

## LUCRAREA 5

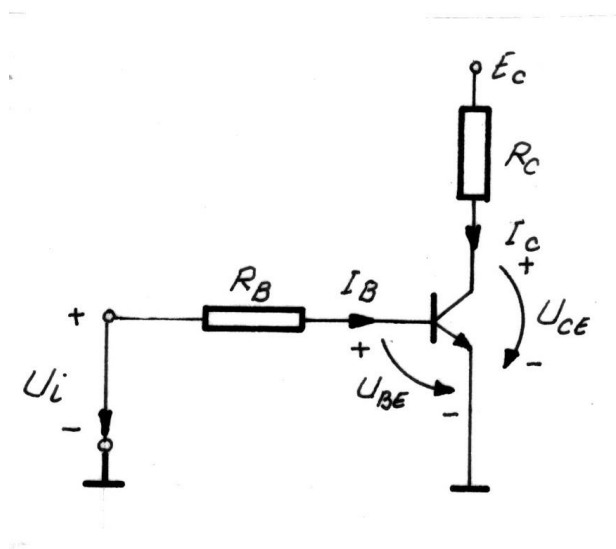
### CARACTERISTICI DINAMICE ALE TRANZISTOARELOR BIPOLARE

#### 1. SCOPUL LUCRĂRII

Se vor ridica experimental variația timpilor de comutare la tranzistoarele bipolare funcție de curentul de bază și se va determina dependența acestor timpi, de curentul de bază direct și invers.

#### 2. CONSIDERAȚII TEORETICE

##### 2.1. Definirea timpilor de comutare ai unui tranzistor bipolar



**Fig.1**

Se analizează un montaj simplu realizat cu un tranzistor ca în Fig.1 la intrarea căruia se aplică un semnal impuls, astfel ales încât să determine regimul de lucru al tranzistorului în starea blocat, respectiv saturat (cum se poate observa în Fig. 2.a).

Pentru acest mod de funcționare în cele două regimuri se vor dimensiona corespunzător rezistențele  $R_B$ , respectiv  $R_C$ , ce vor asigura un curent de bază, respectiv de colector corespunzător regimurilor de funcționare propuse mai sus.

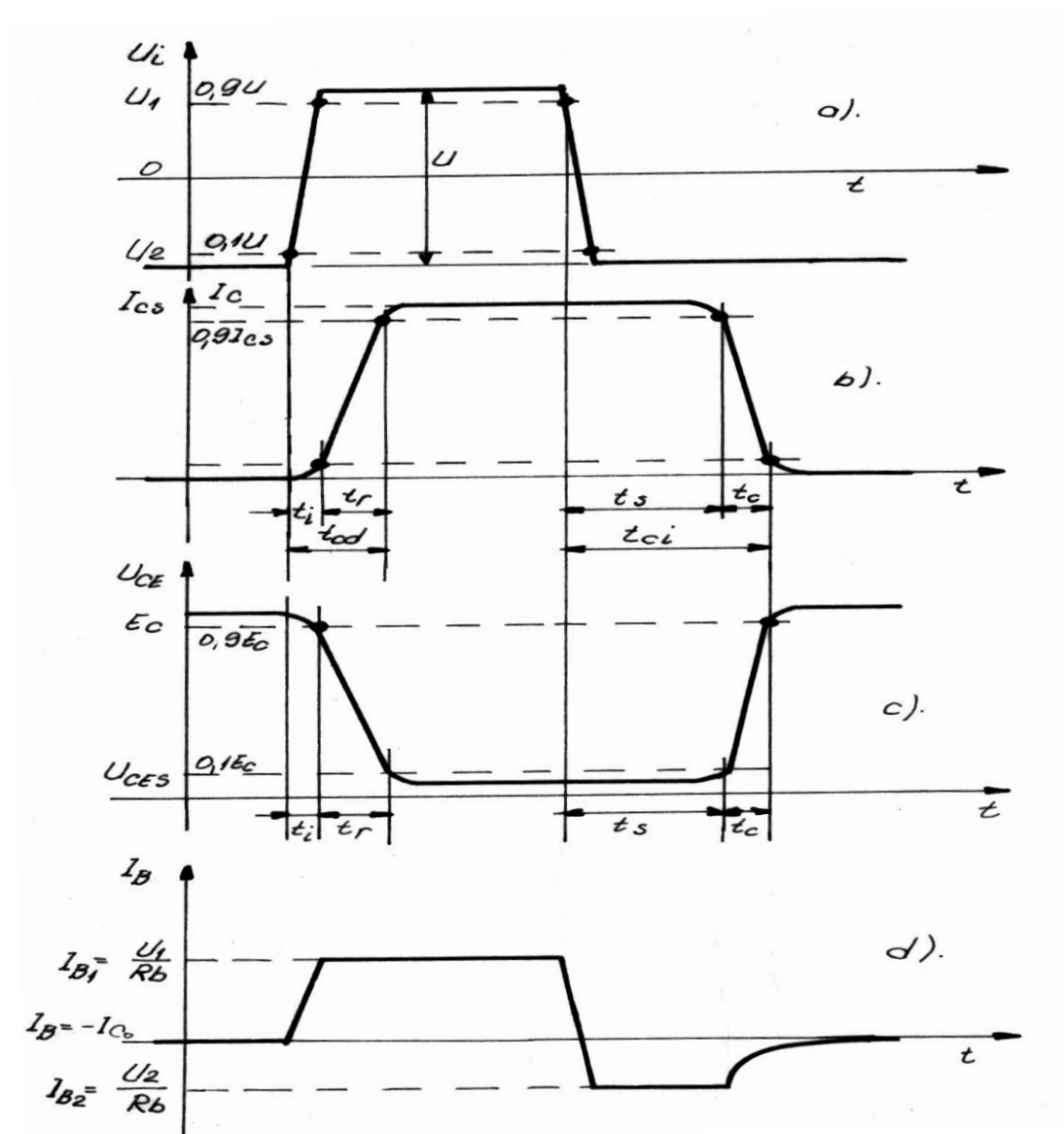


Fig.2

În fig.2 se reprezintă diagrama de timp de funcționare a tranzistorului din fig.1.

În fig. 2.b s-a reprezentat modul de variație a curentului de colector ca răspuns a semnalului de la intrare, unde valoarea  $U_1$  determină blocarea tranzistorului, iar  $U_2$  conduce la saturarea tranzistorului. Din reprezentarea menționată se constată că inițial tranzistorul este blocat, ceea ce determină ca  $I_C = I_{C0}$  (aproximativ 0 mA)

În momentul când se comandă tranzistorul la saturare curentul de colector începe să crească de la 0 spre  $I_{CS}$ . (valoarea cea mai mare a curentului prin tranzistorul dat).

Se constată că timpul de intrare în conducție a tranzistorului reprezintă suma dintre timpul de întârziere și timpul de ridicare definite ca în fig. 2.b. Pentru blocarea tranzistorului cea are loc pe frontul coborâtor al semnalului de la intrare, valoarea curentului de colector scade de la  $I_{CS}$  spre 0. Timpul de blocare al tranzistorului se definește ca în fig. 2.b fiind format din timpul de saturare (probabil de valoarea cea mai mare) și timpul de cădere.

În fig.2.c sunt reprezentate modul de variație a tensiunii colector-emitor. Se constată că în timp ce crește curentul de colector, tensiunea colector-emitor scade de la valoarea maximă data de tensiunea de alimentare  $V_{CC}$  spre o tensiune colector-emitor de saturație (aproximativ 0,1V). La blocarea tranzistorului pe măsură ce curentul de colector scade spre 0, tensiunea colector-emitor crește spre valoarea tensiunii de alimentare  $V_{CC}$ .

Definirea celor patru timpi de comutare se face pe baza modului de variație a curentului de colector, conform celor prezentate în fig.2.b, iar măsurarea acestor timpi se face pe baza variației tensiunii colector-emitor a tranzistorului (fig. 2.c).

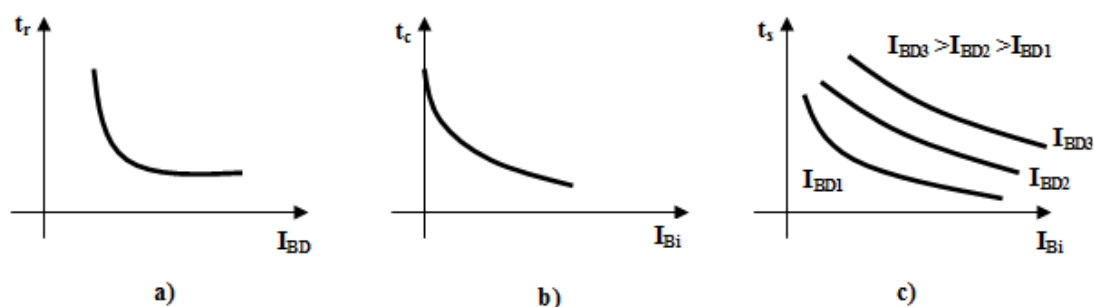
În fig.2.d s-a reprezentat forma de variație a curentului de bază.

Definirea timpilor de comutație se face în funcție de variația curentului de colector:

- a)  $t_i$  – timpul de întârziere este intervalul de timp în care curentul de colector crește de la 0 la 0,1  $I_{CS}$  din momentul în care se dă comanda de deblocare a tranzistorului (0,1 U);
- b)  $t_r$  – timpul de ridicare este intervalul de timp în care curentul de colector ajunge de la 0,1  $I_{CS}$  la 0,9  $I_{CS}$ ;
- c)  $t_s$  – timpul de stocare este intervalul de timp dintre momentul începerii comenzii de blocare (0,9 U) și momentul ce marchează scăderea curentului de colector la 0,9  $I_{CS}$ ;
- d)  $t_c$  – timpul de cădere este intervalul de timp în care curentul de colector ajunge de la 0,9  $I_{CS}$  la 0,1  $I_{CS}$ .
- e)  $t_{cd}$  – timpul de comutare directă sau timpul necesar ca tranzistorul să treacă din regimul blocat în regimul saturat. Acest timp este compus din două componente.  
 $t_{cd} = t_i + t_r$ ;
- f)  $t_{ci}$  – timpul de comutare invers, sau timpul necesar ca tranzistorul să treacă din regimul saturat în regimul blocat. Acest timp este compus din două componente.  
 $t_{ci} = t_s + t_c$ .

Cunoașterea parametrilor dinamici la un tranzistor este necesară pentru studiul comportării în regim dinamic a circuitelor de comutare

## 2.2. Dependența timpilor de comutare funcție de curentul de bază



**Fig. 3**

- a)  $t_r=f(I_{BD})$  – reprezentat în fig.3. a)  
 b)  $t_c=f(I_{Bi})$  – reprezentat în fig.3. b)  
 c)  $t_s=f(I_{Bi})$  cu parametrul curentul de bază direct  $I_{BD}=ct.$  – reprezentat în fig.3.c)

Pentru ridicarea experimentală a celor trei caracteristici plus se va folosi schema din fig.4 unde:  $D_1$  este o diodă de comutație cu germaniu;  $D_2$  este o diodă de comutație cu siliciu.

Modificarea curentului de bază se face prin modificarea celor două tensiuni de alimentare  $E_1$  și  $E_2$  conform tabelului 1.

În continuare este descrisă funcționarea schemei din fig.4.

Atunci când la intrare se aplică 0V, tensiunea din punctul A are valoarea  $U_A=U_i+U_{D1}=0,3V$ , tensiune insuficientă pentru a deschide dioda  $D_2$  și joncțiunea bază-emitor a tranzistorului T, ceea ce duce la blocarea acestuia. În baza tranzistorului se închide un curent:

$$I_{BI} = \frac{E_2}{R_2} \quad (1)$$

Dacă la intrare se aplică o tensiune de +3V, atunci în punctul A avem:  $U_A+U_{BE}+U_{D1}=1,5 V$ .

Tranzistorul este saturat, iar curentul de bază direct este:

$$I_{BD} = I_{R_1} - I_{R_2} = \frac{E_1 - U_A}{R_1} - \frac{U_{BE} + E_A}{R_2} \quad (2)$$

Din relațiile (1) și (2) rezultă valoarea celor două tensiuni  $E_1$  și  $E_2$  pentru un curent de bază direct și invers dorit.

### 3. MERSUL LUCRĂRII

Se va folosi montajul din fig.4, unde curentul de colector s-a ales de 10 mA. Pentru a micșora influența constantei de timp de încărcare a capacității parazite se va alege o rezistență de colector de valoare mică (300  $\Omega$ ), ceea ce impune ca  $E_c = +5$  V.

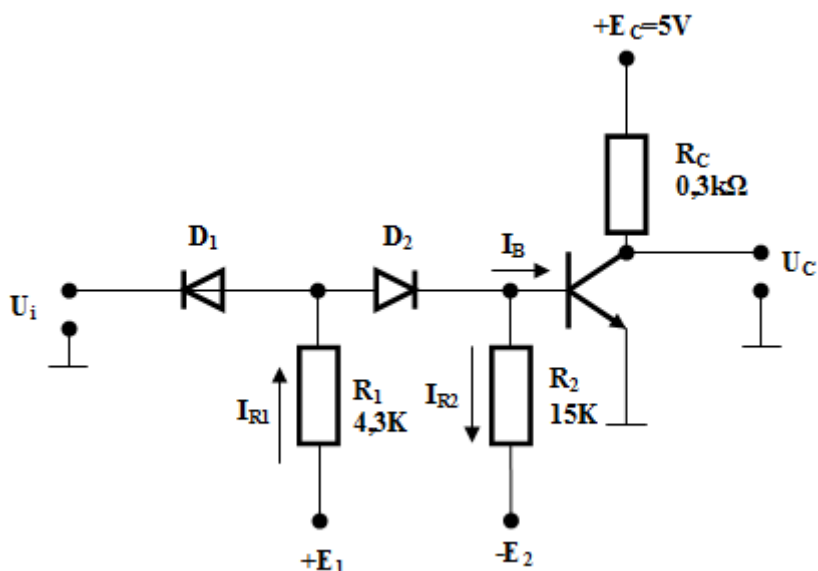


Fig. 4

Etapele de desfășurare a lucrării sunt:

- se alimentează schema cu tensiunea  $E_c = +5$  V;  $E_1$  și  $E_2$  conform tabelului 1;
- se aduce de la un generator de impulsuri un semnal impuls având amplitudinea de +5 V; durata de repetiție de  $T = 10 \mu s$ ; durata impulsului  $t_i = 5 \mu s$ ; fronturile de durată mică ( $< 10$  ns);
- se vizualizează pe un osciloscop cu două canale, semnalele de la intrare și ieșire (colectorul tranzistorului) și se trasează pe o hârtie milimetrică;
- se modifică tensiunile  $E_1$  și  $E_2$  necesare pentru a obține perechile de valori ale curenților  $I_{BD}$  și  $I_{BI}$  indicate în tabelul 1. Se măsoară la osciloscop timpii de comutare ai tranzistorului ( $t_i$ ,  $t_r$ ,  $t_c$ ,  $t_s$ );
- se trasează pe trei grafice, următoarele familii de curbe:  $t_i = f(I_{BD})$ ;  $t_c = f(I_{BI})$ ;  $t_s = f(I_{BI})$  cu parametrul  $I_{BD} = ct$ .

Se atrage atenția că osciloscopul trebuie să fie sincronizat cu semnalul de intrare cu frontul pozitiv al acestuia la măsurarea timpilor de deblocare ai tranzistorului ( $t_i$  și  $t_r$ ) și cu frontul negativ al impulsului de intrare pentru măsurarea timpilor de blocare ai tranzistorului ( $t_s$  și  $t_c$ ). Se vor nota măsurătorile în coloanele timpilor din tabelul 1.

Tabelul 1

<b>-E<sub>2</sub></b> V	<b>I<sub>BI</sub></b> mA	<b>E<sub>1</sub></b> V	<b>I<sub>BD</sub></b> mA	<b>t<sub>i</sub></b> ns	<b>t<sub>r</sub></b> ns	<b>t<sub>s</sub></b> ns	<b>t<sub>c</sub></b> ns	<b>Observatii</b>
0,75	0,05	2,8	0,2					
		3,2	0,3					
		3,7	0,4					
		4,5	0,6					
		5,4	0,8					
		6,2	1,0					
1,5	0,1	3	0,2					
		3,4	0,3					
		3,9	0,4					
		4,7	0,6					
		5,6	0,8					
		6,4	1,0					
2,25	0,15	3,2	0,2					
		3,7	0,3					
		4,1	0,4					
		4,9	0,6					
		5,8	0,8					
		6,7	1,0					
3	0,2	3,4	0,2					
		3,9	0,3					
		4,3	0,4					
		5,2	0,6					
		6,0	0,8					
		6,9	1,0					
3,75	0,25	3,7	0,2					
		4,1	0,3					
		4,5	0,4					
		5,4	0,6					
		6,2	0,8					
		7,1	1,0					

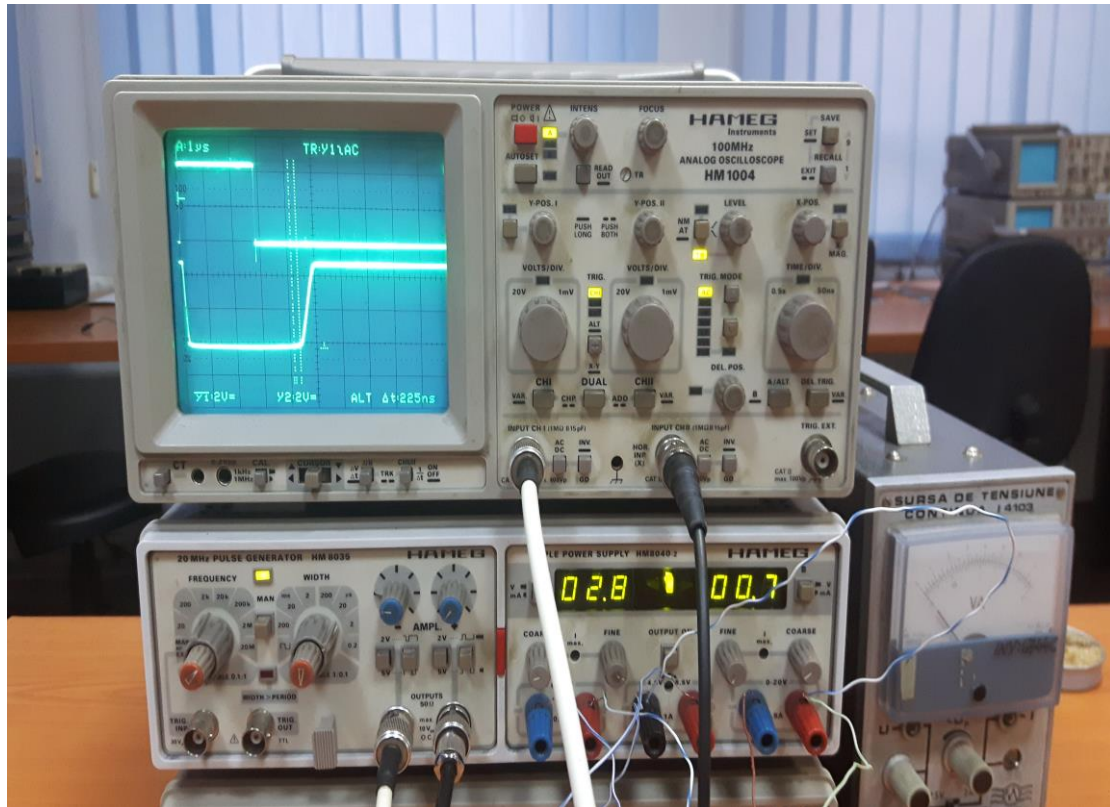


Fig.5

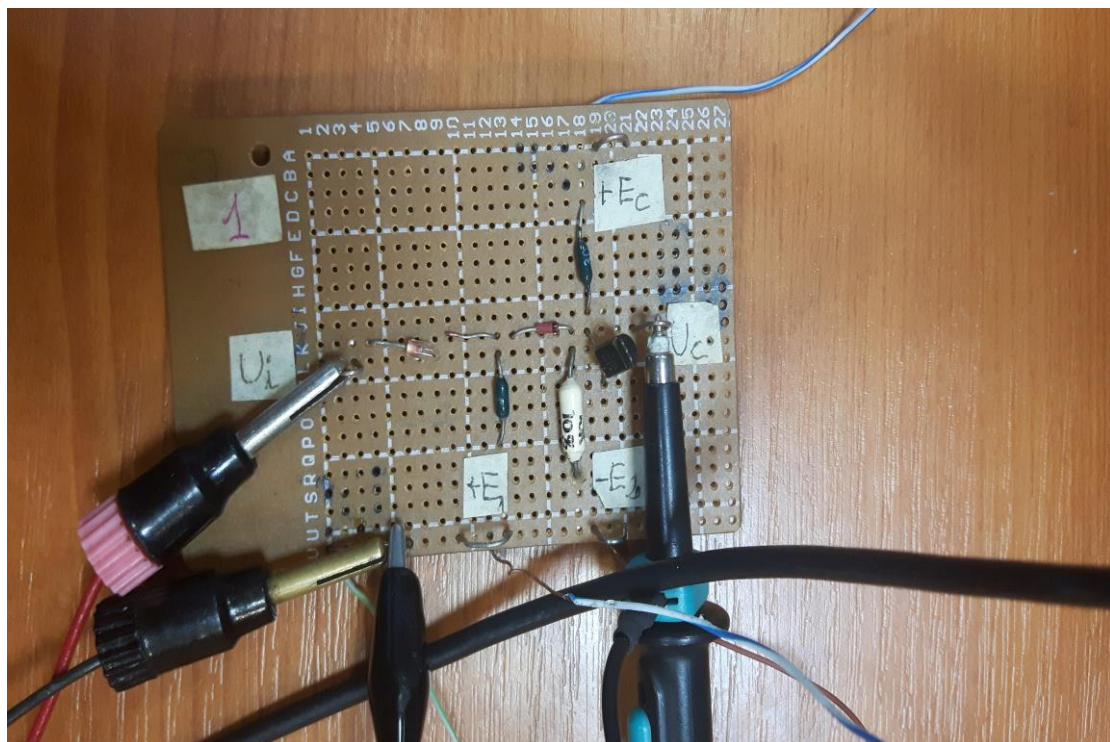


Fig.6



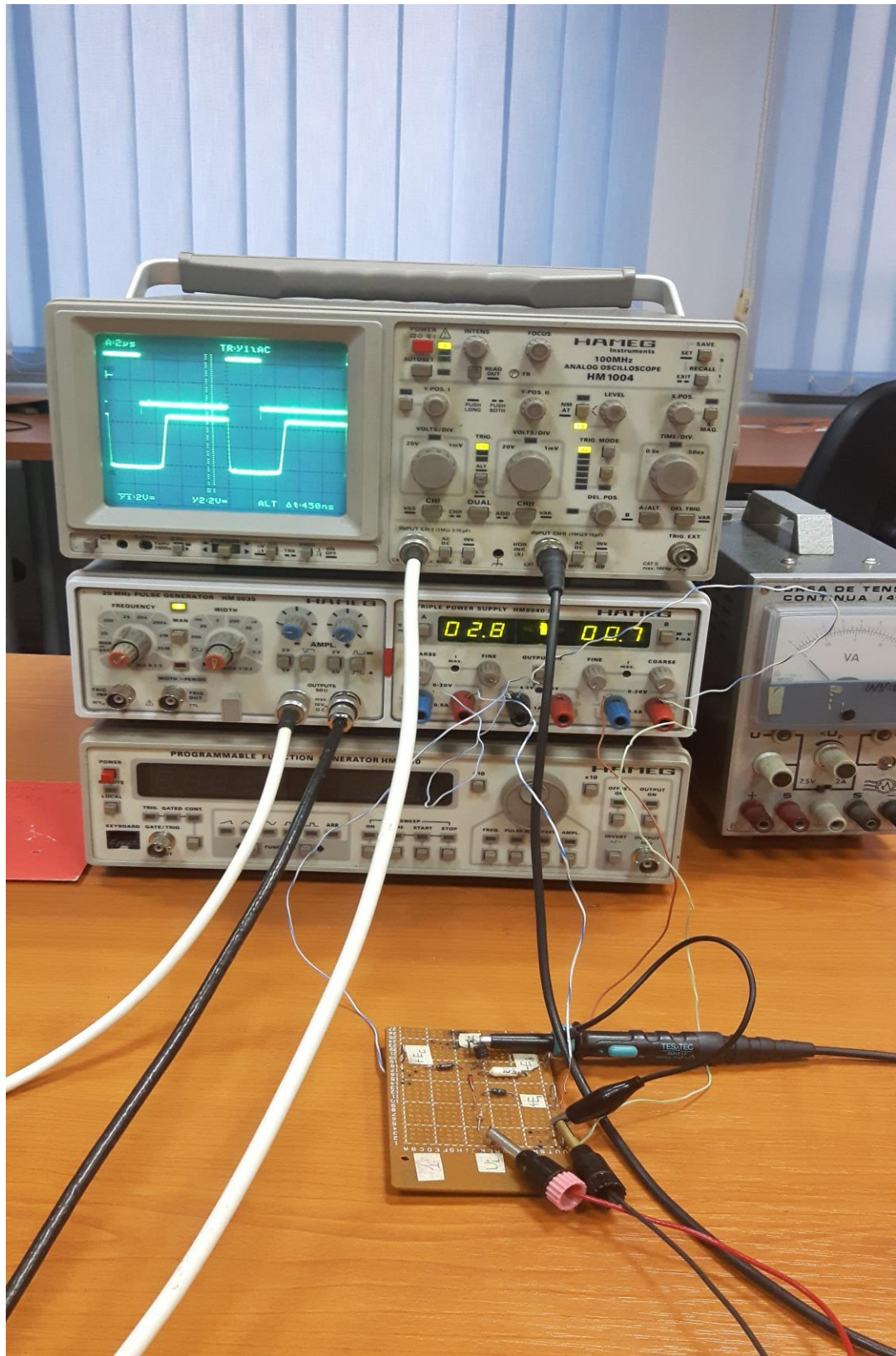


Fig.7



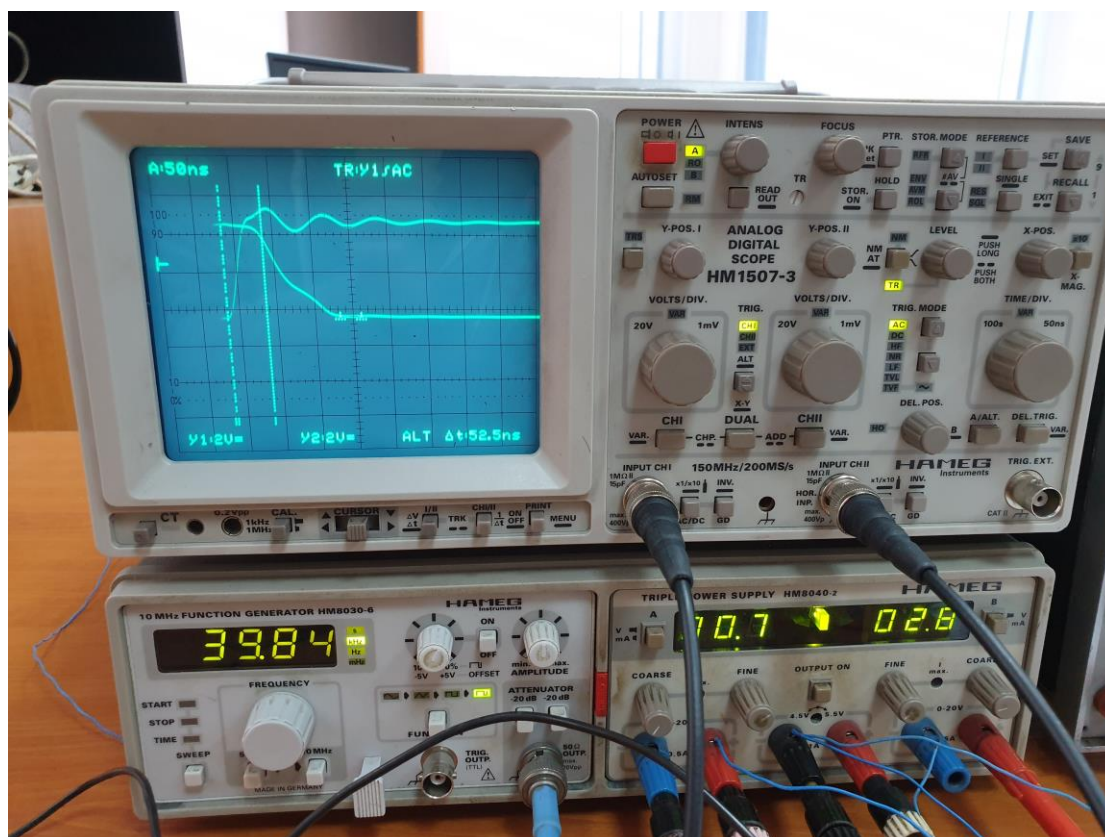
În fig. 5 este reprezentat un banc de lucru având ca module:

- Osciloscop cu două canale cu frecvență de lucru de 100 MHz cu posibilități de sincronizare în exterior, cu baza de timp minima de până la 5 ns;
- Generator de impulsuri cu frecvență maximă de lucru de 20 MHz, durata impulsului minim de 200 ns, cu ieșiri de semnal pozitiv și complementar și posibilitate de variație a tensiunii de intrare până la 5V;
- Sursă triplă cu două tensiuni de alimentare variabile cuprinse între 0V ÷ 20V și o sursă fixă de 5 V;
- Generator de funcții cu frecvență maximă de 10 MHz, amplitudine variabilă (0÷10V);
- Sursă variabilă de tensiune (0÷7V) cu afișaj analogic.

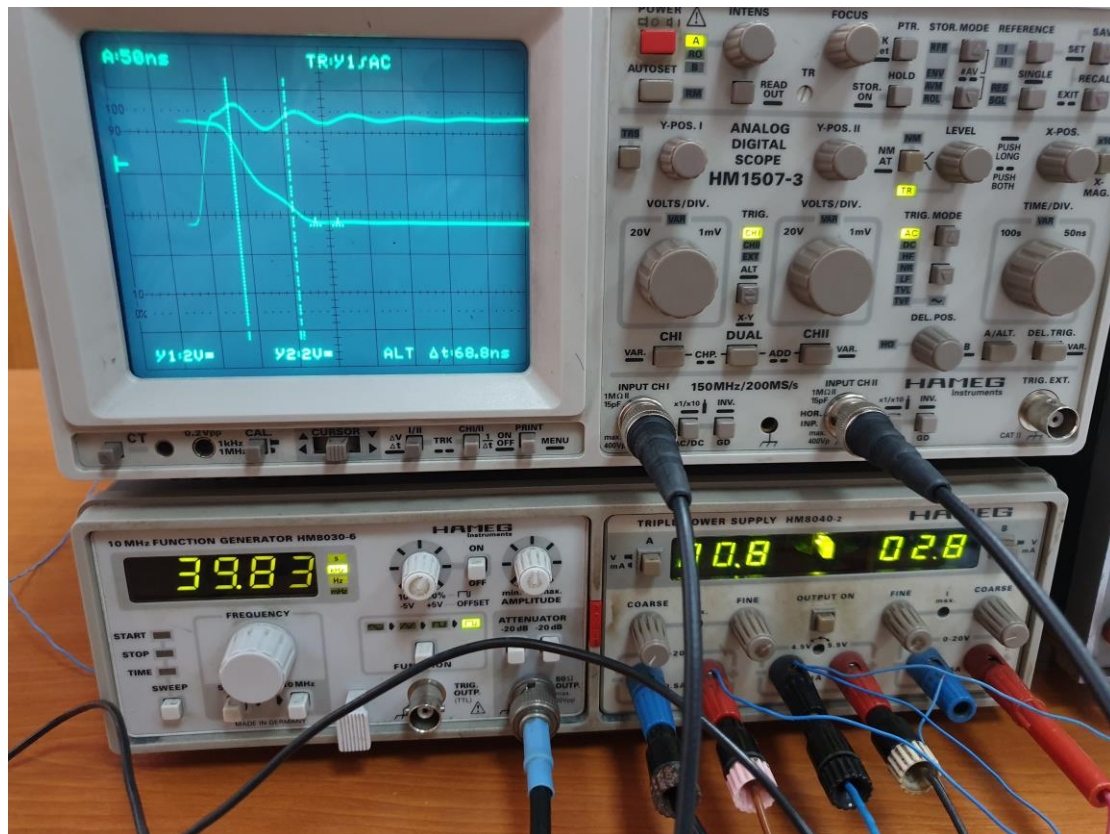
În fig. 6\* se poate vizualiza placa cu montajul realizat conform schemei din fig.4

În fig.7 se regăsește o vedere de ansamblu a modul de conectare a plăcuței cu montajul și aparatura electronică specifică lucrării.

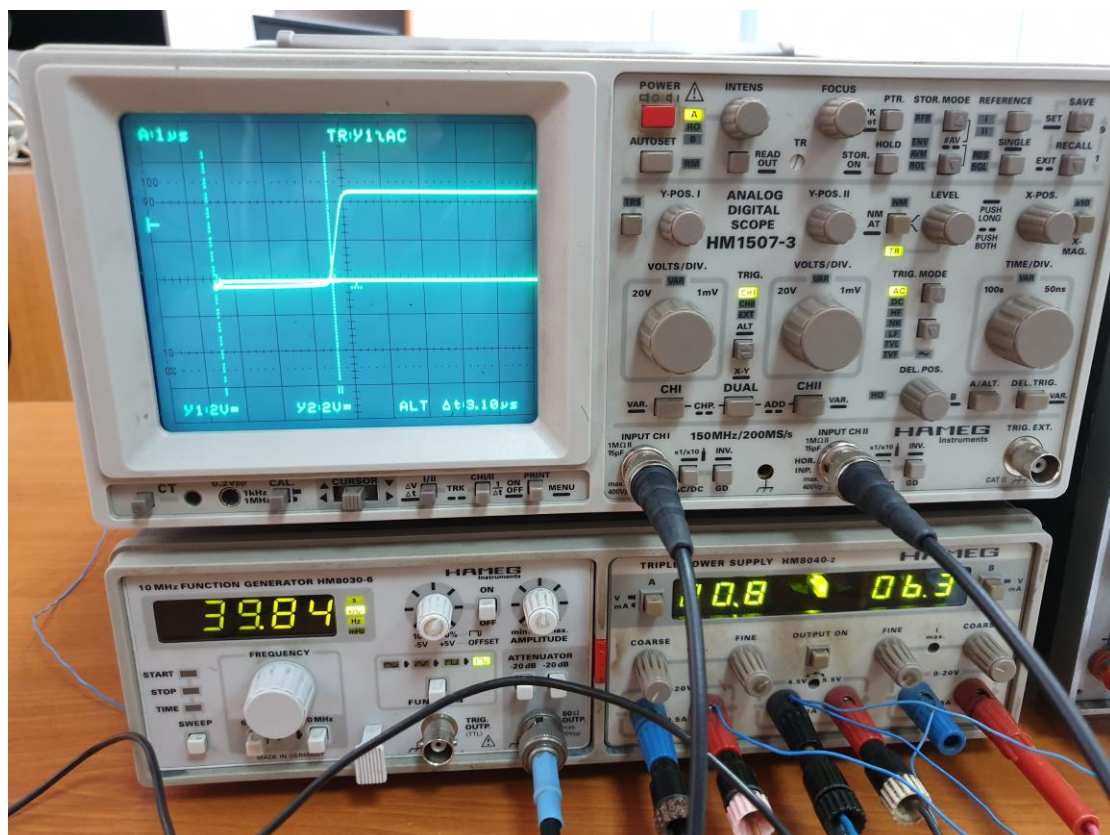
Se constată totodată și modul de conectare a sondelor de osciloscop și generator, cât și a surselor de alimentare.



Valoarea timpului de întârziere pentru tensiunea  $E_1 = 2.8 \text{ V}$  și tensiunea  $E_2 = -0.75 \text{ V}$

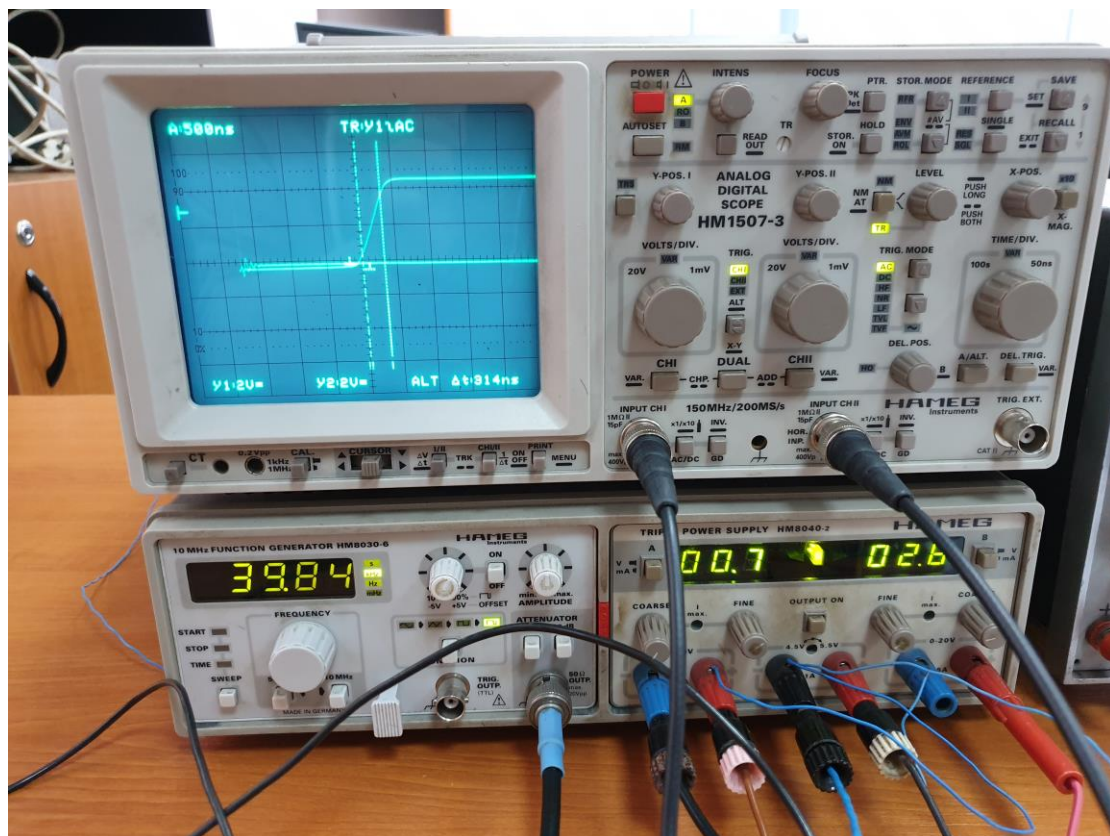


Valoarea timpului de ridicare pentru tensiunea  $E_1 = 2.8 \text{ V}$  și tensiunea  $E_2 = -0.75 \text{ V}$



Valoarea timpului de saturație pentru tensiunea  $E_1 = 6.3 \text{ V}$  și tensiunea  $E_2 = -0.75 \text{ V}$





Valoarea timpului de coborâre pentru tensiunea  $E_1 = 2.8 \text{ V}$  și tensiunea  $E_2 = -0.75 \text{ V}$

\*Montajele au fost realizate de Șl.dr.ing. Stângaciu Valentin și As..ing. Chiciudean Dan