

### 1. Introducere

Amplificatoarele cu câștig programabil (PGA) reprezintă o subclasă a circuitelor amplificatoare analogice pentru care amplificarea poate varia în trepte, câștigul fiind stabilit de elementele din circuit cu ajutorul unui cuvânt extern de comandă digital. Acest tip de amplificator nu trebuie confundat cu amplificatorul cu câștig variabil (VGA) la care amplificarea se poate regla liniar, continuu cu ajutorul unui semnal de control de asemenea continuu.

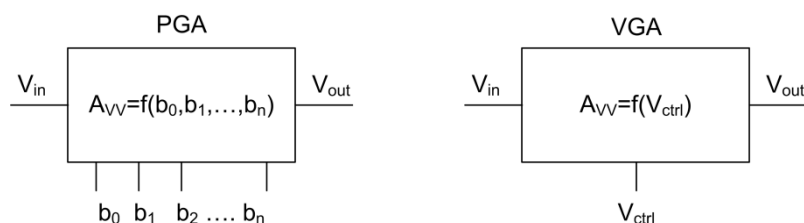


Figura 1 Amplificatoare cu câștig: programabil (stânga) și variabil (dreapta)

*Parametrii principali:*

- domeniul de variație a câștigului;
- rezoluția sau pasul minim cu care se poate varia câștigul;
- liniaritatea sau domeniul maxim al amplitudinii semnalelor prelucrate de PGA fără ca acesta să le distorsioneze;
- timpul de comutație a câștigurilor;
- banda PGA-ului dat de GBW-ul AO-ului;
- consumul de curent.

*Topologii de PGA:*

- PGA obținute prin cascada de etaje de amplificare cu câștiguri diferite

Este folosită pentru obținerea unui amplificator cu câștig programabil a cărui domeniu de amplificare este mare și nu se poate realiza cu un singur etaj de PGA. Presupune cascada a două subcircuite cu amplificare programabilă, din care primul să aibă un reglaj brut iar cel de-al doilea un reglaj fin.

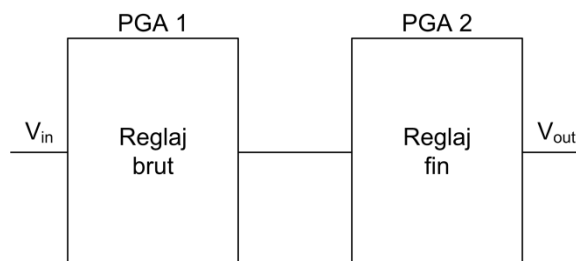


Figura 2 PGA obținut prin cascadare

- PGA obținut prin multiplexarea unor etaje de amplificare cu câștig identic

Presupune cascada unor etaje identice de amplificare și utilizarea unui multiplexor pentru selectarea câștigului dorit.

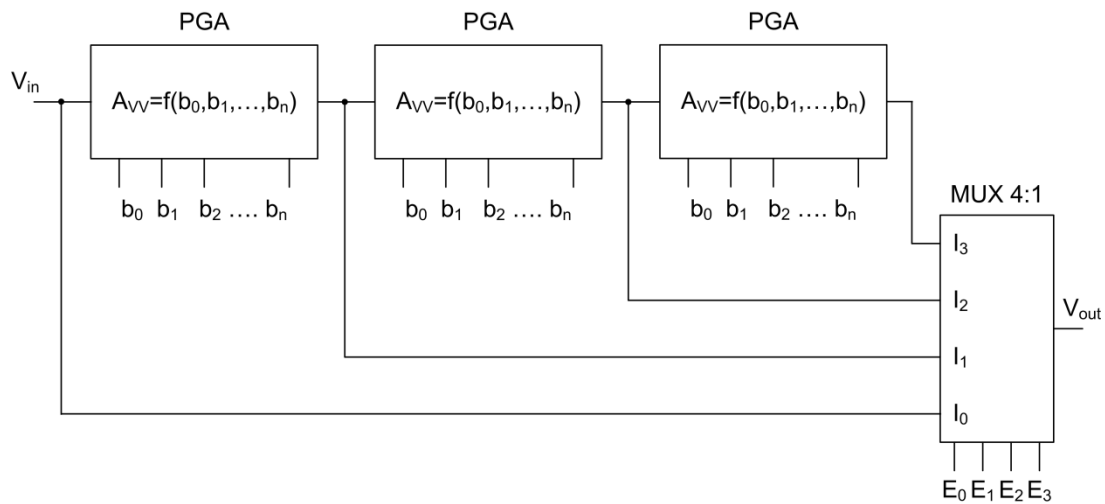


Figura 3 PGA obținut prin multiplexare

## 2. Structuri de PGA bazate pe AO

### 2.1. Structuri cu comutatoare pe calea de semnal:

- combinația paralel

Acest tip de PGA se poate obține dintr-un AO de tip V-V în configurație de amplificator inversor prin înlocuirea uneia dintre rezistențe cu o arie de rezistori și comutatoare comandate de biții unui cuvânt digital de control.

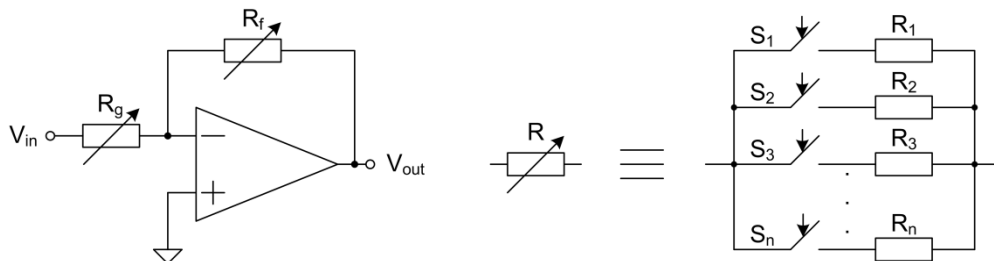


Figura 4 Principiul de realizare a PGA – combinație paralel

Pentru a obține un PGA se poate înlocui rezistența de la intrarea amplificatorului inversor cu arie de rezistori și comutatoare menținând rezistența de pe reacție constantă. Câștigul în tensiune este dat de raportul dintre rezistența de pe reacție și rezistența activată de cuvântul de control de pe borna inversoare. Principalul dezavantaj al acestui PGA îl reprezintă modificarea impedanței echivalente de la intrare în funcție de cuvântul de comandă.

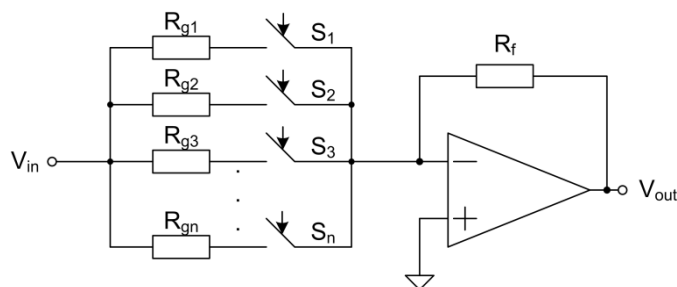


Figura 5 PGA combinație paralel pe intrarea inversoare

O altă metodă de a obține un PGA este prin înlocuirea rezistenței de pe reacție cu o arie de rezistențe și comutatoare. În acest caz câștigul în tensiune este dat de valoarea rezistenței de pe reacție activat de cuvântul de control și rezistența de pe borna inversoare. Se pot întâlni două cazuri în funcție de poziția comutatorului: când comutatoarele sunt plasate pe calea de reacție la ieșirea amplificatorului operațional sau lângă borna inversoare a amplificatorului operațional.

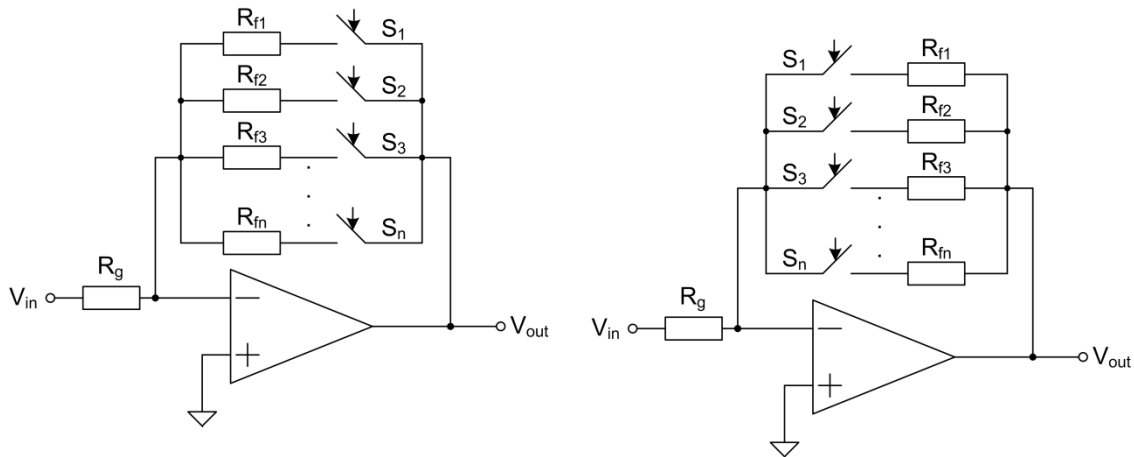


Figura 6 PGA combinație paralel pe reacție

În cazul în care se consideră comutatoarele ideale ( $R_{on}=0$  și  $R_{off}=\infty$ ) nu există nici o diferență între cele două structuri. În realitate însă, comutatoarele se implementează cu tranzistoare MOS. În acest caz, pentru varianta în care acesta este plasat la ieșirea amplificatorului operațional, tensiunea de comandă a acestuia ( $V_{GS}$ ) depinde de valoarea tensiunii de ieșire ( $V_{out}$ ) care la rândul ei depinde de amplificarea. De aceeași tensiune de comandă ( $V_{GS}$ ) depinde și rezistența de conducție a tranzistorului  $r_{ds}$  ( $R_{on}$ ). Soluția o reprezintă plasarea comutatoarelor lângă borna inversoare a amplificatorului, bornă ce este considerată punct virtual de masă ceea ce face ca tensiunea  $V_{GS}$  să nu depindă de amplificarea PGA-ului.

Dimensionarea unui astfel de amplificator se face în funcție de numărul de comutatoare activate pe calea de semnal pentru un anumit câștig. Astfel dacă pentru fiecare câștig se dorește activarea unui singur comutator, pentru fiecare câștig amplificarea este dată de raportul dintre rezistența de pe reacție și rezistența de pe intrarea inversoare. Un caz special de dimensionare a PGA-ului cu comutator pe calea de semnal îl reprezintă dimensionarea rezistorilor ca multipli a lui 2, valorile amplificării având aceeași natură însă numărul de comutatoare activate pentru un singur câștig poate varia de la un singur comutator la mai multe în vederea punerii în paralel a două sau mai multe rezistențe pentru micșorarea rezistenței echivalente.

Dezavantajul major al acestui tip de amplificator cu câștig controlat îl reprezintă neidealitatea comutatorilor. Rezistența de conducție ( $R_{on}=r_{DS}$ ) a tranzistorului care realizează câștigul dorit va influența valoarea câștigului, amplificarea nu va mai depinde doar de raportul rezistențelor de pe reacție și de la intrarea inversoare, va depinde și de rezistența ON a comutatorului activ. De asemenea și liniaritatea va fi afectată, THD-ul circuitului fiind mărit de neidealitatea comutatorului.

#### - combinația serie

O îmbunătățire adusă acestui tip de PGA o reprezintă re folosirea rezistențelor de pe reacție pentru mai multe câștiguri și nu doar pentru unul singur. Astfel pe măsură ce se dorește un câștig mai mare nu este necesară folosirea unor rezistențe mai mari ci re folosirea rezistențelor de pe reacție cu care s-au generat câștigurile mai mici, acest artificiu ducând la o micșorare considerabilă a ariei ocupate de rezistențe.

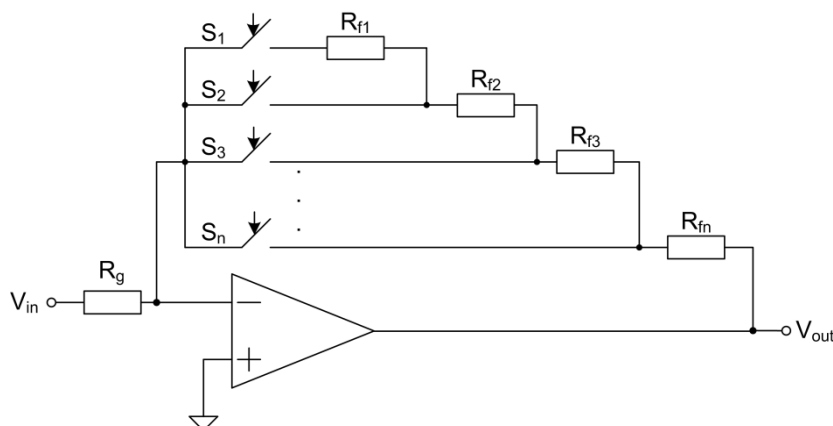


Figura 7 PGA combinație serie

## 2.2. Structuri cu comutatoare în afara căii de semnal:

După cum s-a văzut la punctul anterior PGA-ul cu comutator pe calea de semnal are o serie de dezavantaje datorate rezistenței nenule a tranzistorului cu rol de comutator. În schimb, circuitul din figura de mai jos reprezintă tot un amplificator cu câștig controlat dar unde comutatorii sunt plasați în așa fel încât la închiderea unuia dintre ei se formează o rezistență echivalentă la intrare și una pe reacție.

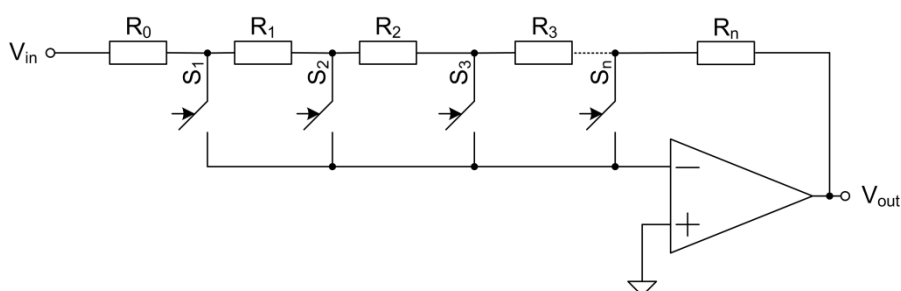


Figura 8 PGA cu comutator în afara căii de semnal

Printre avantajele față de cazul anterior putem aminti minimizarea efectelor neidealităților comutatoarelor realizate cu tranzistoare MOS asupra PGA-ului și realizarea unor câștiguri mai exacte neintervenind rezistența drena-sursă a tranzistorului în conducție. Dezavantajul principal al acestei structuri îl reprezintă variația impedenței de intrare a PGA-ului care variază în funcție de cuvântul de cod.

## 3. Mersul lucrării

- determinați expresia câștigului pentru fiecare comutator închis pentru circuitul din Figura 5 (*PGA-Figura-5.asc*);
- dimensionați amplificatorul cu câștig programabil pentru un domeniu de variație a câștigului de  $[-2\div 4]$ dB cu rezoluția de 2dB;
- verificați prin simulare corectitudinea calculelor;
- completați tabelul de mai jos pentru fiecare câștig;

$A_{ideal}$ [dB]	$A_{real}$ [dB]	$A_{ideal}$ [V/V]	$A_{real}$ [V/V]	$\varepsilon_r$ [%]	THD
------------------	-----------------	-------------------	------------------	---------------------	-----

- repetați punctele anterioare pentru PGA-ul din Figura 6 (*PGA-Figura-6.asc*), Figura 7 (*PGA-Figura-7.asc*) și Figura 8 (*PGA-Figura-8.asc*).