

Cerințe generale

Scopul proiectului constă în realizarea unui circuit de adaptare între un senzor cu ieșire în tensiune și un instrument de măsură cu intrare în tensiune.

Cele două elemente au domenii nominale ale tensiunilor de intrare/ieșire semnificativ diferite, motiv pentru care conectarea lor directă ar duce la o pierdere de precizie inacceptabilă. Este deci necesar un amplificator care să transfere linear domeniul de ieșire al senzorului în domeniul de intrare al instrumentului de măsură.

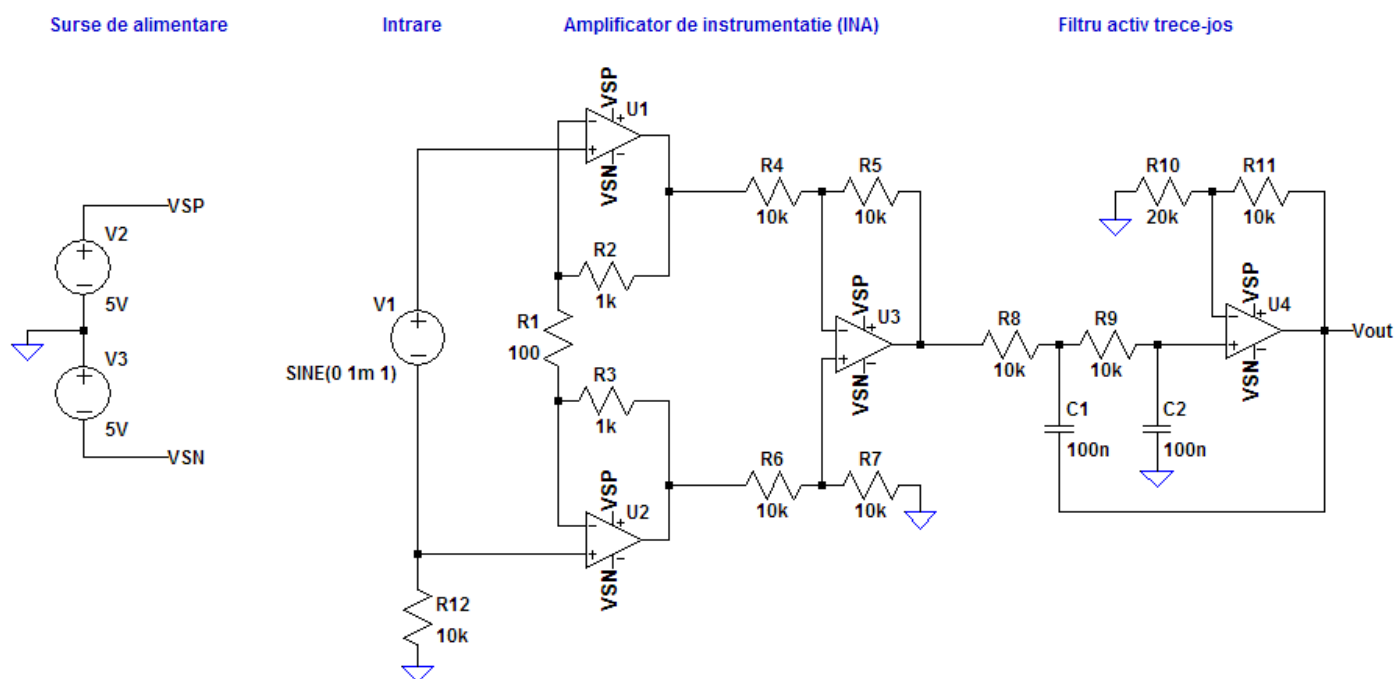
Circuitul trebuie să aibă o impedanță de intrare mare și o impedanță de ieșire mică, pentru a evita reducerea semnalului la conectarea cu elementele de intrare / ieșire.

Circuitul trebuie să funcționeze în regim de amplificator diferențial, întrucât ieșirea senzorului nu este neapărat definită față de masa circuitului.

Circuitul trebuie să implementeze o funcție de filtru trece-jos, pentru a atenua zgomotul / perturbațiile de frecvență mare.

Schema propusă

Ca punct de pornire este propusă următoarea schemă, ce îndeplinește cerințele generale date:



Se dorește în primul rând analizarea schemei, teoretic și simulat, cu valorile numerice personalizate.

În al doilea rând se dorește modificarea schemei pentru a îndeplini cerințele particulare date.

Schema este compusă din mai multe etaje, după cum urmează:

- etajul de alimentare, modelat prin două surse de tensiune continuă ce asigură două tensiuni de alimentare față de masă (etichetate pe schemă VSP și VSN)
- sursa de semnal (care modelează senzorul) aplicată pe intrarea circuitului, etichetată V1
 - pentru a verifica funcționarea corectă în simulator, inițial se poate alege un semnal alternativ de amplitudine mică (1mV) și frecvență mică (1Hz).
 - rezistența R12 stabilește un potențial bine definit pe borna negativă a sursei V1 (respectiv asigură o tensiune de mod comun bine definită).
- amplificatorul de instrumentație, conținând un etaj de intrare cu amplificarea diferențială dată de grupul R1 – R2 – R3, respectiv un etaj diferențial cu amplificarea -1 care prezintă ieșirea față de masă.

- filtrul activ trece-jos, ale cărui caracteristici depind de R8, R9, C1, C2, respectiv R10, R11. Acestea din urmă dau și amplificarea la frecvență joasă (și în curent continuu) a etajului.

Cerințe – analiză

1. Să se introducă în simulator schema propusă, cu valorile numerice personalizate după cum urmează.

N	U	M	E		P	R	E	N	U	M	E
L1	L2	L3			L4	L5	L6				

L1	R1 (Ω)
A Ă Â	110
B	150
C	220
D	330
E	470
F	560
G	680
H	750
I Î	820
J	910
K	1200
L	110
M	150
N	220
O	330
P	470
Q	560
R	680
S Ș	750
T Ț	820
U	910
V	1200
W	110
X	150
Y	220
Z	330

L4	R2 = R3 (k Ω)
A Ă Â	12
B	15
C	16
D	18
E	22
F	24
G	27
H	12
I Î	15
J	16
K	18
L	22
M	24
N	27
O	12
P	15
Q	16
R	18
S Ș	22
T Ț	24
U	27
V	12
W	15
X	16
Y	18
Z	22

L3	R8 = R9 (k Ω)
A Ă Â	24
B	27
C	33
D	36
E	39
F	43
G	47
H	51
I Î	56
J	24
K	27
L	33
M	36
N	39
O	43
P	47
Q	51
R	56
S Ș	24
T Ț	27
U	33
V	36
W	39
X	43
Y	47
Z	51

2. Să se realizeze o simulare de tip DC Sweep, din care să rezulte:
 - 2.1. caracteristica de transfer a schemei (grafic V_{out} funcție de V_1)
 - 2.2. domeniul tensiunii de intrare pentru care schema funcționează liniar
 - 2.3. amplificarea de tensiune a schemei (pentru semnale foarte lent variabile).
 Se vor compara valorile simulate cu cele teoretice.

3. Să se realizeze o simulare de tip AC, din care să rezulte:
 - 3.1. caracteristica de frecvență a schemei (suficient modulul amplificării) la scară logaritmică
 - 3.2. banda de trecere a schemei (fiind de tip filtru trece-jos, este egală cu frecvența de -3dB).
4. Să se realizeze o simulare de tip Transient, din care să rezulte:
 - 4.1. răspunsul la semnal tip treaptă, la o scală de timp potrivită pentru a observa fenomenul tranzitoriu (interval prea mare – va arăta ca o tranziție verticală; interval prea mic – nu se va observa stabilizarea)
 - 4.2. timpul de creștere (intervalul de la începutul fenomenului tranzitoriu până la parcurgerea a 90% din amplitudinea vârf-la-vârf a ieșirii).

Cerințe – proiectare

5. Să se modifice schema astfel încât să se obțină caracteristicile următoare:
 - 5.1. Schema trebuie să transfere domeniul de intrare specificat ($-V_{im}$, $+V_{im}$) în domeniul de ieșire specificat ($-V_{om}$, $+V_{om}$)
 - 5.2. Schema trebuie să aibă frecvența de -3dB specificată.

L2	V_{im} (mV) <i>intrare</i>
A Ǻ Â	20
B	25
C	40
D	50
E	75
F	80
G	100
H	20
I Î	25
J	40
K	50
L	75
M	80
N	100
O	20
P	25
Q	40
R	50
S Ș	75
T Ț	80
U	100
V	20
W	25
X	40
Y	50
Z	75

L5	V_{om} (V) <i>ieșire</i>
A Ǻ Â	2,5
B	3
C	3,5
D	4
E	4,5
F	2,5
G	3
H	3,5
I Î	4
J	4,5
K	2,5
L	3
M	3,5
N	4
O	4,5
P	2,5
Q	3
R	3,5
S Ș	4
T Ț	4,5
U	2,5
V	3
W	3,5
X	4
Y	4,5
Z	2,5

L6	f_{-3dB} (Hz) <i>bandă</i>
A Ǻ Â	100
B	150
C	200
D	300
E	500
F	1000
G	1500
H	2000
I Î	3000
J	100
K	150
L	200
M	300
N	500
O	1000
P	1500
Q	2000
R	3000
S Ș	100
T Ț	150
U	200
V	300
W	500
X	1000
Y	1500
Z	2000

Notă: domeniile specificate sunt *nominale*, altfel spus caracteristica de transfer trebuie să includă segmentul definit de acestea. Schema va funcționa în general pe domenii mai largi, în particular domeniul de ieșire va fi limitat de valorile tensiunilor de alimentare (care se recomandă să nu fie modificate).

Notă: se acceptă o abatere de 5% pentru caracteristica de transfer și 10% pentru frecvență. Se preferă utilizarea de valori standard (E24) pentru piese.

Precizări

Tema va fi rezolvată cu ajutorul unui program de simulare ales de student. Se recomandă LTSpice, cu modelul idealizat UniversalOpamp2 pentru amplificatoarele operaționale. Dacă se folosește alt model, acesta trebuie cel puțin să includă limitarea ieșirii între potențialele de alimentare.

Bonus: încercați un model mai elaborat de amplificator operațional (modelat după o piesă reală). Discutați diferențele observate față de modelul idealizat, cu referire la specificațiile din fișa tehnică (*datasheet*) a piesei alese.

Rezultatele vor fi rezumate în cadrul unui document ce trebuie să conțină:

- captură ecran cu schema introdusă în simulator (sau sursă SPICE) cu valorile personalizate
- caracteristica de transfer simulată, eventual cu cursoare plasate pe grafic prin care să se justifice valorile extrase
- valorile cerute, extrase din caracteristica de transfer
- valorile cerute, calculate teoretic. Comentarii
- caracteristica de frecvență, eventual cu cursoare plasate pe grafic
- valoarea frecvenței de -3dB, extrasă din caracteristica de frecvență
- răspunsul la semnal treaptă
- valoarea timpului de creștere extrasă din grafic. Comentarii privind relația cu frecvența de -3dB.
- calcule teoretice din care se obțin valorile pieselor ce satisfac cerințele 5.1, 5.2
- rezultatele simulărilor cu noile valori, care confirmă respectarea cerințelor
- concluzii finale

Documentul va fi salvat în format PDF.

Documentul, împreună cu fișierele-sursă folosite pentru simulare, vor fi plasate într-un folder denumit după modelul Grupă_Nume_Prenume, ce va fi arhivat ZIP. Arhiva va fi încărcată pe platforma on-line la tema de proiect.

Anexă

Amplificarea de tensiune (diferențială) este descrisă teoretic de formula

$$A = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} = \left(1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1}\right) \cdot \left(-\frac{R_5}{R_4}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_{11}}{R_{10}}\right)$$

cât timp schema funcționează în zona lineară (tensiunea de ieșire nu este limitată).

Practic, tensiunea de ieșire nu poate depăși tensiunile de alimentare – intervalul (V_{SN} , V_{SP}).

Se impune condiția $\frac{R_7}{R_6} = \frac{R_5}{R_4}$, respectată de schema propusă.

Formula este valabilă pentru semnale foarte lent variabile, asupra cărora efectul filtrului este neglijabil – de aceea trebuie utilizată metoda DC Sweep sau un semnal de frecvență foarte mică (ex. 1 Hz). Cu creșterea frecvenței se observă atât scăderea amplitudinii cât și creșterea defazajului.

Frecvența de -3dB a filtrului (frecvența unde amplificarea de putere scade la jumătate, deci amplificarea de tensiune scade de $\sqrt{2}$ ori față de valoarea măsurată / calculată la frecvențe foarte mici) este proporțională

cu $\frac{1}{\sqrt{R_8 R_9 C_1 C_2}}$.