

FILTRE MULTICANAL

Scopul lucrării îl constituie cunoașterea funcționării filtrelor multicanal și determinarea performanțelor acestor filtre.

Introducere teoretică

1. Filtrele multicanal vor fi exemplificate pentru o implementare simplă FTJ tip RC. Schema de implementare concretă a filtrului este cea din figura 1. Răspunsul filtrului multicanal din figura la impulsul Dirac aplicat, de exemplu, la momentul de închidere a primului întrerupător (presupunere ce nu restringe generalitatea), este desenat în fig. 2. Primul condensator memorează tensiunea din momentul deschiderii primului întrerupător, etc. Pentru N mare (în implementarea noastră $N=16$), se poate face aproximarea din fig. 3, (o exponențială cu constantă de timp $N \cdot (constantă\ de\ timp\ a\ filtrului\ RC\ singular,\ necomutat) = N \cdot (R \cdot C)$ -corespunzător cu filtrul echivalent din fig.1b.

Rezultă :

$$h(t) \approx e^{-t/RC} \text{cauzala} \cdot (\text{funcția de comutare pe timpul } T, \text{ periodică cu } N \cdot T, \text{ a primului întrerupător}) \Rightarrow$$

$$H(j\omega) \approx \frac{1}{1 + j\omega RC} * [(\text{sinc } \omega T/2) \text{ esantionat cu perioada } 2\pi/NT]$$

(cu alura din fig.4)

Pentru N mare, primele replici sînt aproximativ de aceeași înălțime, precum dinții unui pieptene (filtru "comb" - pieptene), care permite extragerea unui semnal periodic (cu NT) din zgomot sau dintre alte semnale (ca în TV color, de exemplu).

Filtrele de acest tip pot avea, mai rar, și implementări cu configurații diferite de la un canal la altul.

Rolul celor N canale identice din implementarea particulară de mai sus este de a prelua pe rînd toate esanțioanele semnalului continuu de frecvență relativ joasă în care se poate descompune virtual intrarea în vederea convoluției cu funcția pondere.

2. Filtrele multicanal fac parte (alături de alte categorii de circuite, din care se studiaza la laborator și filtrele cu capacități comutate) dintre filtrele cu un grad de libertate în plus - și anume comanda caracteristicii de filtrare de către frecvența de tact. O altă categorie de circuite selective, comandate de o tensiune ("de varicap") sînt cele tipice selectoarelor de canale de telecomunicații, studiate la laborator în contextul metodelor de măsurare a filtrelor.

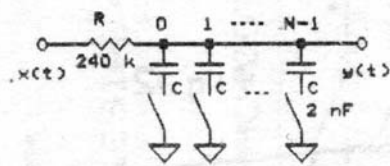


fig.1a. Filtrul multicanal implementat
(N = 16)

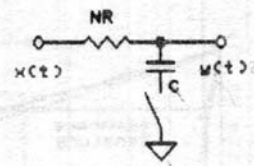
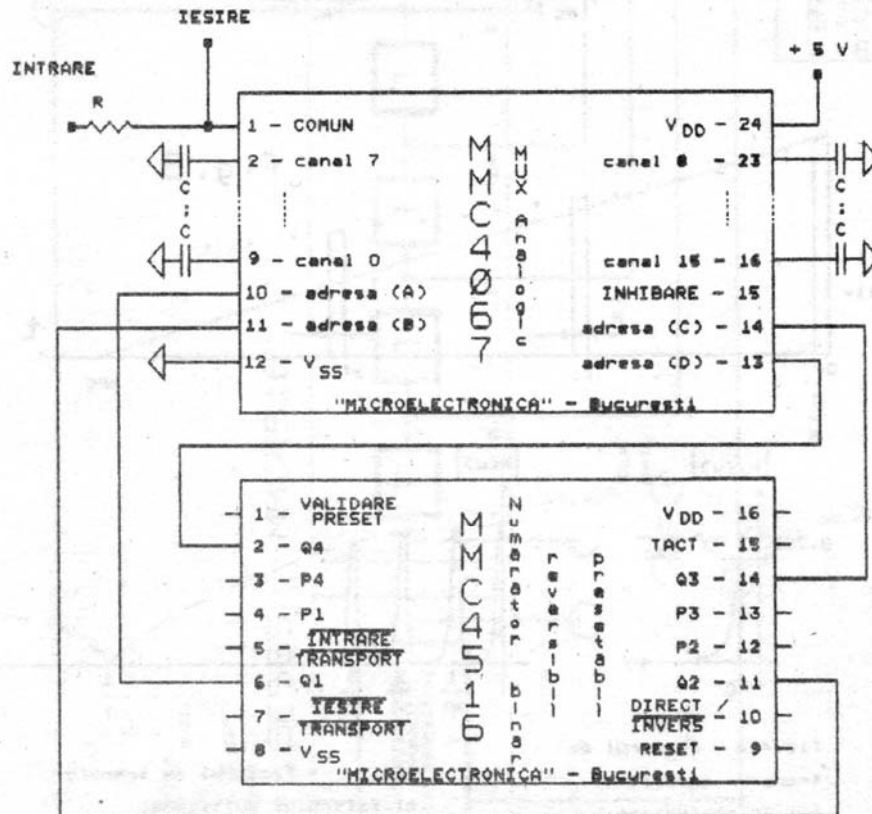


fig.1b. Filtrul RC echivalent
din banda de baza

fig.1c - Implementarea cu circuite CMOS



Title		
Laborator de ANALIZA SI SINTEZA CIRCUITELOR		
Size	Document Number	REV
A	Filtre multicanal	B
Date:	July 4, 1994	Sheet 1 of 2

Una din cele mai importante aplicatii ale posibilitatii de comanda este inchiderea unei bucle adaptive, de reactie negativa asupra tactului de pilotare. Cel mai adesea, aceasta bucla de reactie se inchide cu calare pe faza in circuite integrate specifice, din categoria celor prezentate la lucrarea aplicatii ale circuitelor PLL.

Dintre posibilitatile de constructie a unui filtru multicanal adaptiv, se va studia implementarea bazata pe schema bloc din fig.5.

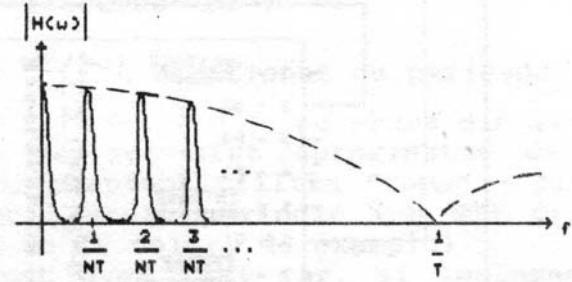
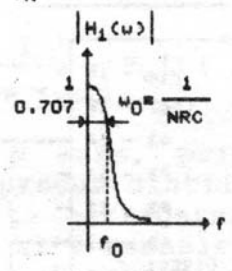
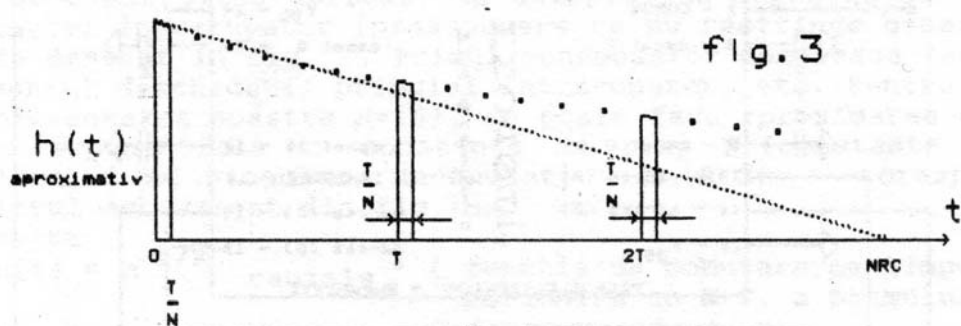
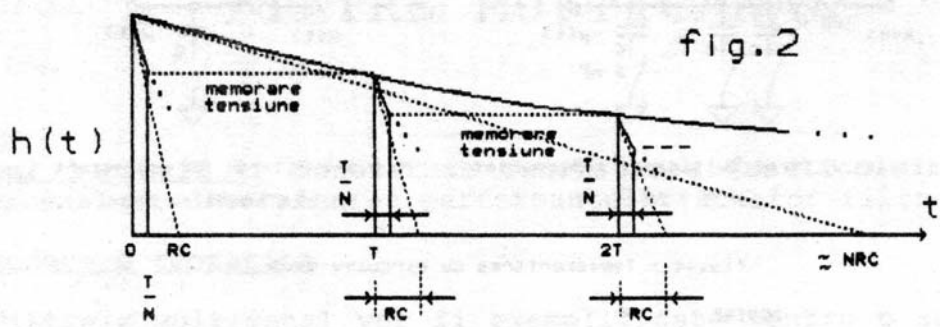


fig.4.a - Factorul de transfer al filtrului RC echivalent

fig. - Factorul de transfer al filtrului multicanal

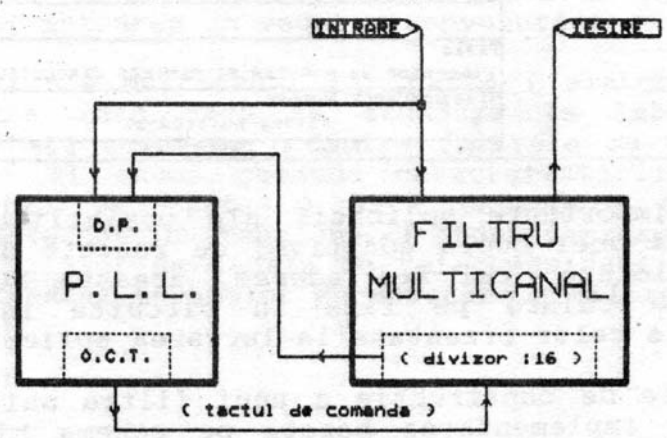
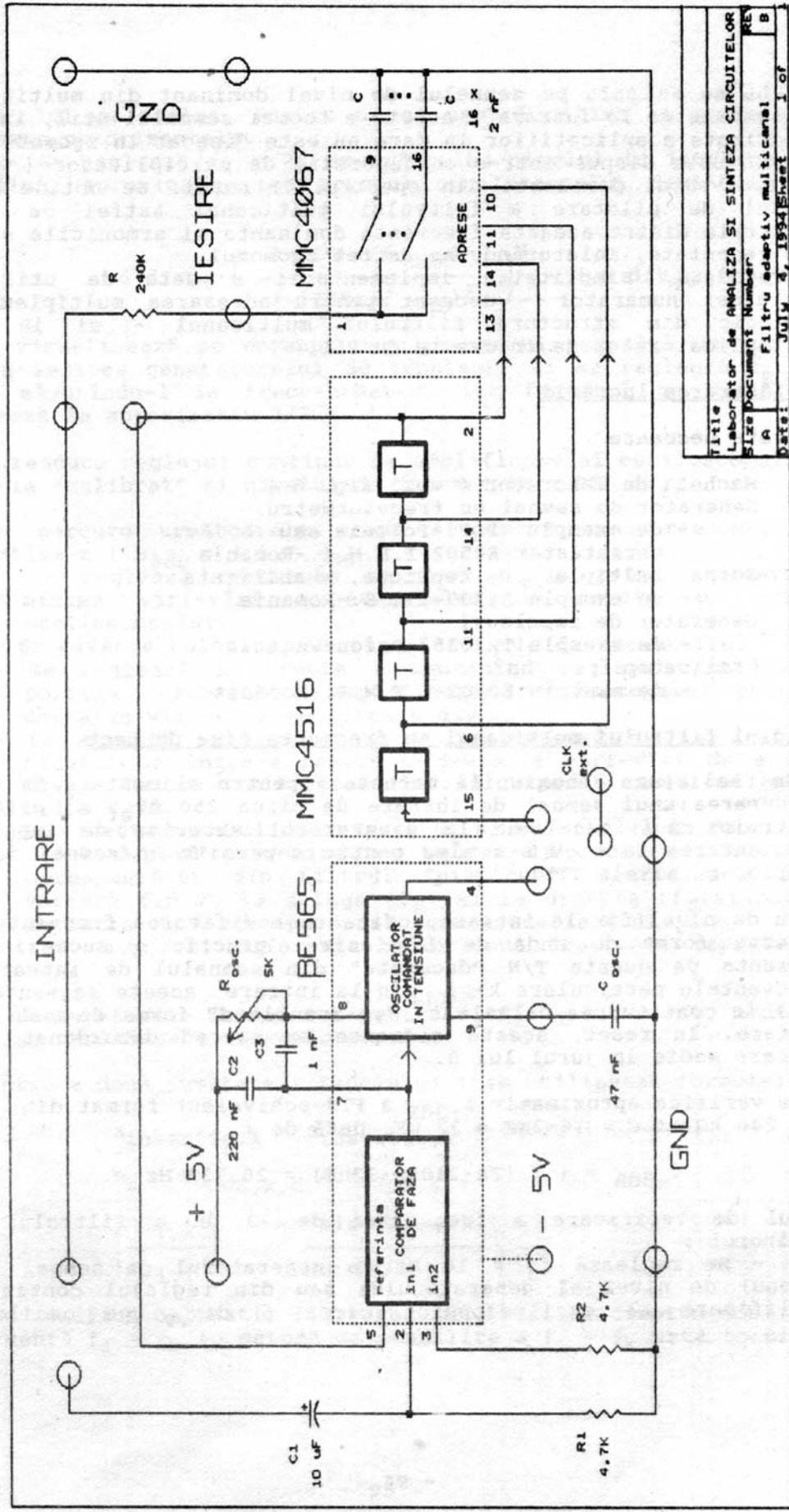


fig.5

Size Document Number	REV
A	B
Filtre multicanal	
Date:	July 4, 1994 Sheet 2 of 2



Title	Laborator de ANALIZA SI SINTEZA CIRCUITELOR
Size Document Number	REV B
Filteru adaptiv multicanal	A
Date:	July 4, 1994 Sheet 1 of 1

PLL se va cala pe semnalul de nivel dominant din multitudinea de semnale de la intrare ; acesta e tocmai semnalul util, in marea majoritate a aplicatiilor in care nu este "îneecat in zgomot".

PLL este dispus intr-o configuratie de multiplicator (cu N) al frecventei dominante din spectrul intrarii. Se obtine astfel tactul de pilotare a filtrului multicanal astfel ca zonele spectrale dintre aceasta frecventa dominanta si armonicile sale sa fie rejectate, inlaturându-se astfel zgomotul.

Totodata, simplitatea implementarii e data de utilizarea aceluiasi numarator - necesar pentru adresarea multiplexorului analogic din structura filtrului multicanal - si in bucla multiplicatorului de frecventa cu PLL.

Desfășurarea lucrării

Aparate necesare

Macheta de laborator (vezi fig. 6)
Generator de semnal cu frecventmetru
- de exemplu POF1-Polonia sau
Versatester-E0502-I.E.M.I.-Romania
Sursa multipla de tensiune, stabilizata
- de exemplu E4109-I.C.E.-Romania
Generator de impulsuri
- de exemplu TR 0353-Orion-Ungaria
Osciloscop
- de exemplu E0102-I.E.M.I.-Romania

Studiul filtrului multicanal cu frecventa fixa de tact

* Se realizeaza conexiunile machetei, pentru alimentare la +/- 5V asigurarea unui semnal de intrare de circa 250 mV_{ef} si pilotarea filtrului multicanal de la generatorul exterior de impulsuri. (alimentarea la + 5V s-a ales pentru a permite un semnal de tact simplu, cu nivele TTL).

* Cu de nivel fix la intrare, odata cu modificarea frecventei, se observa forma de unda de la iesire, practic o succesiune de segmente de durata T/N "decupate" din semnalul de intrare. La frecventele particulare $k \cdot f_{CLK}/N$ la intrare, aceste segmente apar unul in continuarea celuilalt, "re-asamblând" forma de unda de la intrare. In reset, aceste segmente se succed dezordonat, cu o valoare medie in jurul lui 0.

* Se verifica aproximativ f_{-3dB} a FTJ echivalent format din $R = 240 \text{ k}\Omega$ si $C = 16 \cdot 2 \text{ nF} = 32 \text{ nF}$, datã de :

$$f_{-3dB} = 1 / (2\pi \cdot 240 \text{ k}\Omega \cdot 32 \text{ nF}) = 20,732 \text{ Hz} .$$

Modul de verificare a frecventei de -3 dB a filtrului este următorul :

- Se reglează $f_i \approx 10 \text{ Hz}$ la generatorul de semnal si cu butonul de nivel al generatorului sau din reglajul continuu de amplificare al osciloscopului circa 6 div_v pe oscilograma

semnalului de iesire. Pentru o mai usoară citire se poate anula deflexia pe orizontala.

- Se reglează $f_i \approx 20$ Hz, păstrînd nivelul la intrare si se verifică, aproximativ, pe ecranul osciloscopului deviatia vîrf-vîrf :

$$6 \text{ div}_{VV} \cdot \left[\frac{1+(10\text{Hz}/f_{-3\text{dB}})^2}{1+(20\text{Hz}/f_{-3\text{dB}})^2} \right]^{\frac{1}{2}} \approx 4.8 \text{ div}_{VV}$$

* Se vizualizează pe ecranul osciloscopului semnalul de tact, ϕ , de la iesirea generatorului de impulsuri si se reglează f_ϕ la 4 kHz, măsurîndu-l la frecventmetru, iar factorul de umplere se reglează la aproximativ 1/2.

* Se readuce reglajul continuu de amplificare al osciloscopului pe pozitia "calibrat" si nivelul de intrare la $\approx 250 \text{ mV}_{ef}$.

* Se parcurg următoarele etape [pentru masurarea mult mai operativa a ($B_{3\text{dB}} =$) $2 \cdot f_{-3\text{dB}}$]:

- Se reglează frecvența la $f_i = f_1 \approx f_\phi / 16$ pentru o deviatie maximă vîrf-vîrf a semnalului de iesire pe ecranul osciloscopului.
- Se citește valoarea exactă a lui f_1 la frecventmetru.
- Se reglează în trepte (mentinînd reglajul continuu în pozitia "caibrat") amplificarea osciloscopului pentru o deviatie vîrf-vîrf de circa 6 div_{VV} .
- La această valoare a f_i se reajustează de la generator nivelul de intrare pentru o deviatie vîrf-vîrf de exact 6 div_{VV} . Pentru o citire mai facilă se poate anula deflexia pe orizontală.
- Se citește nivelul de intrare U_i si se notează în tabelul 1.
- Se măsoară aproximativ banda la 3dB a "dintelui" corespunzător din filtrul "pieptene". Pentru aceasta se variază fin f_i la stînga (f_g) si la dreapta (f_d) pînă cînd deviatia vîrf-vîrf pe osciloscop scade la 4 $\text{div}_{VV} \approx \approx 6 \text{ div}_{VV} / \sqrt{2}$, diferenta celor două frecvente reprezentând $B_{3\text{dB}}$.

* Se reiau etapele de mai sus pentru $f_i = f_2 \dots f_7 = (2 \dots 7) \cdot f_1$, mentinînd aceeasi amplificare a osciloscopului.

* Pentru a doua jumătate a tabelului 1 se utilizează formulele :

$$a_{\text{insertie},k} - a_{\text{insertie},1} = 20 \cdot \lg (U_{i,k} / U_{i,1})$$

$$B_k = f_{-3\text{dB},k,d} - f_{-3\text{dB},k,s}$$

$$\left[\frac{U_{i,k}}{U_{i,1}} \right]_{\text{teor.}} = \frac{\text{sinc}(k\pi/16)}{\text{sinc}(\pi/16)}$$

* Se verifică calitativ filtrarea impulsurilor dreptunghiulare de frecvență $f_i = f_k$ (o metodă de stabilire a $f_i \approx f_k$ este tocmai

reglarea f_1 pînă la obținerea unei forme de undă cît mai apropiată de dreptunghiular, mai ales pentru k mici).

Tabel 1

f_ϕ [kHz]=	k (ordinul "dintelui" filtrului "pieptene")							
	1	2	3	4	5	6	7	8
f_k [kHz]								
$U_{i,k}$ [mV _{ef}]								
$f_{-3dB,k,d/s}$ [kHz]	/	/	/	/	/	/	/	/
$U_{i,k}/U_{i,1}$	1							
$a_{i,k}-a_{i,1}$ [dB]	0							
B_k [Hz]								
$U_{i,k}/U_{i,1}$ teor	1							

* Se verifică, calitativ, comanda în frecvență a filtrului pieptene (care îl face utilizabil ca filtru adaptiv). Revenind la $f_i=f_1$ și apoi modificînd ușor f_ϕ se observă, prin reajustarea lui f_1 , că sînt filtrate impulsuri cu frecvența egală cu noua valoare $f_\phi/16$.

* Se construiește tabelul 1', identic cu tabelul 1 pentru $f_\phi=8$ kHz.

Studiul filtrului multicanal adaptiv

* Se realizează conexiunea de închidere a buclei PLL. Fără a aplica semnal la intrare, se măsoară frecvența de oscilație liberă a PLL.

* Se aplică la intrare semnale sinusoidale în jurul lui 250Hz, observînd efectul de urmărire; adaptarea la semnalul de intrare este evidentă dacă frecvența acestuia este în afara $f_{0,OCT}/N \pm f_{-3dB}$, închizînd și desfășurînd bucla de calare și urmăririi oscilograma de ieșire.

* Similar se poate măsura banda de captură, modificînd frecvența din exteriorul către interiorul domeniului de calare. Se observă că această bandă acoperă aproape o octavă.

* Se modifică formele de undă de la intrare (sinus, triunghi, dreptunghi), observînd pastrarea lor la ieșire (ceea ce înseamnă preluarea fundamentalei și a unui mare număr de armonici de către filtrul pieptene), ca și modificarea benzilor de urmărire și captură.

Intrebări si exercitii

- a) Desenati caracteristica de transfer a unui filtru multicanal si explicati cum apare fiecare element (caracteristica din banda de bază, periodizarea, înfășurătoarea).
- b) Cum este redat un semnal dreptunghiular de către un filtru multicanal dacă frecventa sa este egală cu f_{ϕ}/N ? Dar dacă frecventa este între f_{ϕ}/N si $2 \cdot f_{\phi}/N$?
- c) Pentru verificarea benzii de trecere a filtrului multicanal s-a utilizat relatia :

$$|H(20\text{Hz})| = |H(10\text{Hz})| \cdot \left| \frac{1 + (10\text{Hz}/f_{-3\text{dB}})^2}{1 + (20\text{Hz}/f_{-3\text{dB}})^2} \right|^{\frac{1}{2}}$$

Justificati-o !

- d) Pentru a nu suprapune banda de captura de baza a filtrului adaptiv cu replicile ei centrate pe la $k \cdot f_{\text{CLK}}/N$, trebuie dimensionate R si C ale filtrului multicanal, respectiv banda FTJ al PLL, ca si $f_{0, \text{OCT}}$. Deduceti inegalitatile acestor date de proiectare si explicati fenomenele ce apar daca aceste restrictii nu se respecta.
- e) Propuneti câteva aplicatii ale configuratiei de filtru adaptiv utilizata in lucrare.