

Laborator 13. Proiectarea unui sistem audio elementar

I. Tema de proiectare

S se proiecteze un **sistem audio** cu 3 intrări și 3 ieșiri, care prelucrează și redă un semnal audio (reprezentat prin intermediul unei tensiuni electrice), generat într-un studio audio de înregistrare, prezentat schematic în Figura 1.

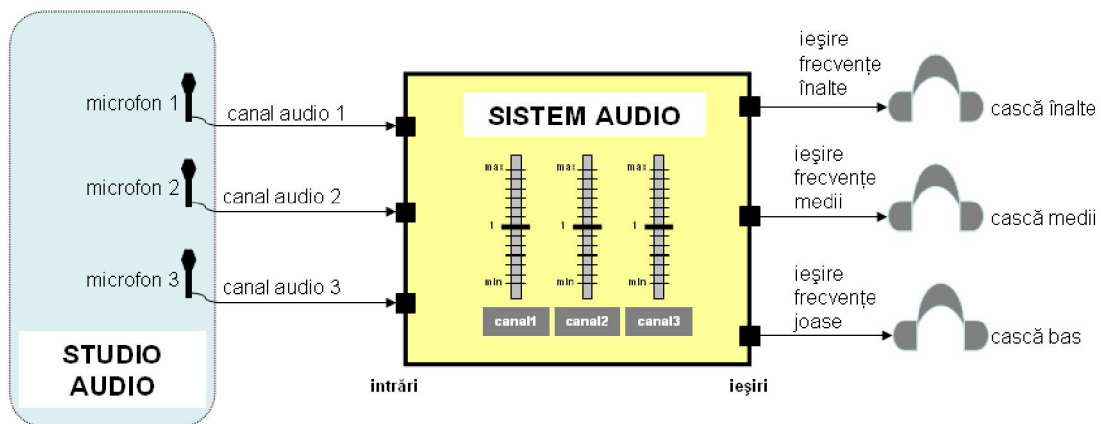


Figura 1.

II. Prezentare generală .

Intrările sistemului audio sunt reprezentate de 3 canale audio distincte, la care sunt capturate semnalele audio generate în studioul respectiv, de către trei diverse surse. Capturarea semnalelor audio este realizată prin intermediul unui set de microfoane, plasate adecvat în incinta studioului. Pentru sistemul audio, microfoanele reprezintă sursele de semnal audio, iar fiecare microfon furnizând o tensiune electrică.

Fiecare microfon este conectat la câte un singur canal audio, în scopul izolării și a prelucrării independente a semnalului audio capturat de microfonul respectiv. În acest mod, în cazul în care, de exemplu, unul dintre microfoane este plasat în dreptul solistului vocal al unei formații de muzică, sistemul audio permite izolarea semnalului vocal de celelalte semnale audio, generate de către instrumentele muzicale și prelucrarea separată a acestuia.

Ieșirile sistemului audio sunt conectate la canale audio și permit redarea semnalului audio, în 3 game de frecvențe distincte. Astfel, pe ieșirea frecvențelor joase, se redau numai armonicile de frecvențe joase ale semnalului audio, pe ieșirea frecvențelor medii, se redau numai armonicile de frecvențe medii ale semnalului audio, iar pe ieșirea frecvențelor înalte, se redau doar armonicile de frecvențe înalte ale semnalului audio.

Armonica unui semnal: orice semnal electronic se poate descompune într-o sumă de semnale sinusoidale, denumite **armonici**. Fiecare semnal sinusoidal (armonic) are o anumită amplitudine și o anumită frecvență, a cărei valoare este un multiplu al frecvenței semnalului respectiv. De exemplu, un semnal audio de frecvență 100 de herți, are armonici de frecvențe 100[Hz], 200[Hz], 300[Hz],... 1000[Hz], 1100[Hz], etc.

III. Structura sistemului audio

Structura sistemului audio proiectat este prezentată în Figura 2 și este compusă dintr-un mixer audio și un set de filtre de tensiune.

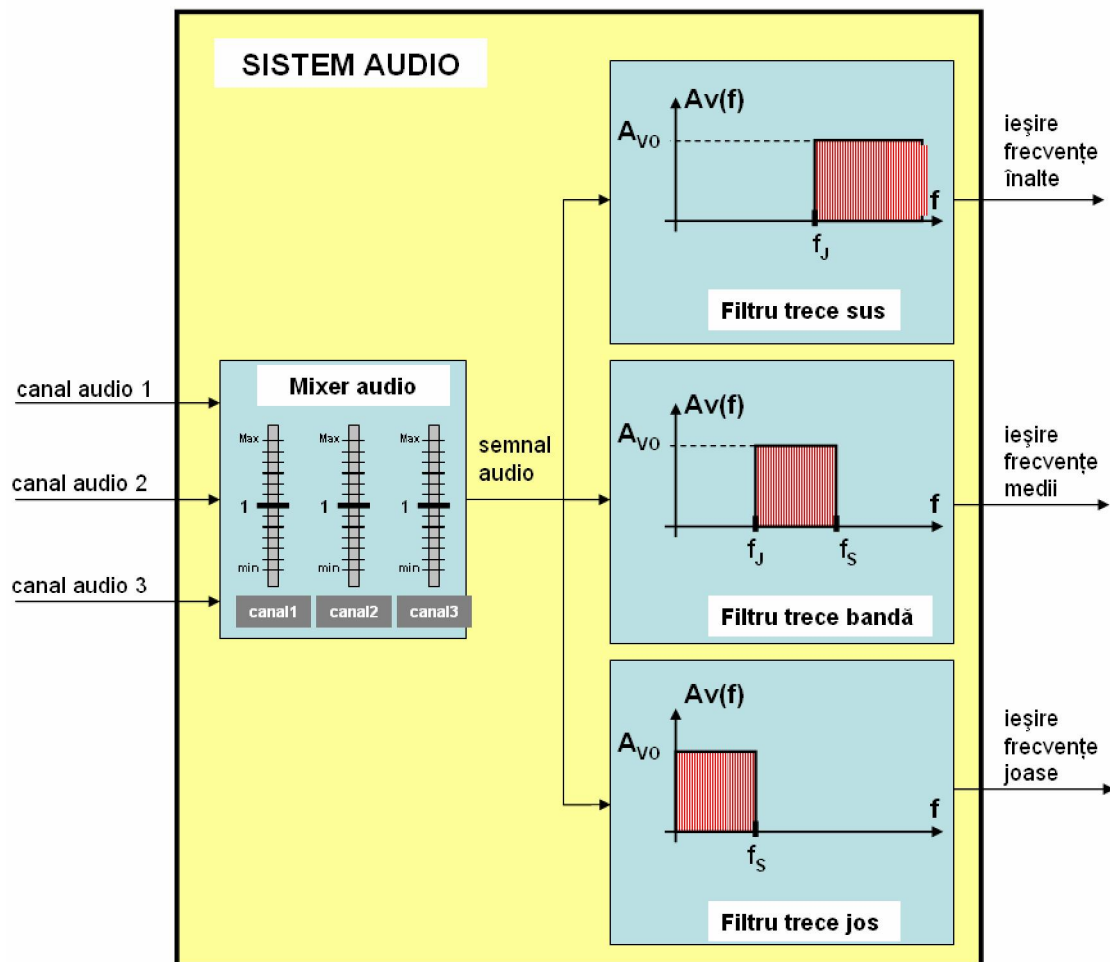


Figura 2.

1. Mixerul audio

Prelucrarea semnalelor audio capturate pe cele 3 canale audio, este realizat prin intermediul unui bloc, denumit mixer audio. Mixerul audio implementez multiple func ii, care sunt disponibile pentru fiecare canal audio, dintre care cele mai uzuale sunt urm toarele:

- amplificare/atenuare;
- efecte sonore;
- filtrare armonici.

În sistemul audio proiectat, se va implementa numai func ia de amplificare/atenuare. Deoarece semnalele audio sunt reprezentate prin intermediul tensiunilor electrice, func ia implementat va fi de amplificare/atenuare în tensiune.

Fiecare canal audio dispune de câte o scar gradat , controlat prin intermediul unui poten iometru. Pozi ia poten iometrului pe scara gradat corespunz toare canalului audio, determin modul în care semnalul audio furnizat pe canalul audio respectiv trece prin acesta.

Astfel, atunci când poten iometrul este pozi ionat pe valoarea **1**, semnalul audio trece nemodificat prin canalul audio.

Dac poten iometrul este pozi ionat pe o valoare mai mare decât **1**, semnalul audio de pe canalul audio considerat este amplificat, amplitudinea acestuia crescând. Amplificarea semnalului audio se

poate realiza pîn la o anumit limit maxim (amplificare maxim), indicat în Figura 2 prin **Max** (valoarea maxim a semnalului audio).

Dacă potențiometrul este poziționat pe o valoare mai mică decât **1**, semnalul audio de pe canalul audio considerat este atenuat, amplitudinea acestuia micșorându-se. Atenuarea semnalului audio se poate realiza pîn la o anumit limit maxim (atenuare maxim), indicat în Figura 2 prin **min** (valoarea minimă a semnalului audio).

Astfel, din punctul de vedere al amplificării în tensiune a semnalului, fiecare canal audio permite reglajul coeficientului de amplificare între o valoare minimă și o valoare maximă :

$$A_{V_{mixer}} = [A_{V_{mixer_min}} , A_{V_{mixer_Max}}]$$

unde:

$A_{V_{mixer}}$ = amplificarea în tensiune a mixerului;

$A_{V_{mixer_min}}$ = valoarea minimă a amplificării (subunitară pentru mixerul audio)

$A_{V_{mixer_Max}}$ = valoarea maximă a amplificării.

Proiectarea mixerului audio

Datele de proiectare sunt reprezentate de cele trei valori extreme $A_{V_{mixer_min}}$, $A_{V_{mixer_Max}}$, care definesc intervalul de valori ale modulului coeficientului de amplificare în tensiune, corespunzător fiecărui canal audio.

Mixerul audio se poate implementa prin intermediul unui **circuit sumator**, realizat cu ajutorul unui amplificator operațional. Analiza circuitului sumator este realizată în Cursul 12. În Figura 3 se prezintă structura circuitului sumator cu 3 intrări. În cadrul acestui proiect, fiecare intrare în circuitul sumator reprezintă câte un canal audio. Rolul circuitului sumator este de a furniza la ieșire un semnal audio unic, obținut prin sumarea semnalelor audio care provin de la diferite surse audio (microfoane), plasate în încălta studioului audio.

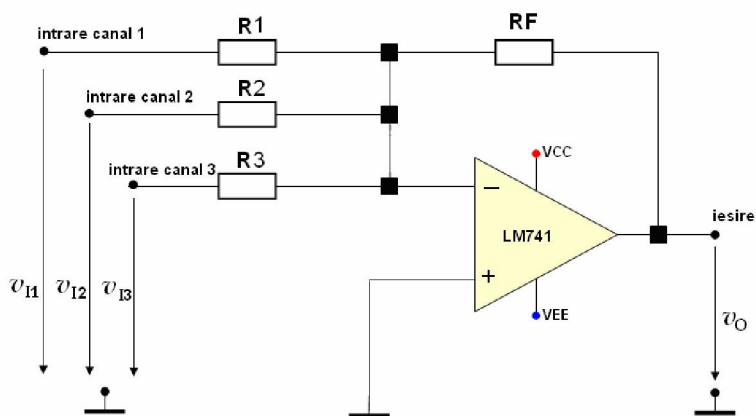


Figura 3.

Ecuația de funcționare a circuitului este următoarea:

$$v_O = - \left[\left(\frac{R_F}{R_1} \right) \cdot v_{I1} + \left(\frac{R_F}{R_2} \right) \cdot v_{I2} + \left(\frac{R_F}{R_3} \right) \cdot v_{I3} \right]$$

unde, semnul – din fa a parantezei drepte reprezint un defazaj de 180^0 între tensiunea de ie ire i tensiunea de intrare a canalului considerat, iar fiecare raport rezistiv prezentat între parantezele rotunde, reprezint modulul amplific rii în tensiune a canalului respectiv:

$$|A_{V_k}| = \frac{R_F}{R_k} \quad k = 1, 2, 3$$

amplificarea în tensiune a canalului audio

Pentru ca valoarea modulului amplific rii în tensiune s poat fi **variabil** într-un interval de valori specificat, este necesar ca m car unul dintre elementele rezistive implicate în raportul rezistiv de mai sus s fie implementat cu ajutorul unui poten iometru. În cazul de fa , pentru componenta R_F se va alege un rezistor, iar pentru fiecare component R_k se va utiliza câte un poten iometru P_k , $k=1, 2, 3$.

Poten iometrul, prezentat în Figura 4 (simbolul electronic este redat în figura din mijloc) este o component electronic cu 3 terminale, care permite varia ia, prin ac ionarea axului celui de-al 3lea terminal, denumit **cursor**, a valorii rezisten ei electrice m surat între cursor i oricare terminal, notat în figura de mai jos A, respectiv B.

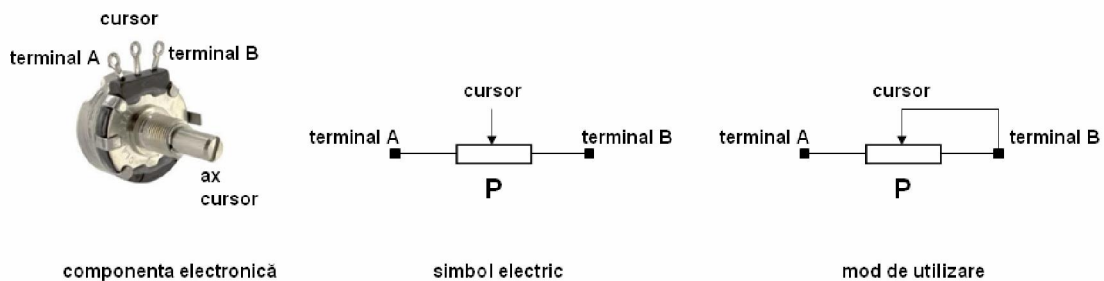


Figura 4.

Uzual, în circuitele electronice, cursorul poten iometrului este conectat la oricare dintre terminalele sale. În acest caz, poten iometrul se transform într-o component electronic cu 2 terminale, iar rezisten a electric m surat între terminalele poten iometrului respectiv, A, respectiv B, poate fi variat prin ac ionarea cursorului între 0 ohmi i o valoare maxim , denumit **valoare nominal** , notat R_P :

$$R_{AB} = [0, R_P]$$

Deoarece valoarea minim a rezisten ei electrice a poten iometrului este 0 ohmi , i, în rela ia care determin valoarea amplific rii în tensiune a fiec rui canal audio (R_F/R_{AB}), această valoare intervine la numitor, pentru evitarea gener rii unor valori infinite pentru coeficientul de amplificare, în circuitul de sumare, în serie cu fiecare poten iometru P_k se introduce câte un rezistor de limitare R_{min} , a a cum se prezint în Figura 5.

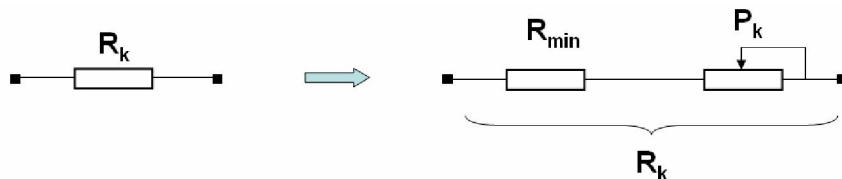


Figura 5.

Prin introducerea potențioamelor și a rezistoarelor de limitare, valorile extreme ale modulului coeficientului de amplificare în tensiune, corespunzătoare fiecărui canal audio, devin următoarele:

$$\left| A_{V_{mixer_min}} \right| = \frac{R_F}{R_{min} + R_P} \quad \text{daca } R_{AB} = R_P$$

$$\left| A_{V_{mixer_Max}} \right| = \frac{R_F}{R_{min}} \quad \text{daca } R_{AB} = 0$$

formulele utilizate în proiectarea mixerului audio

Etapele proiectare ale mixerului audio sunt următoarele:

1. Se alege convenabil valoarea rezistenței nominale R_P a potențioamelor P_K . Valorile rezistențelor nominale R_P ale potențioamelor sunt prezentate în tabelul la finalul documentației (al 3-lea tabel). Alegerea valorii R_P trebuie astfel realizată încât, la finalul proiectării, valoarea rezistenței electrice R_{min} să fie **minim 1[kΩ]**, pentru evitarea pierderilor de tensiune la intrarea mixerului audio, la conectarea acestuia la circuitele externe (microfoane).
2. Pe baza valorii datelor de proiectare $A_{V_{mixer_Max}}$, $A_{V_{mixer_min}}$ și a valorii alese pentru R_P , se calculează valoarea rezistenței electrice R_{min} (din formulele de calcul ale valorilor extreme ale lui $A_{V_{mixer}}$, indicate mai sus); dacă valoarea R_{min} astfel determinat este mai mică decât **1[kΩ]**, se revine la etapa 1 și se alege o nouă valoare pentru R_P ; procedeul se repetă până când se obține $R_{min} \geq 1[kΩ]$;
3. Din tabelul de valori nominale ale rezistențelor electrice, prezentat la finalul documentației (al 2-lea tabel), se alege pentru rezistența R_{min} , valoarea cea mai apropiată de valoarea calculată la etapa 2;
4. Pe baza valorii datei de proiectare $A_{V_{mixer_Max}}$ și a valorii alese pentru R_{min} , se calculează valoarea rezistenței electrice R_F (formula de calcul este indicată mai sus).
6. Pe baza valorilor alese pentru componentele circuitului R_F , R , R_P , se calculează valorile parametrilor circuitului, și anume valorile extreme ale coeficientului de amplificare în tensiune, $A_{V_{mixer_Max}}$, respectiv $A_{V_{mixer_min}}$.

2. Filtrele de tensiune

Sunt utilizate pentru controlul redării armonice semnalului audio, pe diferite ieșiri. Prezentarea filtrelor de tensiune este realizată în laboratorul *Filtre active cu Amplificatoare Operaționale*.

a. Filtrul trece jos

Datele de proiectare sunt reprezentate de către valoarea frecvenței superioare f_s , respectiv de valoarea modulului coeficientului de amplificare în tensiune A_V .

Etapele proiectare ale filtrului sunt următoarele:

1. Se alege convenabil valoarea capacitivității electrice a condensatorului C_S . Valorile nominale ale capacitivității electrice ale condensatoarelor sunt prezentate în primul tabel de la finalul documentației. Alegerea valorii C_S trebuie astfel realizată încât, la finalul proiectării, valoarea rezistenței electrice R să fie **minim 100[Ω]**, pentru evitarea pierderilor de tensiune la intrarea filtrului, la conectarea acestuia la circuitele externe.

2. Pe baza valorii datei de proiectare f_S și a valorii alese pentru C_S , se calculează valoarea rezistenței electrice R_F (formula de calcul este prezentată în laboratorul *Filtre active cu Amplificatoare Opera ionale*);
3. Din tabelul de valori nominale ale rezistențelor electrice, prezentat la finalul documentației, se alege pentru rezistența R_F , valoarea cea mai apropiată de valoarea calculată la etapa 2;
4. Pe baza valorii datei de proiectare A_V și a valorii alese pentru R_F , se calculează valoarea rezistenței electrice R (formula de calcul este prezentată în laboratorul *Filtre active cu Amplificatoare Opera ionale*; dacă valoarea lui R astfel determinat este mai mică decât $100[\Omega]$, se revine la etapa 1 și se alege o nouă valoare pentru C_S ; procedeul se repetă până când $R \geq 100[\Omega]$);
5. Din tabelul de valori nominale ale rezistențelor electrice, prezentat la finalul documentației, se alege pentru rezistența electrică R , valoarea cea mai apropiată de valoarea calculată la etapa 4.
6. Pe baza valorilor alese pentru componentele circuitului R_F , R , C_S , se calculează valorile parametrilor circuitului, și anume valoarea frecvenței superioare f_S , respectiv valoarea modulului coeficientului de amplificare în tensiune A_V .

b. Filtrul trece sus

Datele de proiectare sunt reprezentate de cîte trei valori ale frecvenței inferioare f_J , respectiv de valoarea modulului coeficientului de amplificare în tensiune A_V .

Etapele proiectării filtrului sunt următoarele:

1. Se alege convenabil valoarea capacității electrice a condensatorului C_J . Valorile nominale ale capacității electrice ale condensatoarelor sunt prezentate în tabelul de la finalul documentației. Alegerea acestui condensator trebuie astfel realizată încît, la finalul proiectării, valoarea rezistenței electrice R să fie **minim $100[\Omega]$** , pentru evitarea pierderilor de tensiune la intrarea filtrului, la conectarea acestuia la circuitele externe.
2. Pe baza valorii datei de proiectare f_J și a valorii alese pentru C_J , se calculează valoarea rezistenței electrice R (formula de calcul este prezentată în laboratorul *Filtre active cu Amplificatoare Opera ionale*); dacă valoarea lui R astfel determinat este mai mică decât $100[\Omega]$, se revine la etapa 1 și se alege o nouă valoare pentru C_J ; procedeul se repetă până când $R \geq 100[\Omega]$;
3. Din tabelul de valori nominale ale rezistențelor electrice, prezentat la finalul documentației, se alege pentru rezistența R , valoarea cea mai apropiată de valoarea calculată la etapa 2;
4. Pe baza valorii datei de proiectare A_V și a valorii alese pentru R , se calculează valoarea rezistenței electrice R_F (formula de calcul este prezentată în laboratorul *Filtre active cu Amplificatoare Opera ionale*);
5. Din tabelul de valori nominale ale rezistențelor electrice, prezentat la finalul documentației, se alege pentru rezistența R , valoarea cea mai apropiată de valoarea calculată la etapa 4.
6. Pe baza valorilor alese pentru componentele circuitului R_F , R , C_J , se calculează valorile parametrilor circuitului, și anume valoarea frecvenței inferioare f_J , respectiv valoarea modulului coeficientului de amplificare în tensiune A_V .

c. Filtrul trece band

Datele de proiectare sunt reprezentate de cîte trei valori ale frecvenței inferioare f_J , valoarea frecvenței superioare f_S , respectiv valoarea modulului coeficientului de amplificare în tensiune A_V .

Etapele proiectare ale filtrului sunt următoarele:

1. Se alege convenabil valoarea capacității electrice a condensatorului C_J . Valorile nominale ale capacității electrice ale condensatoarelor sunt prezentate în tabelul de la finalul documentației. Alegerea acestui condensator trebuie astfel realizat încât, la finalul proiectării, valoarea rezistenței electrice R_s fie **minim 100[Ω]**, pentru evitarea pierderilor de tensiune la intrarea filtrului, la conectarea acestuia la circuitele externe;
2. Pe baza valorii datei de proiectare f_J și a valorii alese pentru C_J , se calculează valoarea rezistenței electrice R (formula de calcul este prezentat în laboratorul *Filtre active cu Amplificatoare Operaționale*); dacă valoarea lui R astfel determinat este mai mic decât **100[Ω]**, se revine la etapa 1 și se alege o nouă valoare pentru C_J ; procedeul se repetă până când $R \geq 100[Ω]$;
3. Din tabelul de valori nominale ale rezistențelor electrice, prezentat la finalul documentației, se alege pentru rezistența R , valoarea cea mai apropiată de valoarea calculată la etapa 2;
4. Pe baza valorii datei de proiectare A_V și a valorii alese pentru R , se calculează valoarea rezistenței electrice R_F (formula de calcul este prezentat în laboratorul *Filtre active cu Amplificatoare Operaționale*);
5. Pe baza valorii datei de proiectare f_S și a valorii alese pentru R_F , se calculează valoarea capacității electrice C_S (formula de calcul este prezentat în laboratorul *Filtre active cu Amplificatoare Operaționale*);
5. Din tabelul de valori nominale ale capacității electrice, prezentat la finalul documentației, se alege pentru C_S , valoarea cea mai apropiată de valoarea calculată la etapa 4;
6. Pe baza valorilor alese pentru componentele circuitului R_F , R , C_S , C_J , se calculează valorile parametrilor circuitului, și anume valoarea frecvenței inferioare f_J , valoarea frecvenței superioare f_S , respectiv valoarea modulului coeficientului de amplificare în tensiune A_V .

III. Modul de lucru

1. Să se proiecteze sistemul audio, în funcție de datele de proiectare precizate în tabelul de mai jos.

Masa	Mixer audio		FTJ		FTS		FTB		
	$A_{V_{\text{mixer_min}}}$	$A_{V_{\text{mixer_Max}}}$	f_S [Hz]	A_V	f_J [kHz]	A_V	f_J [Hz]	f_S [kHz]	A_V
1	0,1	5	50	5	0,5	5	50	0,5	5
2	0,2	8	200	8	2	8	200	2	8
3	0,25	4	20	4	0,8	4	20	0,8	4
4	0,3	8	250	8	4	8	250	4	8
5	0,25	20	100	12	5	12	100	5	12
6	0,15	10	400	10	3	10	400	3	10

2. Să se completeze tabelele indicate la finalul documentației și să se deseneze schema electronică a întregului sistem, precizându-se pe schema electrică toate valorile componentelor electronice utilizate (valoare + unitate de măsură).

IV. Tabelele cu valorile nominale ale componentelor electronice

Tabel 1. Valorile nominale ale capacităților electrice ale condensatoarelor

pF		nF		uF			
10	100	1	10	100	1	10	100
15	150	1,5	15	150	1,5	15	150
22	220	2,2	22	220	2,2	22	220
33	330	3,3	33	330	3,3	33	330
47	470	4,7	47	470	4,7	47	470
68	680	6,8	68	680	6,8	68	680

Tabel 2. Valorile nominale ale rezistențelor electrice ale rezistoarelor

Ω		$\kappa\Omega$		$M\Omega$		
10	100	1	10	100	1	10
12	120	1,2	12	120	1,2	12
15	150	1,5	15	150	1,5	15
18	180	1,8	18	180	1,8	18
22	220	2,2	22	220	2,2	22
27	270	2,7	27	270	2,7	
33	330	3,3	33	330	3,3	
39	390	3,9	39	390	3,9	
47	470	4,7	47	470	4,7	
56	560	5,6	56	560	5,6	
68	680	6,8	68	680	6,8	
82	820	8,2	82	820	8,2	

Tabel 3. Valorile nominale ale rezistențelor electrice ale potențioetrelor

Ω		$\kappa\Omega$	
100	1	10	100
250	2,5	22	220
500	5	25	250
180		47	470
220		50	500

Nume Prenume Grupa

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

1. Date de proiectare utilizate: se copiaz datele din tabelul anterior, în funcție de masa de lucru

Masa	Mixer audio		FTJ		FTS		FTB		
	$A_{V_{mixer_min}}$ k=1,2,3	$A_{V_{mixer_Max}}$ k=1,2,3	f_s [Hz]	A_V	f_J [kHz]	A_V	f_J [Hz]	f_s [kHz]	A_V

2. Valori componente circuit (valoare numeric + unitate de măsur):

Mixer audio			FTJ			FTS			FTB			
$R_{nominal}$	R_{min}	R_F	C_S	R_F	R	C_J	R_F	R	C_J	R_F	R	C_S

3. Date de proiectare obținute: se calculează în funcție de valorile componentelor utilizate în circuit

Mixer audio		FTJ		FTS		FTB		
$A_{V_{mixer_min}}$ k=1,2,3	$A_{V_{mixer_Max}}$ k=1,2,3	f_s [Hz]	A_V	f_J [kHz]	A_V	f_J [Hz]	f_s [kHz]	A_V

4. Desen schematic electronic :

- se desenează de-a lungul foii următoarele;
- toate amplificatoarele operaționale sunt de tipul LM741;
- în schemele electronice, nu se mai desenează sursele de alimentare ale amplificatoarelor operaționale;
- se precizează toate măsurimile electrice;
- pentru fiecare componentă electronică se precizează : numele, valoarea numerică, unitatea de măsură.

