

Lucrarea 2

Măsurători asupra semnalelor digitale

2.1 Obiective

Lucrarea are ca obiectiv fixarea cunoștințelor dobândite în lucrarea anterioară:

- Familiarizarea cu aparatele de laborator (generatorul de semnal, sursa de tensiune, osciloscopul analog/digital);
- Măsurarea parametrilor semnalelor digitale cu ajutorul osciloscopului.

În plus, se vor studia comportamentul circuitelor RC de integrare și de derivare.

2.2 Desfășurarea lucrării

2.2.1 Măsurători asupra semnalelor digitale

Această parte a laboratorului se bazează pe noțiunile prezentate în lucrarea anterioară.

1. Setează generatorul de semnal pentru a furniza un semnal cu următoarele caracteristici:

Forma de undă: dreptunghiulară;
Frecvență: 1 kHz;
Amplitudine: 5V;
Offset: 2.5V.

Conectați ieșirea generatorului de semnal la un canal al osciloscopului. Cu ajutorul osciloscopului, măsurați parametrii semnalului:

Perioada;
Lățimea palierului de 0 și a palierului de 1;
Nivelele de tensiune în stările 0 și 1;

Pe baza măsurătorilor, calculați:

Frecvența;
Factorul de umplere;
Amplitudinea logică.

Completați tabelul 2.1. Precizați unitățile de măsură ale mărimilor măsurate și ale celor calculate.

Tabelul 2.1

Măsurători și calcule asupra parametrilor semnalelor digitale.

Frecvență aplicată	Măsurători				Calcule		
	Perioadă [T]	Lățime [T_H]	Nivel Low [V_L]	Nivel High [V_H]	Frecvență [f]	Factor umplere [δ]	Amplitudine logică [$V_H - V_L$]
100 Hz							
200 Hz							
500 Hz							
1 kHz							
2 kHz							
5 kHz							
10 kHz							
20 kHz							
50 kHz							
100 kHz							
200 kHz							
500 kHz							
1 MHz							

Frecvența se calculează cu formula:

$$f = \frac{1}{T} [\text{Hz}] \quad (2.1)$$

Factorul de umplere se calculează cu formula:

$$\delta = \frac{T_H}{T} [\%] \quad (2.2)$$

- Variați frecvența semnalului și completați toate rândurile tabelului 2.1.
- Variați parametrii semnalului (frecvența și amplitudinea) și analizați precizia măsurătorilor prin comparație cu indicațiile generatorului de semnal. Completați tabelul 2.2 și trageți o concluzie referitoare la eroarea de măsurare a perioadei în funcție de frecvența semnalului.

Eroarea se calculează cu formula:

$$\text{Eroare} = \frac{M_{osc} - M_{gs}}{M_{gs}} [\%] \quad (2.3)$$

S-au notat:

- M_{gs} = mărime generată cu generatorul de semnal
- M_{osc} = mărime măsurată cu osciloscopul

Tabelul 2.2

Evaluarea preciziei măsurătorilor de frecvență și de amplitudine

Eroarea măsurătorilor de frecvență			
Frecvență generată	Perioadă măsurată	Frecvență calculată	Eroare calculată
1 kHz			
2 kHz			
5 kHz			
10 kHz			
20 kHz			
50 kHz			
100 kHz			
200 kHz			
500 kHz			
1 MHz			

Eroarea măsurătorilor de amplitudine		
Amplitudine generată	Nivel H măsurat	Eroare calculată
0.1 V		
0.2 V		
0.5 V		
1 V		
2 V		
5 V		
10 V		

4. Realizați următorul experiment în echipă:

Studentul 1: Selectează un set de parametri (frecvență, amplitudine, offset) și setează generatorul de semnal pentru a genera un semnal dreptunghiular având acești parametri.

Studentul 2: Folosind osciloscopul, măsoară frecvența, nivelele de tensiune și amplitudinea semnalului.

Comparați parametri setații de la generatorul de semnal cu cei mășurați cu osciloscopul. Analizați precizia măsurătorilor.

2.2.2 Circuite RC de integrare/derivare

Această parte propune determinarea experimentală a modului în care circuitele RC afectează forma și parametrii semnalelor digitale.

Pentru demonstrații se va utiliza macheta din figura 2.1.

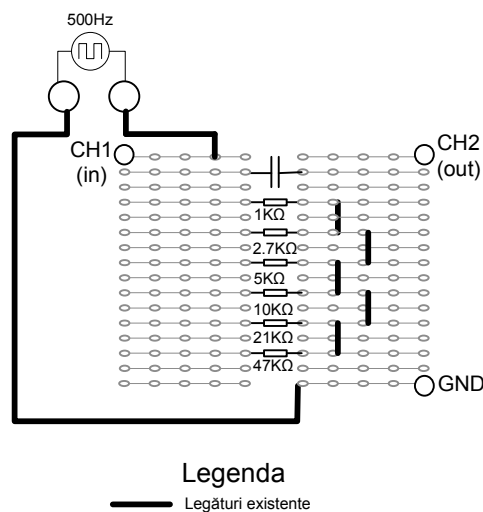


Figura 2.1 Macheta utilizată pentru studiul circuitelor RC.

1. Realizați un circuit de integrare RC, ca în figura 2.2. Circuitul RC de integrare este caracterizat de următoarele ecuații:

$$V_{out} = \frac{1}{C} \int i dt \quad (2.4)$$

$$i = \frac{V_r}{R} \quad (2.5)$$

$$V_r = V_{in} - V_{out} \quad (2.6)$$

Deci:

$$V_{out} = \frac{1}{C} \int \frac{V_{in} - V_{out}}{R} dt \approx \frac{1}{RC} \int V_{in} dt \quad (2.7)$$

Setați generatorul de semnal pentru a genera un semnal cu următorii parametri:

Forma de undă: dreptunghiulară;
 Frecvență: 500 Hz;
 Amplitudine: 5V;
 Offset: 2.5V.

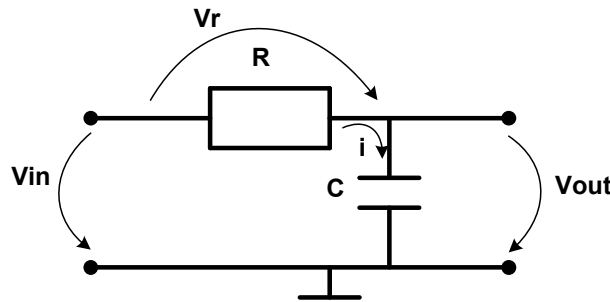


Figura 2.2 Circuit RC de integrare.

Aplicați semnalul la intrarea cuadripolului RC de integrare. Vizualizați semnalele de intrare și de ieșire pe cele două canale ale osciloscopului.

În cazul unui semnal de intrare de formă rectangulară, semnalul de ieșire prezintă o formă rectangulară cu fronturile rontujite (mai puțin abrupte) similară cu cea din figura 2.3 (CH1 = intrare, CH2 = ieșire). Se observă că dacă se consideră măsurarea la 50% din amplitudine, datorită fronturilor mai puțin abrupte, se poate considera că semnalul de ieșire este întârziat față de cel de intrare.

În cazul unui semnal de intrare de formă sinusoidală (figura 2.4) se observă menținerea formei dar existența unui defazaj între intrare și ieșire (ieșirea în urma intrării).

Experimentați comportamentul circuitului RC de integrare cu diferite forme ale semnalului de intrare (sinusoidal, triunghiular, rectangular) și diferite valori ale rezistenței R.

Pentru diverse valori ale rezistenței, desenați forma de undă aproximativă a semnalului de ieșire și măsurați perioada și lățimea acestuia.

Cum variază forma semnalului la ieșirea cuadripolului în funcție de valoarea constantei RC?

Cum variază lățimea semnalului la ieșirea cuadripolului în funcție de valoarea constantei RC?

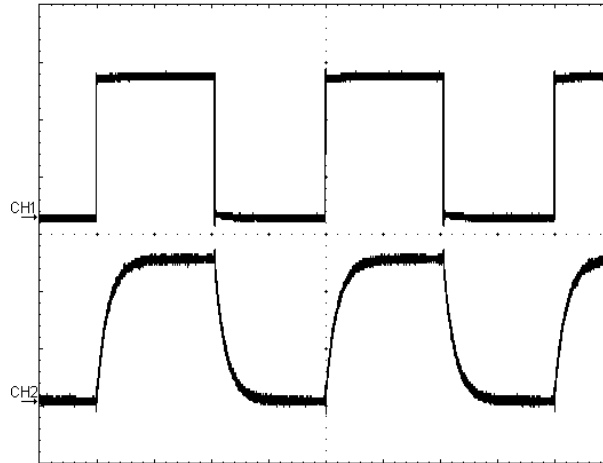


Figura 2.3 Forme de undă ale circuitului RC de integrare, semnal de intrare rectangular (CH1 - intrare, CH2 - ieșire).

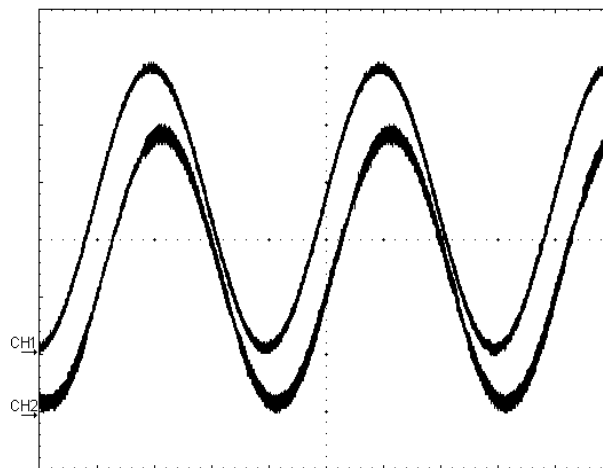


Figura 2.4 Forme de undă ale circuitului RC de integrare, semnal de intrare sinusoidal (CH1 - intrare, CH2 - ieșire).

Cum se modifică forma semnalului la ieșirea cuadripolului în cazul unor valori extreme ale constantei RC?

Schema de realizare a circuitului RC de integrare este prezentată în figura 2.5.

- Realizați un circuit de derivare RC, ca în figura 2.6. Circuitul RC de derivare este caracterizat de următoarele ecuații:

$$i = C \frac{dV_c}{dt} = \frac{V_{out}}{R} \quad (2.8)$$

$$V_{in} = V_c + V_{out} \quad (2.9)$$

Deci:

$$V_{out} = RC \frac{dV_c}{dt} = RC \frac{d(V_{in} - V_{out})}{dt} \approx RC \frac{dV_{in}}{dt} \quad (2.10)$$

Setați generatorul de semnal cu următorii parametri:

Tabelul 2.3

Evaluarea efectului circuitului RC de integrare.

Rezistență	Perioadă	Lățime	Formă semnal
1 k Ω			
2 k Ω			
5 k Ω			
10 k Ω			
10 k Ω lipsă condensator			

Forma de undă: dreptunghiulară;

Frecvență: 500 Hz;

Amplitudine: 5V;

Offset: 0V.

Aplicați semnalul la intrarea cuadripolului RC de derivare. Vizualizați semnalele de intrare și ieșire pe cele două canale ale osciloscopului.

În cazul unui semnal de intrare de formă rectangulară, semnalul de ieșire prezintă valori nenule doar ca în apropierea fronturilor semnalului de intrare, așa ca în figura 2.7 (CH1 = intrare, CH2 = ieșire). Pe durata palierului semnalului de intrare, semnalul de ieșire este nul (derivata unei constante este zero).

Din punct de vedere digital, se poate considera că forma semnalului este foarte mult modificată la trecerea unui semnal printr-un circuit de derivare. Utilitatea circuitelor de derivare se poate observa însă considerând un semnal de intrare de formă sinusoidală. În cazul unui semnal de intrare de formă sinusoidală (figura 2.8) se observă menținerea formei și existența unui defazaj între intrare și ieșire (ieșirea în avans față de intrare). Posibilitatea de a "anticipa intrarea" sugerează posibilitatea de a compensa un circuit de integrare cu un circuit de derivare pentru refacerea formei semnalului rectangular, la propagarea acestuia prin circuite și conectoare.

Experimentați comportamentul circuitului RC de integrare cu diferite forme ale semnalului de intrare (sinusoidal, triunghiular, rectangular) și diferite valori ale rezistenței R.

Pentru diverse valori ale rezistenței, desenați forma de undă aproximativă a semnalului de ieșire și măsurați perioada și lățimea acestuia.

Cum variază lățimea semnalului la ieșirea cuadripolului în funcție de valoarea constantei RC?

Cum se modifică forma semnalului la ieșirea cuadripolului în funcție de valoarea constantei RC?

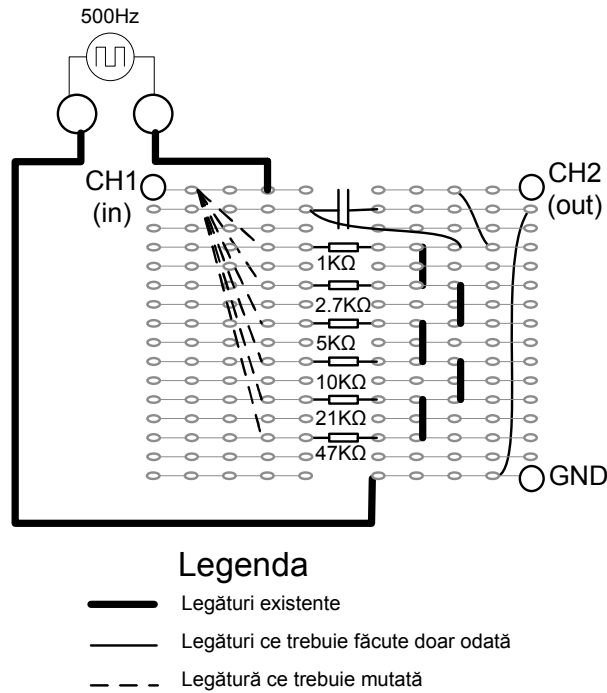


Figura 2.5 Schema de realizare a circuitului RC de integrare.

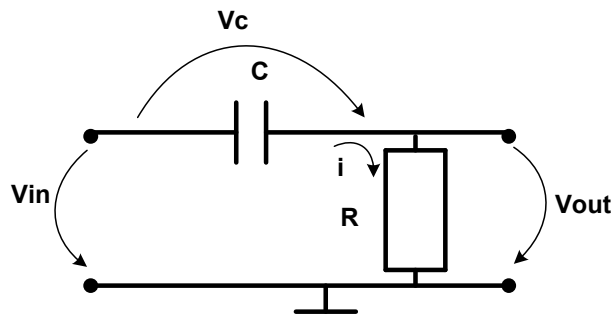


Figura 2.6 Circuit RC de derivare.

Cum se modifică forma semnalului la ieșirea cuadripolului în cazul unor valori extreme ale constantei RC?

Schema de realizare a circuitului RC de derivare este prezentată în figura 2.9.

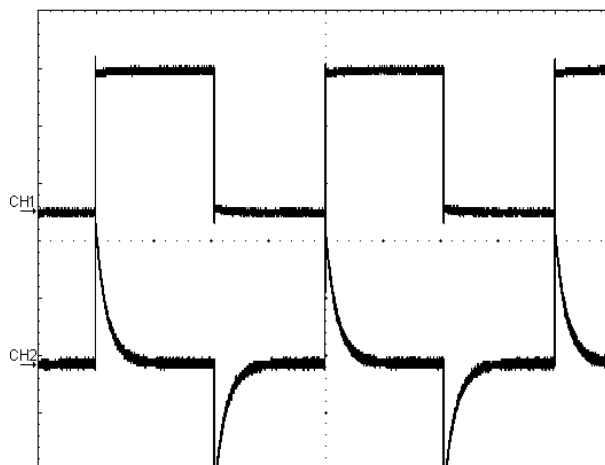


Figura 2.7 Forme de undă ale circuitului RC de derivare, semnal de intrare rectangular (CH1 - intrare, CH2 - ieșire).

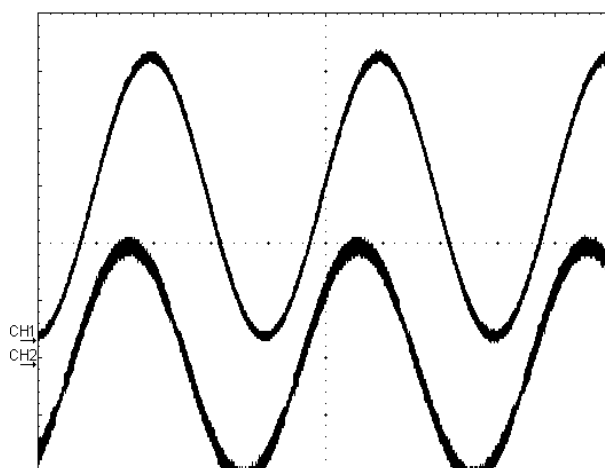
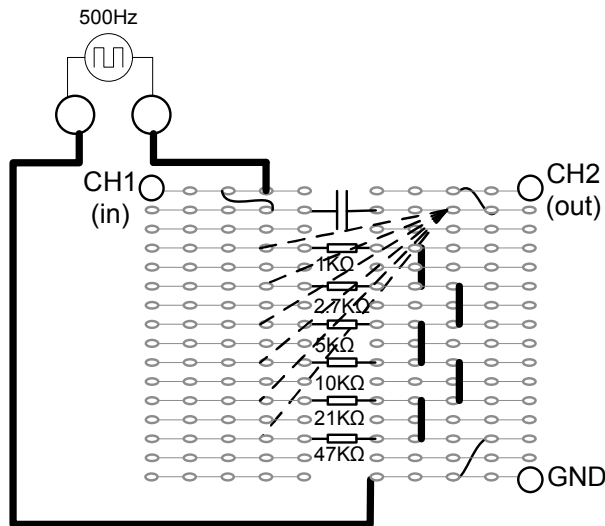


Figura 2.8 Forme de undă ale circuitului RC de derivare, semnal de intrare sinusoidal (CH1 - intrare, CH2 - ieșire).

Tabelul 2.4

Evaluarea efectului circuitului RC de derivare.

Rezistență	Perioadă	Lățime	Formă semnal
1 kΩ			
2 kΩ			
5 kΩ			
10 kΩ			
fără rezistență (infinită)			



Legenda

- Legături existente
- Legături ce trebuie făcute doar odată
- - -** Legătură ce trebuie mutată

Figura 2.9 Schema de realizare a circuitului RC de derivare.