

TEMA 1. Aparate electronice utilizate

1. Multimetrul numeric de precizie HM8112-3

A. Prezentare generală

HM8112 este un multimetru digital de precizie, produs de firma Hameg. Aparatul poate măsura curenți și tensiuni, în c.c. sau c.a., rezistențe, frecvențe, perioade, temperaturi și poate testa diodele sau continuitatea. În plus, prin accesarea meniului aparatului, se pot selecta/modifica parametri, prelucra valori măsurate, afișa rezultate sau alte informații. Multimetrul se alimentează de la rețea și poate fi cuplat la un calculator compatibil IBM-PC.

Principalele caracteristici ale multimetrului:

- afișaj de $6\frac{1}{2}$ digiți (numărul maxim afișat este 1999999), cu semn și punct zecimal;
- rezoluția absolută a măsurării este 100nV, 100pA, 100 $\mu\Omega$, respectiv 0,01°C;
- impedanța de intrare a voltmetrului este 10M Ω sau 1G Ω ;
- precizia de bază este 0,003% din valoarea măsurată;
- posibilitatea anulării offsetului;
- prezintă o interfață RS-232, pentru cuplarea instrumentului la un calculator; se pot transmite maxim 100 de măsurări pe secundă.

Elementele de bază ale structurii aparatului sunt convertoarele analog-numerice integrate, a căror funcționare se bazează pe principiul integrării cu mai multe pante. Referința de tensiune (folosită pentru conversie) oferă o tensiune riguros constantă, care asigură stabilitatea funcționării pe termen lung a aparatului. Valorile numerice rezultate în urma conversiei analog-numerice pot fi afișate direct sau se afișează media ultimelor valori măsurate.

Frecvența unei tensiuni variabile se măsoară contorizând fronturile descrescătoare ale acestui semnal, într-o secundă; numărul rezultat este frecvența exprimată în Hz. Pentru determinarea perioadei, se măsoară intervalul de timp dintre două treceri prin zero, consecutive și pe fronturi de același tip, ale tensiunii de intrare. Această măsurare combinată permite determinarea atât a frecvențelor mici cât și a frecvențelor foarte mari, într-un interval rezonabil de timp.

Pentru măsurarea valorii efective (RMS) a tensiunii, se folosește un circuit care convertește tensiunea alternativă de intrare într-o tensiune continuă, proporțională cu valoarea efectivă a tensiunii alternative.

Panoul frontal al aparatului este prezentat în fig.1.1, iar cel din spate – în fig.1.2.

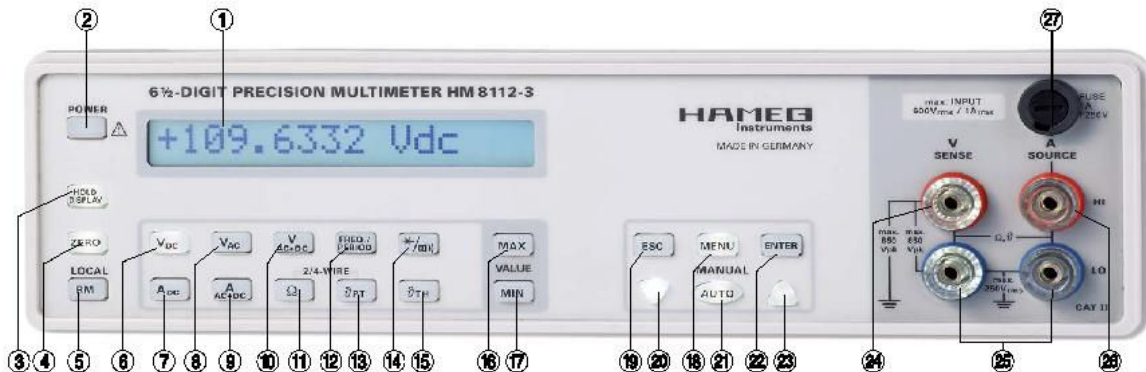


Fig. 1.1. Panoul frontal

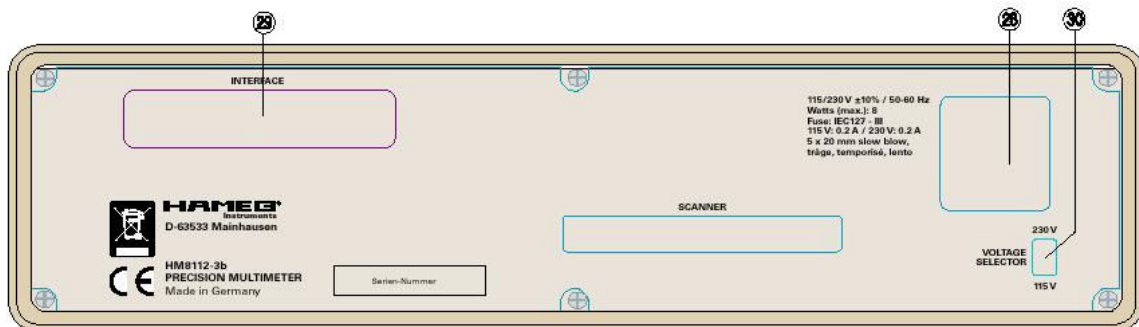


Fig. 1.2. Panoul din spate

Elementele de control ale aparatului, notate de la 1 la 30 în fig.1.1 și 1.2, sunt enumerate mai jos; majoritatea sunt butoane (cele notate cu 2,3,...,23).

1. Afişaj cu 16 celule.
2. POWER – Stand by / ON
3. HOLD DISPLAY – Reţinerea valorii afişate.
4. ZERO – Anularea offsetului secţiunii de măsurare.
5. RM /LOCAL – Revenirea la modul de lucru manual.
6. V_{DC} – Măsurarea tensiunii continue.
7. A_{DC} – Măsurarea curentului continuu.
8. V_{AC} – Măsurarea tensiunii alternative, folosind cuplaj AC.
9. A_{AC+DC} – Măsurarea curentului alternativ, folosind cuplaj DC.

10. V_{AC+DC} – Măsurarea tensiunii alternative, folosind cuplaj DC.
11. Ω – Măsurarea rezistenței (folosind montajul cu 2 sau 4 fire).
12. $FREQ./PERIOD$ – Măsurarea frecvenței / perioadei tensiunii aplicate.
13. $\mathcal{G}PT$ – Măsurarea temperaturii cu o termorezistență.
14. Testarea diodei / Testarea continuității
15. $\mathcal{G}TH$ – Măsurarea temperaturii cu un termocuplu.
16. MAX – Valoarea maximă din timpul unei serii de teste.
17. MIN – Valoarea minimă din timpul unei serii de teste.
18. $MENU$ – Apelarea meniului / Intrarea într-un submeniu / Acceptarea parametrilor introduși.
19. ESC – Ieșirea din meniu, fără acceptarea parametrilor introduși.
20. Săgeată în jos, neinscripționată (Down) – Comutarea la un domeniu inferior de valori / Derularea în jos a meniului.
21. $AUTO$ – Activarea / dezactivarea funcției de selectare automată a domeniului de măsurare.
22. $ENTER$ – Funcție specială de selectare a parametrilor în meniu.
23. Săgeată în sus, neinscripționată (Up) – Comutarea la un domeniu superior de valori / Derularea în sus a meniului.
24. $V SENSE$ – Intrare pentru măsurarea tensiunii, frecvenței, rezistenței, temperaturii.
25. LO – Bornă de masă pentru intrările 24 și 26.
26. $A SOURCE$ – Intrare pentru măsurarea curentului, rezistenței, temperaturii și pentru testarea continuității sau diodei.
27. $FUSE$ – Siguranță fuzibilă (1A/250V).
28. Comutatorul de pe alimentarea aparatului.
29. Mufa interfeței RS-232.
30. Selectorul tensiunii de alimentare (115V sau 230V).

Observații

- Elementele de control notate 1,2,...,27 sunt pe panoul frontal, iar cele notate 28, 29, 30 sunt pe panoul din spate.
- Pentru o anumită funcție realizată de aparat, butoanele și bornele active sunt aprinse.

B. Elemente pentru controlul funcționării

1. DISPLAY – Afișaj LCD cu 16 celule, folosit pentru afișarea rezultatelor măsurărilor și mesajelor meniului.
2. POWER – Buton pentru activarea funcției “Stand by”, când elementele de control și afișajul sunt inactive, aparatul fiind alimentat cu tensiune și pregătit pentru utilizare.
3. HOLD – Prin activarea butonului, se îngheață ultima valoare afișată. Apăsând apoi unul din butoanele 6,7,...,15 sau 18, funcția de memorare dispare.
4. ZERO – Funcția este activă numai pentru măsurarea tensiunii continue, curentului continuu rezistenței și temperaturii și constă în compensarea erorii de zero (offsetului). Cablurile de măsurare se scurtecircuitează (la măsurarea tensiunii sau rezistenței), respectiv se lasă în gol (la măsurarea curentului) și apoi se apasă butonul ZERO; se anulează astfel rezistențele cablurilor, rezistențele și tensiunile de contact etc. Pentru compensarea erorii de zero la măsurarea temperaturii, trebuie parcurși mai mulți pași.
5. LOCAL – La comanda interfeței pentru cuplarea la calculator, aparatul intră în modul de lucru REMOTE (controlul multimetrului de la distanță). Prin apăsarea butonului LOCAL, instrumentul revine la modul manual de lucru.

B1. Butoane pentru funcțiile de măsurare

Butoanele și bornele de intrare, aferente funcției de măsurare realizate, sunt aprinse. Multimetrul poate măsura curenți și tensiuni, rezistențe, frecvențe, perioade, temperaturi și poate testa diode și continuitatea.

a) Măsurarea tensiunii

Bornele de acces pentru măsurarea tensiunilor continue sau alternative sunt cele din fig.1.3. Rezistența de intrare a aparatului este $R_i=10M\Omega$ pentru majoritatea domeniilor de măsurare.

- (6) V_{DC} – Buton pentru măsurarea tensiunilor continue, până la 600V. Pentru o tensiune variabilă, aparatul măsoară valoarea medie.

Selectarea automată a domeniului de măsurare nu se realizează pentru domeniile 100mV și 1V.

Voltage Measurement

⑥ V_{DC}

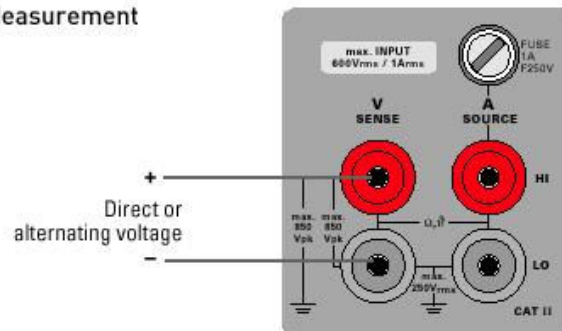


Fig. 1.3

- (8) V_{AC} – Buton pentru măsurarea tensiunilor alternative, până la 600V, folosind cuplajul AC (capacitiv). Aparatul afișează valoarea efectivă (RMS) a componentei variabile.
- (10) V_{AC+DC} – Buton pentru măsurarea tensiunilor alternative, până la 600V, folosind cuplajul DC (direct). Aparatul afișează valoarea efectivă adevărată (RMS) a tensiunii variabile totale (care include și componenta continuă).

b) Măsurarea curentului

Bornele de acces pentru măsurarea curentului continuu sau alternativ sunt cele din fig.1.4, iar butoanele care trebuie activate sunt 7 și 9 (fig.1). Domeniul de măsurare este selectat automat.

Current measurement

⑦ A_{DC}

Direct current measurement. Auto range function up to and including the range 1 A

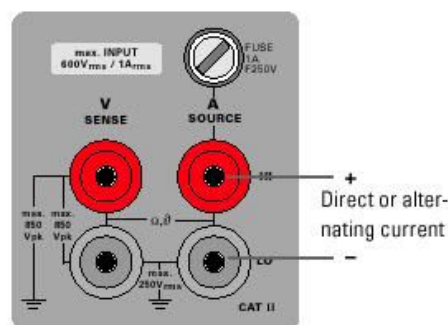


Fig. 1.4

- (7) A_{DC} – Buton care se activează pentru măsurarea curentului continuu. Pentru un curent variabil, se afișează valoarea medie.

- (9) A_{AC+DC} – Buton care se activează pentru măsurarea curentului alternativ, folosind cuplajul DC. Aparatul afișează valoarea efectivă adevărată (RMS) a curentului variabil total (care include și componenta continuă).

c) Măsurarea rezistenței

- (11) Ω – Prin apăsarea repetată a butonului 11 se selectează măsurarea cu 2 fire (când se afișează 2w în dreapta unității de măsură) sau cu 4 fire (când se afișează 4w) a unei rezistențe. Schema de principiu a montajului de măsurare cu 2 fire este cea din fig.1.5, iar pentru 4 fire este cea din fig.1.6.

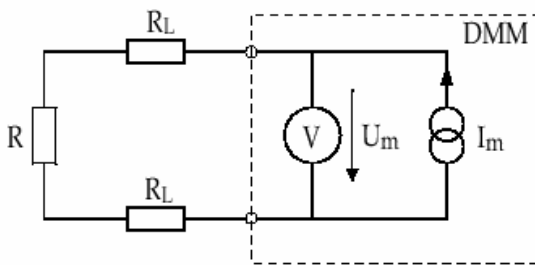


Fig.1.5

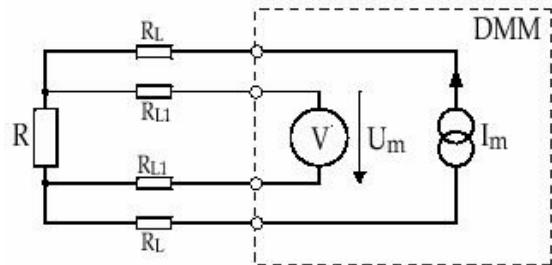


Fig.1.6

Bornele de intrare la măsurarea cu 2 fire sunt 25 și 26 (fig.1.7), respectiv 24, 25 și 26 – la măsurarea cu 4 fire (fig.1.8).

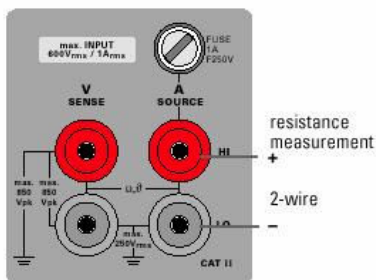


Fig.1.7

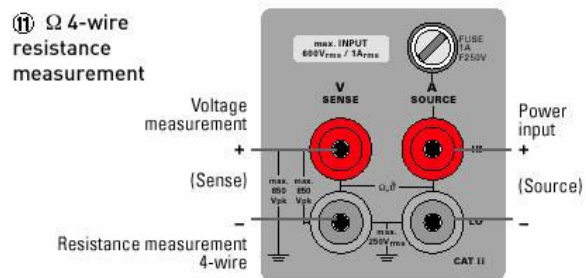


Fig.1.8

d) Măsurarea frecvenței și perioadei

Prin apăsarea repetată a butonului (12) $FREQ./PERIOD$, se selectează mărimea măsurată: frecvența sau perioada tensiunii aplicate multimetrului, la bornele de intrare 24 și 25. La măsurarea unei tensiuni continue se afișează “0Hz” pentru frecvență, respectiv “INF” pentru

perioadă (perioada este infinită). La măsurarea frecvenței și perioadei, nu se selectează automat domeniul de măsurare.

e) Măsurarea temperaturii

- Prin apăsarea repetată a butonului (13) $\mathcal{G}PT$, se selectează măsurarea temperaturii cu o termorezistență, folosind 2 fire sau 4 fire; varianta adoptată este identificată pe display cu 2w, respectiv 4w. Bornele de intrare sunt aceleași ca la măsurarea rezistenței cu 2 sau 4 fire.
- Butonul pentru activarea funcției de măsurare a temperaturii cu termocuplul este (15) $\mathcal{G}TH$, iar bornele de acces sunt cele folosite pentru măsurarea unei tensiuni continue (cu domeniul 100mV și polaritățile din fig.3).
- Pentru măsurări exacte, se impune, mai întâi, anularea ofsetului (rezistență – pentru termorezistență, respectiv tensiune – pentru termocuplu) prin activarea butonului ZERO, după parcurgerea anumitor pași.

f) Testarea diodelor și continuității

Prin apăsarea repetată a butonului 14, se trece de la testarea diodei la testul de continuitate sau invers. Bornele de intrare (pentru ambele funcții) sunt cele marcate în fig.1.9, cu *Continuity test*.

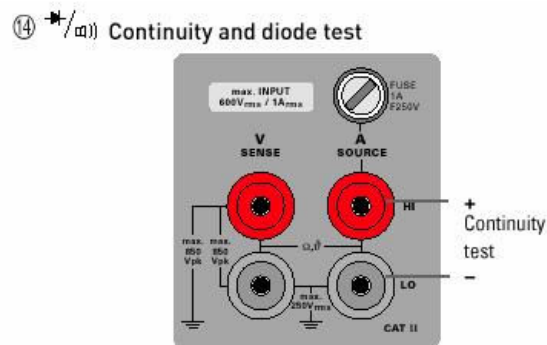


Fig.1.9

- La testarea continuității (funcție identificată pe display cu “C”) apare o atenționare sonoră când rezistența dintre bornele de intrare este în domeniul 0...10Ω (scurtcircuit).

- Pentru testarea diodei (funcție identificată pe display cu “D”) se injectează prin dispozitiv un curent constant de 1mA. Aparatul afișează tensiunea continuă la bornele diodei; dacă această tensiune depășește 1,2V, se afișează “Overflow V_{dcD} ” (depășirea tensiunii).

B2. Butoane pentru valoare minimă sau maximă

Prin activarea butoanelor (16) MAX sau (17) MIN, se afișează valoarea maximă, respectiv minimă dintr-un set de valori măsurate într-un interval de timp (delimitat prin meniu), în care multimetrul are aceeași funcție. Butonul pentru valoare minimă / maximă este activ când este aprins.

B3. Butoane pentru selecția domeniului de măsurare

Domeniul de măsurare al aparatului poate fi selectat manual sau automat:

- *manual*, prin activarea butoanelor 20 (pentru trecerea la un domeniu inferior de valori) sau 23 (pentru trecerea la un domeniu superior de valori);
- *automat*, prin activarea butonului (21) **AUTO**, pentru măsurarea tensiunilor, curenților sau rezistențelor.

Dacă valoarea mărimii măsurate depășește domeniul, apare afișat “Overflow”. Pentru trecerea de la modul manual la cel automat, este suficientă activarea unuia din butoanele 20 sau 23.

C. Structura meniului

- Indiferent de funcția realizată la un moment dat, se poate intra în meniu prin apăsarea butonului (18) **MENU**. În cadrul meniului, fiecare buton care poate fi utilizat este iluminat.
- Pentru desfășurarea meniului se apasă butoanele 20 și 23; se intră în submeniul operației selectate apăsând **MENU**.
- Prin apăsarea butonului (19) **ESC**, se iese din meniu și se revine la ultima funcție a aparatului, fără acceptarea (validarea) parametrilor introduși.
- Butonul (22) **ENTER** permite afișarea următoarei valori (dintr-o serie de valori măsurate) în submeniul *Logger*.
- Funcțiile meniului (enumerare mai jos) au fiecare un submeniu propriu.
 - 0:Time - stabilește intervalul de timp dintre două măsurări succesive;

- 1:Filter - selectează numărul de valori necesare pentru mediere;
 - 2:Temp - stabilește unitatea de măsură pentru temperatură;
 - 3:Sensor - selectează senzorul de temperatură utilizat;
 - Comp - pentru măsurarea temperaturii cu termocuplul, se impune asigurarea unei temperaturi de referință, pentru care există 3 variante;
 - 4:Info - afișează informații despre instrument (versiunea software, numărul serial, data ultimei calibrări);
 - 5:Mathematics - realizează compararea valorilor măsurate cu două valori extreme și permite setarea offsetului;
 - 6:Logger - permite memorarea și afișarea unei serii de măsurători;
 - 7:com - permite alegerea ratei de transmisie a datelor prin intermediul interfeței RS-232;
 - 8:Cal - submeniul poate fi accesat numai pe baza parolei;
 - 9:Mux - se folosește pentru dezvoltări ulterioare ale echipamentului de măsurare.
- Pentru validarea modificării parametrilor unui submeniu se activează tot butonul **MENU**.

D. Borne de intrare

Pentru fiecare funcție a aparatului, bornele de intrare adecvate sunt iluminate.

- (24) **V/SENSE** este borna de intrare pentru măsurarea tensiunilor, frecvenței, rezistenței (în montaj cu 4 fire), temperaturii (folosind un termocuplu sau folosind o termorezistență și un montaj cu 4 fire).
- (26) **A/SOURCE** este borna de intrare pentru măsurarea curentului, rezistenței (în montaj cu 2 sau 4 fire), temperaturii (folosind o termorezistență și un montaj cu 2 sau 4 fire) și pentru testarea continuității sau diodelor.
- (25) **LOW** este bornă de referință pentru toate măsurătorile.
- (29) **INTERFACE** este mufa interfeței RS-232 prin intermediul căreia multimetrul poate primi și transmite date la un calculator IBM-PC, cu care este conectat printr-un cablu special. Borna 29 este pe panoul din spate al aparatului (fig.1.2).

E. Controlul de la distanță

Instrumentul este programat de un calculator compatibil IBM-PC, care selectează funcția și domeniul de măsurare și citește valorile măsurate. O comandă transmisă multimetrului constă în 5 caractere ASCII, care pot fi cifre (0...9), litere (A...F), CR sau LF. Semnificațiile caracterelor unei comenzi sunt următoarele:

1. Caracter 0
2. Caracter care selectează categoria comenzii: 0, 1, 2 sau E.
3. Caracter care selectează funcția: 0...F.
4. Caracter care selectează parametrul: 0...F.
5. Caracter final: CR sau LF.

2. Generatorul de funcții Wavetek

A. Prezentarea aparatului

Pentru generarea unor semnale variabile în timp, cu diferite forme de undă, frecvențe și valori vârf la vârf, în lucrările de laborator se folosește un generator de funcții Wavetek Model 19, cu frecvența maximă 2MHz. Panoul frontal al aparatului este reprezentat schematic în fig.2.1. Aparatul poate genera semnale periodice sinusoidale, dreptunghiulare sau triunghiulare, semnale dreptunghiulare compatibile TTL/MOS, semnale modulate în amplitudine sau semnale cu frecvență variabilă (comandată în tensiune).



Fig. 2.1

Pornirea generatorului de funcții se realizează prin trecerea comutatorului ON/OFF (situat în spatele aparatului) pe poziția ON. Butoanele, comutatoarele și bornele de pe panoul frontal sunt grupate (în funcție de rolul lor) în categorii care se referă la funcția aparatului, ieșirea principală, ieșirea auxiliară, frecvență, factorul de umplere, tensiunea de offset, afișare, modulația în amplitudine, baleierea frecvenței

a) Funcția (FUNCTION)

Forma de undă a semnalului generat la ieșirea principală (MAIN OUT) se selectează din trei butoane. Aparatul poate genera semnal sinusoidal, dreptunghiular sau triunghiular, prin apăsarea butonului notat cu forma de undă respectivă.

b) Ieșirea principală (MAIN OUT)

Forma semnalului generat la ieșirea principală este selectată din butoanele asociate funcției aparatului (FUNCTION). Când toate cele trei butoane sunt neapăsate, tensiunea generată la ieșirea principală este continuă, de nivel reglabil (din butonul DC OFFSET). Ieșirea respectivă este prevăzută cu o mufă BNC, impedanța de ieșire a generatorului la această bornă fiind 50 Ω. Semnalul variabil generat la ieșirea principală are frecvența, amplitudinea vârf la vârf, factorul de umplere și tensiunea de offset reglabile.

Ajustarea amplitudinii vârf la vârf a semnalului de ieșire se realizează

- prin reglaj brut, din butonul (cu două poziții) ATTENUATOR,
- prin reglaj fin, din butonul rotativ AMPLITUDE.

Când butonul ATTENUATOR nu este apăsător, amplitudinea vârf la vârf se poate regla continuu, de la 175 mV până la 20 V, din butonul rotativ AMPLITUDE. Pentru o anumită poziție a butonului rotativ, apăsând butonul ATTENUATOR se obține o reducere de 10 ori a valorii vârf la vârf a semnalului generat la ieșirea principală, adică o atenuare de 20dB:

$$20 \lg \frac{U_{o,v-v}}{U_{i,v-v}} = -20 \text{dB} \text{ rezultând } U_{o,v-v} = \frac{1}{10} U_{i,v-v} ;$$

$U_{o,v-v}$ este tensiunea generată de aparat când butonul ATTENUATOR este apăsător, iar $U_{i,v-v}$ este tensiunea de ieșire când același buton nu este apăsător.

Astfel, din cele două butoane (ATTENUATOR și AMPLITUDE), se poate regla o amplitudine vârf la vârf între 17,5 mV și 20 V.

c) Ieșirea secundară (AUX OUT)

Aparatul generează la această ieșire un semnal numeric (tren de impulsuri dreptunghiulare) compatibil TTL și CMOS, prezentând niveluri fixe de tensiune ($U_{OL}=0$ V și $U_{OH}\cong +5$ V), frecvența reglabilă și factorul de umplere reglabil. Ieșirea este prevăzută cu o mufă BNC și poate comanda o poartă CMOS sau 4 porți TTL standard.

d) Frecvența (FREQUENCY (START), FREQUENCY RANGE)

Selectarea frecvenței dorite a semnalelor generate de aparat la ieșirile MAIN OUT și AUX OUT se asigură

- prin reglaj brut, de la 7 butoane multiplicatoare de frecvență (FREQUENCY RANGE),
- prin reglaj fin, de la butonul rotativ (FREQUENCY (START)).

Apăsând un buton pentru reglaj brut, se selectează un domeniu de frecvență a cărui valoare maximă aproximativă (exprimată în Hz, kHz sau MHz) este notată în dreptul butonului respectiv. Cu fiecare buton apăsător se poate regla continuu frecvența, din butonul rotativ, de la o valoare minimă (apropiată de zero și dependentă de butonul apăsător) până la o valoare maximă (cu puțin mai mare decât limita maximă a domeniului de frecvențe selectat). Precizia cu care se poate stabili frecvența dorită depinde de domeniul de frecvențe selectat.

Exemple

- Cu butonul 2 apăsător, frecvența poate fi reglată continuu în domeniul 0,02 Hz ... 2,20 Hz.
- Cu butonul 2k apăsător, frecvența poate fi reglată continuu în domeniul 1,589 Hz ... 2,02 kHz.
- Cu butonul 200k apăsător, frecvența poate fi reglată continuu în domeniul 168 Hz ... 211 kHz.

Frecvența crește liniar când butonul pentru reglaj fin se rotește între pozițiile .2 și 2.0.

Prin apăsarea comutatorului SYM (1/10), frecvența stabilită anterior se divide cu aproximativ 10 și se poate regla factorul de umplere al semnalelor generate la ieșirile principală și auxiliară.

O anumită valoare a frecvenței poate fi reglată comod și cu finețe, numai dacă se apasă comutatorul cu valoarea imediat superioară. De exemplu, pentru generarea unei tensiuni de 1,82 kHz, se apasă butonul 2k și, apoi, se reglează, fin, valoarea dorită din butonul rotativ.

e) Factorul de umplere (SYMMETRY)

Factorul de umplere F al semnalelor generate la ieșirile principală și auxiliară poate fi reglat continuu, liniar, de la o valoare minimă ($F \cong 1/10$) până la o valoare maximă ($F \cong 9/10$), din butonul SYMMETRY, cu condiția ca butonul SYM să fie apăsat. Acest reglaj se referă numai la formele de undă dreptunghiulară și triunghiulară. În pozițiile extreme se obțin semnale în formă de dinți de ferăstrău, iar în poziția centrală factorul de umplere este $1/2$.

f) Tensiunea de offset (DC OFFSET)

Din butonul DC OFFSET, se poate regla, continuu, nivelul tensiunii de offset (numită și tensiune de referință) la ieșirea principală. Poziției centrale (notate cu 0) a butonului îi corespunde o valoare aproximativ nulă a tensiunii de offset. Când comutatoarele pentru selectarea funcției nu sunt apăstate, se reglează nivelul tensiunii continue la ieșirea principală, în domeniul $-10\text{ V} \dots +10\text{ V}$, din butonul DC OFFSET.

g) Afișare (Display Select)

Aparatul are un afișaj cu cristale lichide, de $3 \frac{1}{2}$ digiți (numărul maxim afișat este 1999, cu poziția virgulei dependentă de domeniul de măsurare).

La fiecare apăsare a push-butonului DISPLAY SELECT, se schimbă mărimea afișată pe display-ul aparatului. Cele trei mărimi care pot fi afișate, la trei apăsări succesive ale acestui buton, sunt următoarele:

1. frecvența generată la ieșirile principală și auxiliară, exprimată în Hz, kHz sau MHz; precizia cu care se poate stabili o anumită valoare depinde de domeniul de măsurare;
2. amplitudinea vârf la vârf (exprimată în volți) a tensiunii generate la ieșirea principală (fig.2.2); exemple: 7.23 V_{p-p} , 15.0 V_{p-p} ;
3. nivelul tensiunii de offset la ieșirea principală, exprimat în volți (fig.2.3); exemple: 10.4^{DC} , 5.8^{DC} .

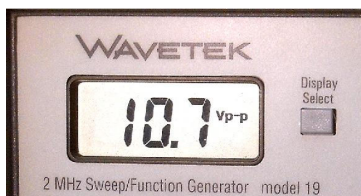


Fig. 2.2

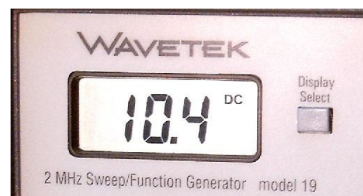


Fig. 2.3

h) Modulația în amplitudine (AMPLITUDE MODULATION)

Modulația în amplitudine (AM) se activează prin apăsarea butonului ON/OFF și se referă la semnalul generat la ieșirea principală. Reglajul continuu al modulației în amplitudine se realizează de la butonul rotativ asociat acestei funcții a aparatului. Sursa de modulație (semnalul care modulează) este o tensiune sinusoidală internă (dacă nu este apăsat butonul EXT/IN) sau un semnal extern (sinusoidal sau dreptunghiular, cuplat în c.a. sau cu tensiune de offset zero), aplicat la borna AM/SWEEP IN (când butonul EXT/IN este apăsat); această bornă de intrare este prevăzută cu mufă BNC.

i) Baleiajul frecvenței (SWEEP)

Modul de lucru cu baleierea frecvenței se activează prin tragerea butonului RATE. În acest mod de lucru, generatorul de funcții însumează tensiunea de control (aplicată la borna AM/SWEEP IN) cu tensiunea generată intern. Frecvența semnalului rezultat la ieșirea principală este afișată dacă display-ul aparatului este setat corespunzător. Crescând tensiunea de intrare pozitivă, crește domeniul de valori ale frecvenței semnalului rezultat. Scăzând modulul tensiunii negative de comandă, scade și domeniul de valori ale frecvenței. Butoanele SET START, SET STOP, STOP permit reținerea frecvențelor limită și controlul modului de creștere a frecvenței. La borna de ieșire SWEEP OUT (prevăzută cu mufă BNC), se generează o tensiune liniar crescătoare cu care se comandă deflexia pe orizontală la un osciloscop.

B. Moduri de utilizare

Generatorul de funcții Wavetek este utilizat pentru generarea unor tensiuni periodice sinusoidale, dreptunghiulare sau triunghiulare, cu frecvență, amplitudine vârf la vârf și factor de umplere reglabile. În aceste condiții,

- butonul ON (de la AMPLITUDE MODULATION) trebuie să nu fie apăsat,
- butonul RATE (de la SWEEP) nu trebuie să fie tras,
- semnalul generat de aparat se preia de la borna MAIN OUT sau de la borna AUX OUT, folosind o sondă de osciloscop.

B1. Pentru *generarea unei tensiuni sinusoidale, dreptunghiulare sau triunghiular, cu o anumită valoare vârf la vârf și, eventual, factor de umplere, cu frecvența fixă sau reglabilă*, se procedează astfel:

- se conectează sonda de măsurare, la borna MAIN OUT;
- se selectează forma de undă dorită, prin apăsarea unuia din butoanele FUNCTION;
- prin apăsări succesive ale butonului Display Select, se selectează frecvența ca mărime afișată;
- din butoanele FREQUENCY (START) și FREQUENCY RANGE, se reglează frecvența sau se stabilește o valoare dorită, urmărind afișajul aparatului;
- prin apăsări succesive ale butonului Display Select, se selectează amplitudinea vârf la vârf ca mărime afișată;
- din butoanele AMPLITUDE și ATTENUATOR, se stabilește valoarea dorită pentru amplitudinea vârf la vârf, urmărind afișajul aparatului;
- dacă tensiunea de offset a semnalului generat trebuie să fie zero, butonul DC OFFSET trebuie adus în poziția mediană, notată cu 0; o valoare nenulă a tensiunii de offset se stabilește din butonul DC OFFSET și se urmărește pe afișajul aparatului, după ce s-a selectat tensiunea de offset ca mărime afișată;
- dacă semnalul generat este dreptunghiular sau triunghiular, un factor de umplere diferit de 1/2 se stabilește din butonul SYMMETRY (cu condiția ca butonul SYM să fie apăsat), vizualizând forma de undă a tensiunii pe ecranul unui osciloscop; de reținut că, prin activarea butonului SYM, frecvența scade de 10 ori.

B2. Pentru *generarea unei tensiuni dreptunghiulare, compatibile TTL/CMOS, cu un anumit factor de umplere și frecvența fixă sau reglabilă*, se procedează astfel:

- se conectează sonda de măsurare, la borna AUX OUT;
- prin apăsări succesive ale butonului Display Select, se selectează frecvența ca mărime afișată;
- din butoanele FREQUENCY (START) și FREQUENCY RANGE, se reglează frecvența sau se stabilește o valoare dorită, urmărind afișajul aparatului;
- pentru stabilirea unui factor de umplere diferit de 1/2, se procedează ca la punctul A.

3. Osciloscopul numeric Tektronix TDS 1012B

A. Prezentare generală

- Osciloscopul numeric Tektronix TDS 1012B are următoarele caracteristici:
 - a) 2 canale (CH1 și CH2) și display monocrom;
 - b) banda de frecvențe (a semnalelor aplicate) 100MHz;
 - c) rata de eșantionare 1GS/s (adică 10^9 eșantioane culese într-o secundă);
 - d) posibilitatea cuplării la un calculator sau imprimantă.

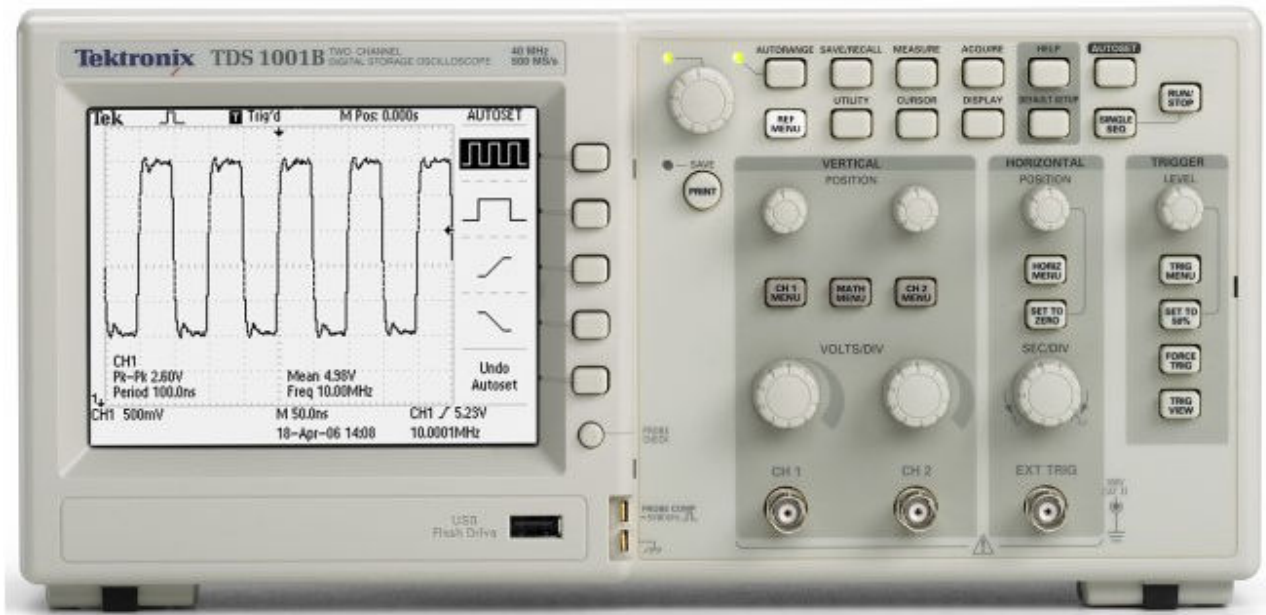


Fig. 3.1

Panoul frontal al unui osciloscop numeric din aceeași familie (TDS 1001B) este prezentat în fig.3.1.

- Pentru pornirea osciloscopului, se apasă butonul plasat pe partea superioară a aparatului, în stânga.
- Sondele conectate la osciloscop sunt pasive, de tensiune, pot fi compensate în frecvență și fiecare poate fi cu sau fără atenuare (adică 10:1 sau 1:1). Tipul sondei este stabilit prin

poziția (1x sau 10x) a selectorului din capul de măsurare, iar compensarea în frecvență se realizează reglând (cu șurubelnița) capacitatea condensatorului variabil conectat în apropierea mufei BNC a sondei (sau în corpul capului de măsurare).

- Butoanele de selecție/reglaj de pe panoul frontal sunt grupate în următoarele categorii:
 - a) butoane pentru opțiuni, situate în imediata vecinătate a display-ului, în dreapta acestuia, netichetate;
 - b) VERTICAL – butoane pentru reglaje pe verticală, pentru CH1 și CH2 (reglaje independente sau comune);
 - c) HORIZONTAL – butoane pentru reglaje pe orizontală;
 - d) TRIGGER – butoane pentru declanșarea bazei de timp;
 - e) Butoane pentru meniu și control, situate în partea dreaptă-sus a panoului frontal al aparatului.
- În meniul fiecărui canal, este precizată atenuarea sondei de tensiune. Atenuarea este aleasă dintre 7 variante posibile: 1x, 10x, 20x, 50x, 100x, 500x, 1000x.

Exemplu: Dacă este selectată atenuarea 10x, atunci osciloscopul afișează un nivel de tensiune de 10 ori mai mare decât cel al tensiunii aplicate la borna de intrare.

Observație : Pentru afișarea valorii reale a tensiunii aplicate capului de măsurare, se impune asigurarea unei concordanțe între tipul sondei și atenuarea adoptată în meniul canalului respectiv (vezi tabelul de mai jos).

<i>Valoarea reală a tensiunii</i>	<i>Tipul sondei</i>	<i>Meniul canalului</i>	<i>Valoarea afișată</i>
5V	1x	1x	5V
	10x	1x	0,5V
	1x	10x	50V
	10x	10x	5V

B. Verificarea sondei

- Sonda de la CH1 se conectează la pinul PROBE COMP; apoi se apasă butonul PROBE CHECK. Dacă sonda este corect conectată și dacă există concordanță între tipul sondei și atenuarea setată în meniu, aparatul afișează mesajul *Probe check on CH1 PASSED*. În caz contrar, se afișează un mesaj care te îndrumă pentru remedierea situației. Se procedează la fel și pentru sonda de la canalul CH2.

- Compensarea corectă în frecvență a sondei se vede vizualizând trenul de impulsuri dreptunghiulare generate de aparat. Dacă semnalul apare deformat, datorită supracompensării sau subcompensării sondei, se ajustează (cu șurubelnița) valoarea capacității variabile conectate în vecinătatea mufei BNC a sondei.

C. Verificarea funcționării osciloscopului

- Sonda (verificată anterior) se conectează la ieșirea PROBE COMP, unde aparatul furnizează un tren de impulsuri dreptunghiulare de tensiune, cu valoarea vârf la vârf 5V și frecvența 1kHz.
- Se apasă butonul AUTOSET și se citesc apoi caracteristicile semnalului afișat (provenit de la canalul la care este conectată sonda), care trebuie să fie foarte apropiate de cele cunoscute. Dacă valoarea vârf la vârf a tensiunii este diferită de 5V, se recomandă verificarea compensării corecte în frecvență a sondei.
- Se procedează similar pentru ambele canale ale osciloscopului.

D. Informațiile din zona de afișare

Ecranul osciloscopului conține zona de afișare a semnalelor (în care apare caroiajul pentru delimitarea diviziunilor) și zona de meniu (în care pot fi făcute diverse setări). Deasupra și sub cele două zone sunt afișate diferite informații despre semnale și modul de funcționare al aparatului.

În fig.3.2 sunt numerotate toate informațiile care însoțesc formele de undă, iar descrierea acestor informații este dată mai jos.

1. Reprezentare simbolică pentru modul de achiziție utilizat: cu eșantionare, cu detectarea valorii de vârf, cu mediere. Selectarea modului de achiziție se realizează după apăsarea butonului ACQUIRE.
2. Modul de declanșare – pentru care sunt 7 posibilități.
3. Marker care indică poziția ordonatei comune sistemelor de axe ale celor 2 canale.
4. *M Pos* – indică poziția (în μs , în fig.1) a verticalei (marcată cu subdiviziuni) de la mijlocul ecranului, față de ordonata sistemelor de axe (în fig.1, *M Pos* : $-130.0\mu s$).
5. Marker care indică nivelul de referință pentru declanșare (TRIGGER).

6. Markeri pentru abscisele sistemelor de axe (nivelurile 0V) ale celor 2 tensiuni în funcție de timp, reprezentate pe ecran.

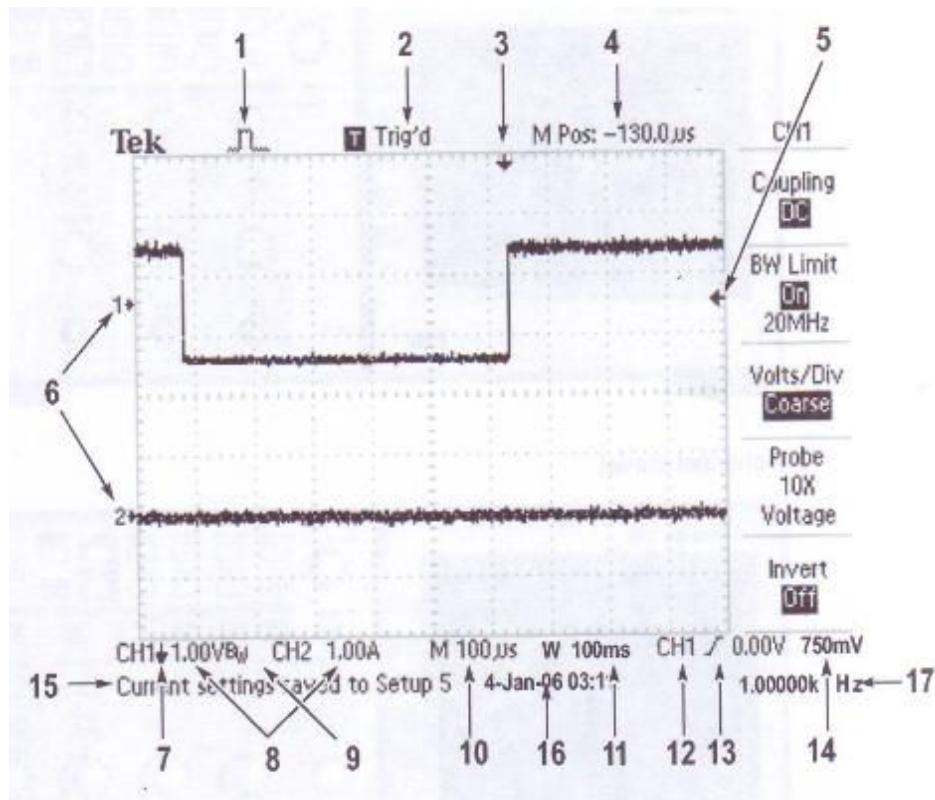


Fig. 3.2

7. Săgeată în jos - care apare numai când se reprezintă inversată tensiunea aplicată la canalul respectiv.
8. Factorii de scară pe verticală pentru canalele CH1 și CH2.
9. Notația B_W indică o bandă de frecvență limitată la 20MHz pentru canalul respectiv.
10. Baza de timp (factorul de scară pe orizontală), comună ambelor canale (în fig.1, $M 100\mu s$).
11. Baza de timp (factorul de scară pe orizontală) pentru fereastră (W), dacă aceasta există.
12. Canalul al cărui semnal este folosit ca sursă pentru declanșarea bazei de timp.
13. Icon pentru indicarea modului de declanșare: pe front crescător, pe front descrescător, pe baza impulsurilor pozitive, pe baza impulsurilor negative etc.
14. Nivelul de declanșare (sau de referință), reglat din butonul LEVEL.

15. Mesaj (afișat uneori numai 3 secunde) care conține informații suplimentare, recomandă pașii de urmat etc.
16. Data și ora la care se efectuează măsurătorile.
17. Frecvența tensiunii de la canalul folosit ca sursă pentru declanșare (*Source* în meniul *Trigger*).

Interfața aparatului cu utilizatorul a fost proiectată pentru accesul comod la funcțiile specializate, folosind structura meniului.

- Când se apasă un buton dintre cele pentru meniu și control (situate în partea dreaptă-sus), aparatul afișează meniul corespunzător. Pentru schimbarea unei opțiuni, se apasă butonul neetichetat din dreapta, asociat opțiunii respective.
- Pentru unele meniuri (de exemplu TRIGGER), prin apăsarea butonului de sus (*Type*) se schimbă submeniul.
- Sunt meniuri (de exemplu HELP) pentru care apare un mesaj (la baza zonei de afișare) prin care se recomandă folosirea butonului multifuncțional (multipurpose Knob) pentru selectarea unei opțiuni. Acest buton este situat la mijlocul panoului frontal, sus, iar când este activ, se aprinde LED-ul asociat lui.

E. Butoane pentru reglaje pe verticală (VERTICAL)

Butoanele folosite în acest scop sunt prezentate în continuare.

- Câte un buton rotativ, cu reglaj continuu (POSITION), pentru fiecare canal, folosit pentru translatarea formei de undă pe verticala ecranului.
- Câte un buton rotativ, cu reglaj în trepte (VOLTS/DIV), pentru fiecare canal, folosit pentru reglajul (brut sau fin) al factorului de scară pe verticală, pe modul manual. Pentru reglajul brut, se selectează *Coarse* la *Volts/Div* în meniul canalului, iar pentru reglajul fin se selectează *Fine* la aceeași opțiune.
- Două pushbutoane (CH1 MENU, CH2 MENU) pentru afișarea meniului corespunzător reglajelor pe verticală.

După intrarea în meniul canalului, se selectează

- modul de cuplare (*Coupling*) a tensiunii aplicate, pentru care există 3 variante: *DC* (cuplaj direct), *AC* (cuplaj capacitiv) și *Ground* (se anulează tensiunea de intrare);
- banda de frecvență a tensiunii de intrare (*BW Limit*), care poate fi limitată la 20MHz (*On*), sau nu există această limitare (*Off*);
- reglajul fin (*Fine*) sau brut (*Coarse*) al factorului de scară pe verticală (*Volts/Div*);
- atenuarea sondei de tensiune (*Probe*), pentru care se intră într-un submeniu;
- vizualizarea semnalului normal (*Invert Off*) sau inversat (*Invert On*).

Observație: Când este afișat meniul pentru CH1, la apăsări succesive ale pushbutonului CH1 MENU, dispare/apare semnalul aplicat la canalul respectiv.

- Un pushbuton (MATH MENU), utilizat pentru afișarea meniului pentru operații matematice cu forme de undă.

F. Butoane pentru reglaje pe orizontală (HORIZONTAL)

Aceste reglaje sunt comune ambelor canale.

- Un buton rotativ, cu reglaj continuu (POSITION), pentru translatarea formelor de undă pe orizontala ecranului.
- Un pushbuton (HORIZ MENU) pentru afișarea meniului corespunzător reglajelor pe orizontală.

Pentru vizualizarea unei ferestre din întreaga imagine se procedează astfel:

- Se apasă butonul HORIZ MENU și se activează *WindowZone*.
- Din butonul SEC/DIV se stabilește lățimea ferestrei care trebuie vizualizată, iar din HORIZ POSITION se translatează fereastra pe orizontală.
- Se selectează *Window* pentru a vizualiza fereastra respectivă, a cărei lățime este afișată la baza ecranului (fiind notată cu *W*).
- Se revine la vizualizarea întregii imagini selectând *Main* în meniu.
- Un pushbuton (SET TO ZERO) pentru setarea poziției orizontale la zero (ordonata sistemului de axe la mijlocul ecranului). Astfel, markerul 3 este adus la mijlocul ecranului.
- Un buton rotativ, cu reglaj în trepte (SEC/DIV), pentru reglajul factorului de scară pe orizontală.

G. Butoane pentru reglaje folosite la declanșarea bazei de timp (TRIGGER)

Aceste reglaje sunt comune ambelor canale și se realizează din butoanele de mai jos.

- Un buton rotativ, cu reglaj continuu (LEVEL), pentru stabilirea nivelului de tensiune de referință.
- Un pushbuton (TRIG MENU) pentru afișarea meniului *Trigger*.
- Un pushbuton (SET TO 50%) pentru aducerea nivelului de referință la 50% din valoarea vârf la vârf a semnalului pentru declanșarea bazei de timp.
- Un pushbuton (FORCE TRIG) – completează o achiziție în derulare.
- Un pushbuton (TRIG VIEW) – afișează temporar nivelul tensiunii de referință folosită pentru declanșare.

H. Butoane pentru meniu și control

- Butonul multifuncțional (Multipurpose Knob) este folosit în diferite scopuri, în funcție de meniul sau opțiunea activată.

Exemple:

- a) Pentru meniul CURSOR, servește la deplasarea pe verticală a cursorului selectat (1 sau 2).
 - b) În CH1 MENU – *Probe*, se folosește pentru alegerea atenuării.
- Butonul AUTORANGE – afișează meniul corespunzător, LED-ul asociat fiind aprins.
 - Butoanele SAVE/RECALL, MEASURE, ACQUIRE, REF MENU, UTILITY, DISPLAY, HELP, DEFAULT SETUP, AUTOSET – afișează, fiecare, meniul corespunzător și pot fi modificate setările.
 - CURSOR – afișează *Cursor Menu*. Pentru a rămâne vizibili ambii cursori, trebuie ca opțiunea *Type* să fie setată pe *Amplitude* sau *Time*.
 - SINGLE SEQ – La fiecare apăsare a acestui pushbuton se realizează achiziția unei singure imagini a formelor de undă. Imaginea rămâne afișată până la acționarea pushbutonului RUN/STOP.
 - RUN/STOP – pushbuton folosit pentru continuarea achiziției formei de undă sau pentru încetarea achiziției.
 - PRINT – pushbuton ce devine activ numai la conectarea osciloscopului la o imprimantă.

I. Stabilizarea unei forme de undă pe ecran

Imaginea unei tensiuni poate fi stabilizată numai dacă semnalul respectiv este aplicat la canalul folosit ca sursă (Source) în meniul *Trigger*.

Stabilizarea formei de undă pe ecran se poate obține

- automat, apăsând butonul AUTORANGE,
- manual, modificând (din butonul LEVEL) nivelul de referință până ce acesta este între valorile extreme ale tensiunii respective.

J. Selecția și utilizarea cursorilor

- Se intră în meniul *Cursor*, prin apăsarea pushbutonului CURSOR de pe panoul frontal.
- Se selectează, apoi, tipul cursorilor (*Type*):
 - *Amplitude*, pentru măsurarea tensiunilor (pe verticală),
 - *Time*, pentru măsurarea intervalelor de timp (pe orizontală).
- a) Dacă se selectează *Amplitude*, cursorii apar marcați cu linii orizontale și se procedează astfel:
 - Se alege (de regulă) ca sursă (*Source*) CH1 sau CH2 și reprezintă canalul la ale cărui axe se raportează pozițiile cursorilor.
 - Ordonatele celor 2 cursori se măsoară față de abscisa sistemului de axe al canalului selectat ca sursă și folosind factorul de scară pe verticală pentru acel canal. Pozițiile celor 2 cursori sunt afișate în meniul *Cursor*.
 - Cursorul selectat în meniul *Cursor* apare reprezentat cu linie continuă și poate fi deplasat pe verticală din butonul multifuncțional. Celălalt cursor este reprezentat cu linie punctată și nu poate fi deplasat.
 - În meniu, ΔV reprezintă modulul diferenței între ordonatele celor 2 cursori.
- b) Dacă se selectează *Time*, cursorii apar marcați cu linii verticale și se procedează astfel:
 - Se alege ca sursă (*Source*) CH1 sau CH2 și reprezintă canalul la a cărui abscisă se raportează pozițiile punctelor de intersecție dintre cursori și forma de undă a semnalului aplicat la canalul respectiv.

- Cursorul selectat în meniul *Cursor* apare reprezentat cu linie continuă și poate fi deplasat pe orizontală din butonul multifuncțional. Celălalt cursor este reprezentat cu linie punctată și nu poate fi deplasat.
- În meniu, sub fiecare cursor, apare abscisa care îi definește poziția (față de ordonata comună celor 2 sisteme de axe) și valoarea tensiunii aplicate la canalul ales ca sursă, valoare măsurată la momentul de timp definit de poziția cursorului. Punctul de intersecție între forma de undă și cursor este marcat cu o linie scurtă orizontală.
- Tot în meniu, mai apar afișate :
 - Δt – modulul diferenței dintre momentele de timp care definesc pozițiile celor 2 cursori ;
 - $1 / \Delta t$, care reprezintă frecvența semnalului, dacă Δt măsurat este o perioadă ;
 - ΔV - modulul diferenței dintre valorile tensiunilor afișate pentru fiecare cursor.

----- * -----