OFF** - Comutator pentru inactivarea meniului sau revenirea cu un nivel în ierarhia de meniuri.

1.5 Măsurări cu osciloscopul

Osciloscopul afișează grafic o reprezentare a formei unei tensiuni variabile în timp. Afișajul osciloscopului trebuie înțeles ca fiind un grafic ce are pe **axa orizontală reprezentat timpul** iar pe **axa verticală reprezentantă o tensiune**. Mai multe semnale pot fi afișate simultan pe osciloscop, vizualizându-se astfel corelațiile temporale dintre ele.

1.5.1 Măsurarea tensiunilor

Tensiunea se măsoară pe verticala afișajului osciloscopului. Înainte de efectuarea măsurătorilor de tensiune, osciloscopul trebuie calibrat pe verticală. Procesul de calibrare asigură stabilirea unei valori de tensiune precise pentru o diviziune pe verticală. Nu este obligatorie calibrarea osciloscopului pe orizontală.

Calibrarea pe verticală constă în reglarea nivelului potențialului de referință în dreptul unei anumite trase orizontale. Calibrarea pe verticală se face astfel:

- Se pune canalul la masă (se apasă butonul **CH1/VAR** și în meniul **CH1** se selectează **Ground On**). Pe ecranul osciloscopului va apare o linie orizontală (semnal constant de valoare 0V). Linia apare doar în cazul triggerării automate. Dacă imaginea de pe ecran dispăre, apăsați butonul **MODE** și verificați în meniul **Trigger** setarea pe **Auto**.
- Prin acționarea butonului **POSITION** se aduce nivelul trasei orizontale peste un fir reticular orizontal. Acesta va fi nivelul de referință al tensiunilor afișate pe acel canal.
- În meniul **CH1** (apărut ca urmare a apăsării butonului **CH1/VAR**), se verifică setarea **Variable Off**. În acest caz, dimensiunea unui diviziuni pe verticală corespunde valorii absolute de tensiune precizate în partea stânga jos a ecranului (de exemplu: **CH1:10mV**). Pentru apariția indicației volți/diviziune, trebuie activată setarea **Readout On** în meniul apărut prin apăsarea butonului **FOCUS/TRACE**.
- Se repetă calibrarea pentru canalul 2.

Valorile de tensiune relative (între două nivele ale unui semnal) se vor citi ca număr de diviziuni pe verticală între cele două puncte considerate. Măsurarea unei tensiuni relative se face astfel:

- Se calibrează osciloscopul pe verticală pe canalul pe care urmează să se efectueze măsurătoarea.
- Se afișează semnalul în mod **DC** (verificați setarea în meniul apărut ca urmare a apăsării butonului **CH1/VAR**).
- Din butonul **VOLTS/DIV** se ajustează amplitudinea semnalului astfel încât forma de undă să încapă pe ecran și între punctele de măsură să fie un număr cât mai mare de diviziuni.

- Prin acționarea butonului **POSITION** se aduce nivelul unui punct de măsură în dreptul unei trase orizontale.
- Se numără diviziunile întregi și subdiviziuni, pe verticală dintre trasa asociată nivelului de jos și nivelul celui de-al doilea punct de măsură.
- Prin calcul, se convertește numărul de diviziuni citite într-o valoare de tensiune, utilizând relația:

$$V = H \cdot D \cdot A \quad (1.1)$$

unde s-au notat:

V - valoarea calculată a tensiunii semnalului aplicat la intrarea osciloscopului (exprimată în volți [V]);

H - numărul de diviziuni și subdiviziuni citite pe verticală (măsurat în diviziuni [div]);

D - coeficientul de deflexie pe verticală al osciloscopului, după calibrare, exprimat în Volt/div.

A - atenuarea sondei de măsură (mărime adimensională, 1X, 10X sau 100X).

Reprezentarea grafică a ecranului de osciloscop pe care se face o măsurătoare de tensiune este prezentată în figura 1.5.

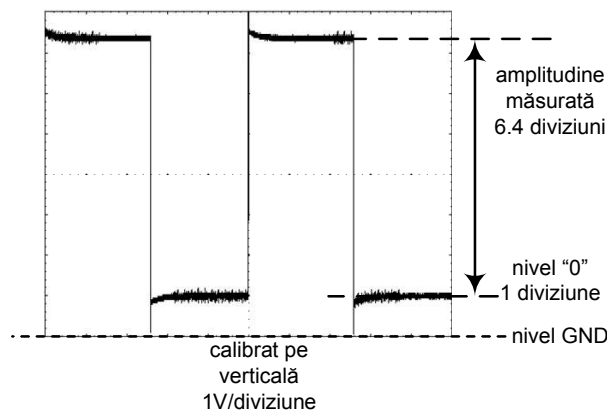


Figura 1.5 Măsurarea tensiunilor cu osciloscopul.

Valorile de tensiune absolute (între un nivel de tensiune și potențialul de referință, de masă) se vor citi ca număr de diviziuni pe verticală între punctul considerat și nivelul asociat potențialului de masă (GND).

Măsurarea unei tensiuni absolute se face astfel:

- Se calibrează osciloscopul pe verticală pe canalul pe care urmează să se efectueze măsurătoarea. Se ajustează nivelul de referință GND în dreptul unui trase orizontale.
- Se afișează semnalul.
- Din butonul **VOLTS/DIV** se ajustează amplitudinea semnalului astfel încât forma de undă să încapă pe ecran și între punctele de măsură să fie un număr cât mai mare de diviziuni.
- Se numără diviziunile întregi (și subdiviziuni), pe verticală dintre trasa asociată nivelului de referință fixat și nivelul punctului de măsură.

- Prin calcul, se convertește numărul de diviziuni citite într-o valoare de tensiune, utilizând relația:

$$V = H \cdot D \cdot A \quad (1.2)$$

1.5.2 Măsurarea intervalelor de timp

Intervalele de timp se măsoară pe orizontala afișajului osciloscopului. Înainte de efectuarea măsurătorilor de timp, osciloscopul trebuie calibrat pe orizontală. Procesul de calibrare asigură stabilirea unei valori de timp precise pentru o diviziune pe orizontală. Nu este obligatorie calibrarea osciloscopului pe verticală.

Calibrarea pe orizontală se face astfel:

- Se apăsă butonul **HOR/VAR** și se setează **A Variable Off**.
- În acest moment valoarea absolută de timp asociată unei diviziuni este precizată în partea din stânga sus (de exemplu: **A:200us**).
- Calibrarea pe orizontală (axa timpului) se face simultan pentru ambele canale.

Intervalul de timp între două evenimente se va citi ca număr de diviziuni pe orizontală între cele două puncte considerate. Măsurarea unui interval de timp se face astfel:

- Se calibrează osciloscopul pe orizontală.
- Se afișează semnalul.
- Din butonul **TIMP/DIV** se ajustează durata afișată a semnalului astfel încât forma de undă să încapă pe ecran și între punctele de măsură să fie un număr cât mai mare de diviziuni.
- Prin acționarea butonului **HORIZONTAL** se aduce nivelul unui punct de măsură în dreptul unei trase verticale.
- Se numără diviziunile întregi (și subdiviziuni), pe orizontală dintre trasa asociată evenimentului din stânga și punctul asociat celui de-al doilea eveniment.
- Prin calcul, se convertește numărul de diviziuni citite într-o valoare de timp, utilizând relația:

$$t = L \cdot B \quad (1.3)$$

unde s-au notat:

t - valoarea calculată a intervalului de timp relativ la semnalul aplicat la intrarea osciloscopului (exprimată în unități de timp [sec/ms/us]);

L - numărul de diviziuni și subdiviziuni citite pe orizontală (măsurat în diviziuni [div]);

B - coeficientul bazei de timp exprimat în timp/div.

Reprezentarea grafică a ecranului de osciloscop pe care se face o măsurătoare de timp este prezentată în figura 1.6.

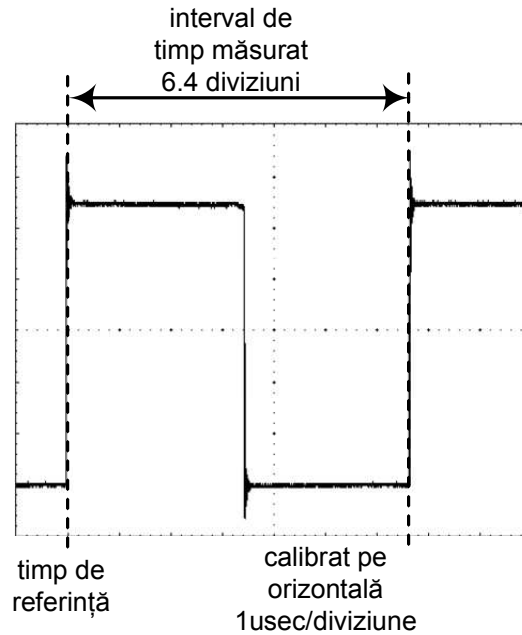


Figura 1.6 Măsurarea intervalelor de timp cu osciloscopul.

1.6 Măsurarea parametrilor semnalelor digitale cu osciloscopul

Acest paragraf prezintă mărimile temporale specifice semnalelor digitale și a modului în care se măsoară acestea cu ajutorul osciloscopului.

1.6.1 Măsurarea perioadei semnalelor digitale

Perioada unui semnal este definită ca fiind intervalul de timp după care valorile instantanee ale semnalului încep să se repete. Perioada semnalelor digitale se raportează între momentele când semnalul trece în același sens (crescător sau descrescător) prin valoarea a 50% din amplitudinea sa. Nu se vor lua ca puncte de reper începuturile sau sfârșiturile palierelor deoarece este posibil ca semnalele digitale să prezinte forme curbate în aceste zone. Măsurarea perioadei unui semnal digital se face astfel:

- Se calibrează osciloscopul pe orizontală.
- Se afișează semnalul.
- Din butonul **TIMP/DIV** se ajustează durata afișată a semnalului astfel încât forma de undă să încapă pe ecran și între punctele de măsură să fie un număr cât mai mare de diviziuni.
- Prin acționarea butonului **POSITION** se aduce palierul de "0" pe trasa marcată cu indicația 0%.
- Se decalibrează osciloscopul pe verticală (buton **CH1** meniu **Variable On**). Prin reglarea continuă a decalibrării pe verticală (**VOLTS/DIV**), se aduce palierul de "1" pe trasa marcată

cu indicația 100%. Dacă imaginea dispăre, verificați ca nivelul de sincronizare (marcat cu o cruce în partea stângă a ecranului) să fie între nivelele de semnal minim și maxim.

- Cele două evenimente care marchează perioada semnalului sunt determinate de punctele de trecere ale semnalului prin dreptul trasei centrale (de 50%), în același sens (crescător sau descrescător). Dacă fronturile semnalului sunt prea abrupte, acestea nu se vor vedea în mod analogic. Trecerea osciloscopului în mod digital (apăsarea butonului **ANALOG/DIGITAL**) permite vizibilitatea mai bună a fronturilor.
- Prin acționarea butonului **HORIZONTAL** se aduce evenimentul din stânga (începutul perioadei) în dreptul unui reticul vertical.
- Figura 1.7 prezintă modul de poziționare a semnalului pe osciloscop în vederea măsurării perioadei acestuia.

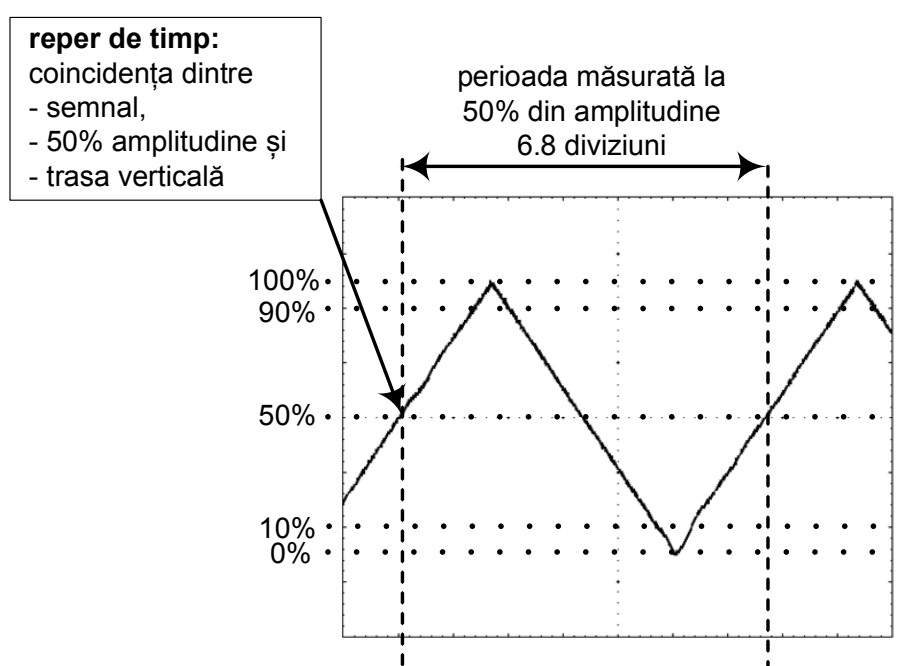


Figura 1.7 Măsurarea perioadei semnalelor digitale.

- Se numără diviziunile întregi (și subdiviziuni), pe orizontală, dintre trasa asociată evenimentului din stânga (începutul perioadei, potrivit pe o trasă verticală) și punctul asociat celui de-al doilea eveniment (sfârșitul perioadei).
- Prin calcul, se convertește numărul de diviziuni citite într-o valoare de timp.

Se poate calcula frecvența semnalului, utilizând relația:

$$f = 1/T \quad (1.4)$$

1.6.2 Măsurarea duratei palierelor și calcularea factorului de umplere

Măsurarea duratei palierelor semnalelor digitale se face (similar cu măsurarea perioadei) la nivelul de 50% din amplitudinea semnalului. Pentru măsurarea duratei palierelor, afișarea semnalului trebuie

pregătită ca pentru măsurarea perioadei. Lățimea impulsului este definită ca fiind intervalul de timp în care semnalul trece prin valoarea de 50% din amplitudine **în sensuri contrare**.

Lățimea palierului de "0" (notată T_l) este definită între momentul trecerii prin 50% în sens crescător și momentul trecerii prin 50% în sens descrescător.

Lățimea palierului de "1" (notată T_h) este definită între momentul trecerii prin 50% în sens descrescător și momentul trecerii prin 50% în sens crescător.

Figura 1.8 prezintă modul de poziționare a semnalului pe osciloscop în vederea măsurării palierului de "1".

Factorul de umplere se poate calcula pe baza perioadei și a lățimii palierului de "1" conform formulei:

$$\delta = \frac{T_l}{T} [\%] \quad (1.5)$$

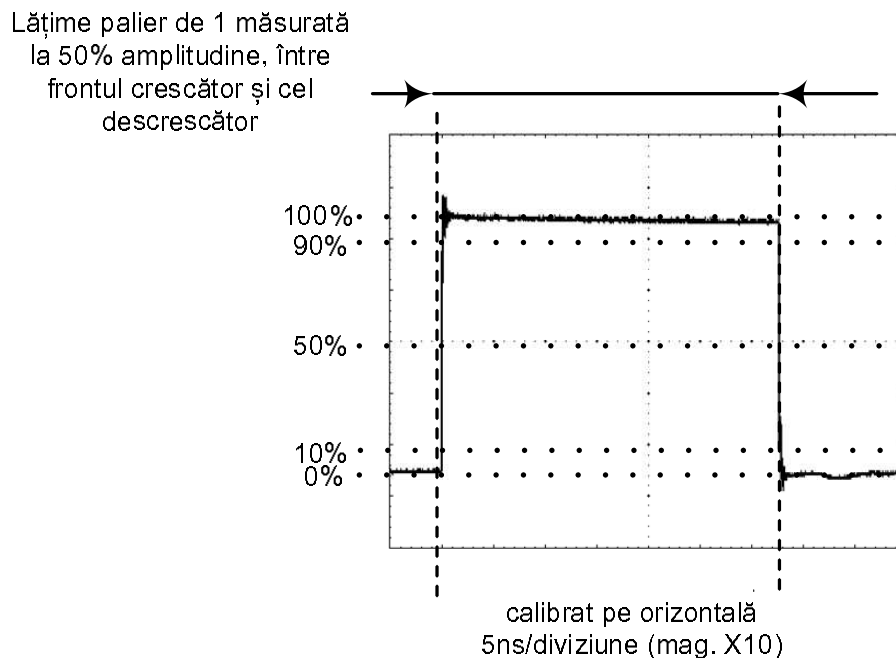


Figura 1.8 Măsurarea duratei palierului de "1" a unui semnal digital.

1.6.3 Măsurarea duratei fronturilor

Semnalele digitale reale nu au timpi de creștere și de cădere nuli. Uneori, semnalele digitale prezintă supracreșteri (depășirea nivelului palierului de "1" la comutare din "0" în "1") sau tranziții foarte lente.

Din acest motiv, măsurarea duratei fronturilor se face între trecerile semnalului prin nivelele de 10% și de 90% din amplitudinea semnalului.

Măsurarea duratei frontului crescător al unui semnal digital se face astfel:

- Se calibrează osciloscopul pe orizontală.
- Se afișează semnalul.

- Din butonul **TIMP/DIV** se ajustează durata afișată a semnalului astfel încât frontul măsurat să încapă pe ecran și între punctele de măsură să fie un număr cât mai mare de diviziuni. Eventual se acționează butonul de magnificare pe orizontală **MAG x10**.
 - Prin acționarea butonului **POSITION** se aduce palierul de "0" pe trasa marcată cu indicația 0%.
 - Se decalibrează osciloscopul pe verticală. Prin reglarea continuă a decalibrării pe verticală, se aduce palierul de "1" pe trasa marcată cu indicația 100%. De remarcat ca supracreșterile pot depăși nivelele de 0% și 100%.
 - Cele două evenimente care marchează frontul crescător al semnalului sunt determinate de punctele de trecere a semnalului prin dreptul trasei de 10% și a celei de 90%, în același sens crescător.
- Cele două evenimente care marchează frontul descrescător al semnalului sunt determinate de punctele de trecere a semnalului prin dreptul trasei de 90% și a celei de 10%, în același sens descrescător.
- Prin acționarea butonului **HORIZONTAL** se aduce evenimentul din stânga (nivelul semnalului la 10% din amplitudine) în dreptul unui reticul vertical.
 - Figura 1.9 prezintă modul de poziționare a semnalului pe osciloscop în vederea măsurării frontului crescător al acestuia.

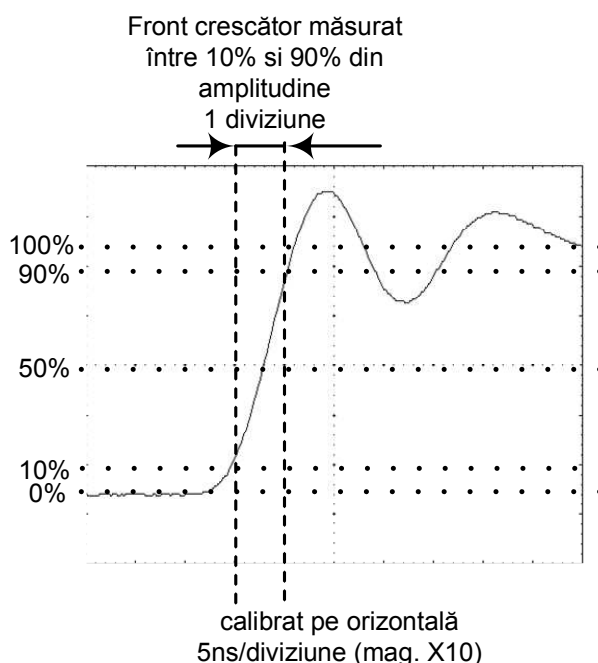


Figura 1.9 Măsurarea frontului crescător al unui semnal digital.

1.6.4 Măsurarea timpilor de propagare

Propagarea semnalelor prin circuitele electronice nu este instantanee. Timpul de propagare, între intrarea și ieșirea unui circuit poate fi măsurat cu osciloscopul folosind două canale ale acestuia. Semnalele de intrare și de ieșire trebuie vizualizate simultan (suprapuse). Măsurarea timpului de

propagare se va face între un front al semnalului de intrare și frontul corespunzător al semnalului de ieșire. Pentru aceasta, vizualizarea semnalelor pe osciloscop trebuie pregătită ca în figura 1.10.

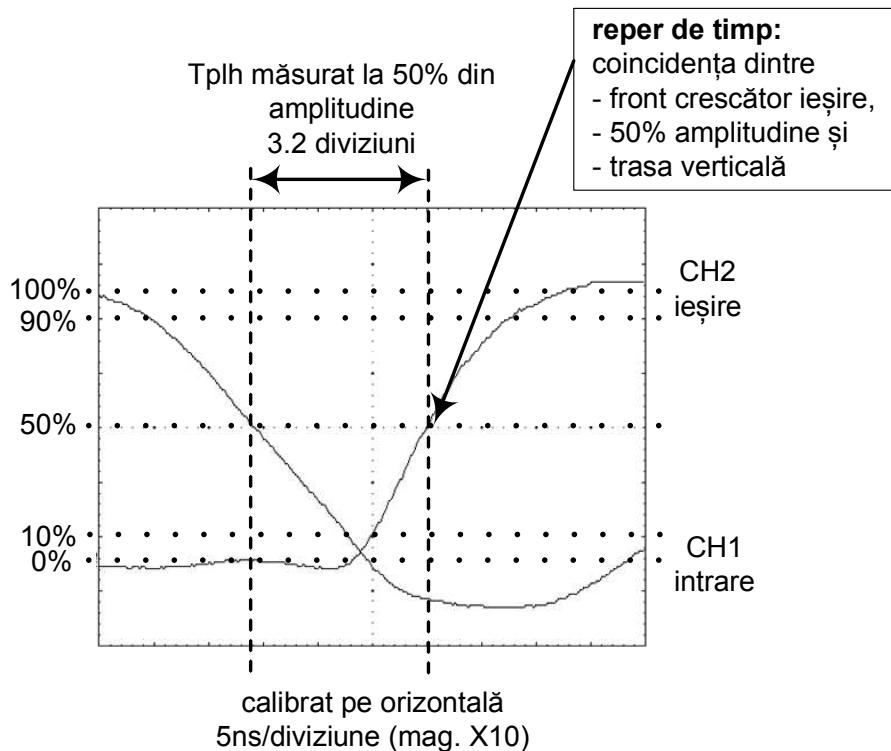


Figura 1.10 Măsurarea timpului de propagare printr-un circuit inversor.

- Semnalele de intrare și de ieșire se potrivesc cu palierele în dreptul reperelor orizontale de 0% și 100%.
- Se calibrează pe orizontală. Prin modificarea bazei de timp și eventuală magnificare pe orizontală se expandează zona de interes (trecerea intrării și a ieșirii prin dreptul nivelului de 50% din amplitudine).
- Prin ajustare pe orizontală, se potrivește primul eveniment (totdeauna asociat semnalului de intrare) în dreptul unui reticul vertical. De la acesta se măsoară pe orizontală numărul de diviziuni până la al doilea eveniment (totdeauna asociat semnalului de ieșire).

Figura 1.10 prezintă cazul semnalelor la intrarea și ieșirea unui circuit inversor. În cazul unui circuit neinversor (poartă AND), măsurarea timpului de propagare se face în mod similar, după cum este prezentat în figura 1.11.

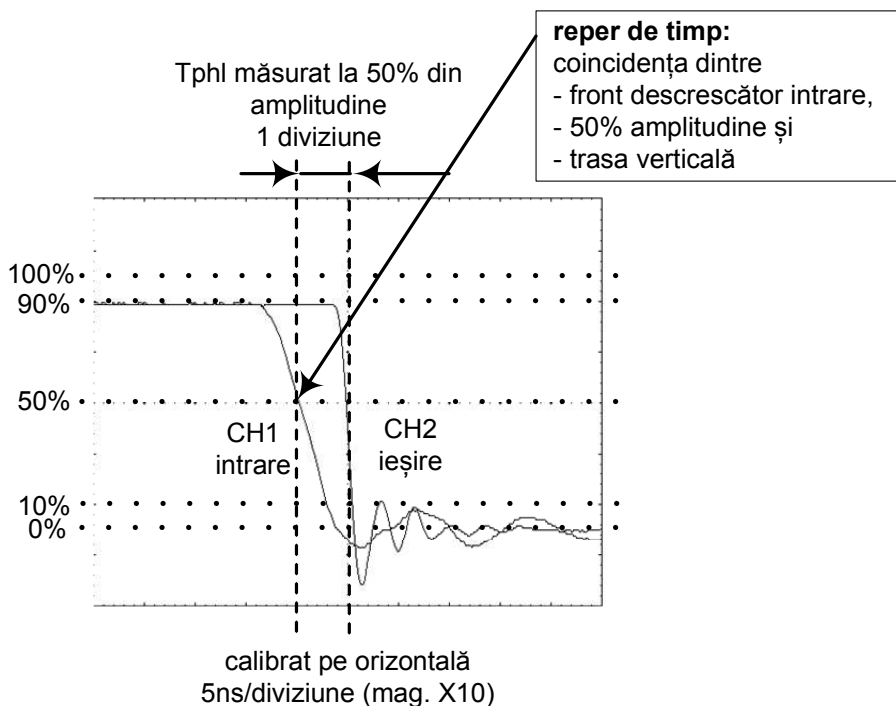


Figura 1.11 Măsurarea timpului de propagare printr-o poartă AND.

1.7 Desfășurarea lucrării

1. **Porniți osciloscopul.** Prin acționarea butonului **ANALOG/DIGITAL** treceți osciloscopul în mod analogic (led aprins verde). Calibrați osciloscopul atât pe orizontală cât și pe verticală (**CH1/VAR Variable Off**, **CH2/VAR Variable Off**, **HOR/VAR A Variable Off**). Atașați sonda de măsură a canalului 1. Remarcați factorul de atenuare al sondelor înscris pe capul acesteia.
2. Vizualizați pe osciloscop doar semnalul de pe canalul 1 (meniul **VERT/XY, CH1**).
3. Vizualizați pe osciloscop semnalul de calibrare al acestuia (generat intern la conectorul **PROBE ADJ**). Nu este necesară conectarea firului de masă deoarece masa este conectată prin interiorul osciloscopului. Verificați forma dreptunghiulară a semnalului de calibrare (în caz că nu apare imaginea, apăsați butonul **AUTOSET**). Desenați forma de undă vizualizată, acordând atenție poziționării relative la nivelul de masă și axei timp.

Verificați amplitudinea nivelelor de "0" și de "1" ale semnalului de calibrare. Pentru a ști unde este reprezentat pe ecran nivelul de referință (potențialul de masă) apăsați meniul **CH1 Ground (GND) On** și fixați-l la o trasă orizontală prin acționarea butonului **POSITION 1**. Apoi reveniți la afișarea semnalului prin apelarea la meniul **CH1 Ground (GND) Off**. Converteți numărul de diviziuni citite într-o valoare de tensiune.

Măsurați amplitudinea semnalului. Corespunde cu cea înscrisă pe osciloscop?

Măsurați nivelele de tensiune și amplitudinea logică prin opțiunile oferite de osciloscop. Apăsați butonul **CURSOR MEASURE**, selectați **Voltage** și apoi plasați cele două cursoare prin rotirea butoanelor **POSITION1/2**. Tensiunea măsurată va fi afișată în partea dreaptă sus ($\Delta V(\text{CH1})=200\text{mV}$).

Osciloscopul HAMEG are o opțiune de calibrare automată apelând meniul **SETTINGS Self Cal**.

4. **Porniți sursa de tensiune continuă.** Conectați o sondă de osciloscop la o ieșire **0 - 30 V** a sursei de tensiune. Activați apariția tensiunii la ieșire prin apăsarea butonului **OUTPUT** al sursei de tensiune. Verificați indicația sursei de tensiune cu valoarea măsurată cu osciloscopul. Asigurați-vă că osciloscopul are canalul în modul **DC** (buton **CH1 DC**). Acordați atenție și corelați numărul de diviziuni citite cu valoarea în Volți a unei diviziuni pe osciloscop. Variați tensiunea de ieșire de la sursă (apăsați butonul **VOLTAGE** și variați tensiunea din butonul rotativ) și faceți câteva măsurători.

Treceți canalul osciloscopului în modul **AC**. Ce observați dacă variați tensiunea continuă de la sursă? Explicați comportamentul.

5. Verificați cu osciloscopul tensiunea generată la ieșirea marcată **5V 2A**.
6. **Porniți generatorul de semnal.** Reglați-l astfel încât să genereze un semnal dreptunghiular cu frecvența de 10KHz și amplitudinea de 5V. Activați apariția semnalului la ieșire prin apăsarea butonului **OUTPUT**. Conectați sonda unui canal al osciloscopului la ieșirea generatorului de semnal. Măsurați perioada și nivelele de tensiune ale palierelor de "0" și de "1". Din generatorul de semnal, variați nivelul offset-ului. Verificați corespondența dintre indicația generatorului de semnal și valoarea măsurată cu osciloscopul.
7. Reglați generatorul de semnal astfel încât offsetul să fie 1V. Vizualizați semnalul cu osciloscopul în **modul DC**. Treceți osciloscopul în **modul AC (CH1 AC)**. Ce observați cu modul în care este afișat semnalul în raport cu nivelul potențialului de referință? Variați lent offsetul semnalului. Cum explicați mișcarea lentă pe verticală a formei de undă reprezentate pe osciloscop? Modul de conectare a intrării se poate stabili prin meniul apărut ca urmare a apăsării butonului **CH1**.
8. Utilizând osciloscopul, măsurați perioada semnalului și determinați frecvența acestuia. Comparați frecvența determinată cu cea afișată de generatorul de semnal. Pentru măsurarea perioadei semnalului, potriviți corect semnalul și luați ca repere trecerile semnalului prin 50% din amplitudine. Setări în meniul **CH1, Variable On** și utilizați butoanele **VOLTS/DIV** și **POSITION 1** pentru a potrivi forma de undă la poziția necesară în dreptul reperelor orizontale de 0% și 100%.
9. Din generatorul de semnal, variați frecvența semnalului și observați cum se modifică forma de undă afișată pe osciloscop. Variați gama de frecvență (10KHz, 1KHz, 100Hz, 10Hz, 1Hz) și observați intensitatea trasei și faptul că la frecvențe mici forma de undă prezintă fluctuații de intensitate. Pentru osciloscop, folosiți setările automate prin apăsarea succesivă a butonului **AUTOSET**. Vizualizați semnale de aceleași frecvențe cu osciloscopul în modul digital.
Din generatorul de semnal, variați offsetul semnalului și observați cum se modifică forma de undă afișată pe osciloscop. Comutați modul de conectare a intrării între **DC** și **AC**, observați și explicați diferențele.
Din generatorul de semnal, variați amplitudinea semnalului și observați cum se modifică forma de undă afișată pe osciloscop. Observați modificările de afișare în raport cu linia de masă. Comutați modul de conectare a intrării între **DC** și **AC**, observați și explicați diferențele.
10. Studiați diferența dintre modurile **alternat** și **choppat** de afișare a semnalelor provenite de la două canale ale osciloscopului. Puneți canalele 1 și 2 la masă **CH1, Ground (GND)**

On, CH2, Ground (GND) On. Rotiți butonul bazei de timp **TIME/DIV** până când trasele punctele devin vizibile (**100ms/div**). Comutați modul de afișare a celor două canale **VERT/XY DUAL alt** sau **VERT/XY DUAL chop**. Observați și explicați modul în care punctul trasei se derulează pe ecran de la stânga la dreapta pentru canalele 1 și 2. Observați afișarea traselor în modul de osciloscop digital. Ca osciloscop digital, nu există decât o opțiune **VERT/XY DUAL**.